

TESIS DOCTORAL

T.441 v.1

**EVALUACION DEL PROCESO DE DEGRADACION
DE SUELOS POR EROSION HIDRICA
EN UNA SUBCUENCA REPRESENTATIVA
DE LA REGION PEDEMONTANA
DEL SUROESTE DE LA PROVINCIA DE
CORDOBA, ARGENTINA**

TOMO I

Autor Analía R. Becker
Director Dr. Mario P. Cantú



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO QUÍMICAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

2006

BECKER, A
Evaluacion del proce

2006

62715



62715

A mi familia

62715

62715

62715

MFN:
Clasif:
T.441
U1

AGRADECIMIENTOS

En estas pocas líneas desearía expresar mi infinito agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron desinteresadamente en las diferentes etapas de realización de este proyecto de manera muy importante.

A mi director Mario Cantú, deseo agradecerle profundamente las posibilidades de crecimiento personal y profesional brindado durante los años compartidos... por sus consejos, críticas, confianza y aliento permanente gracias por todo Mario principalmente por su amistad.

A los miembros de la comisión de tesis y jurados quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborar, aportando ideas, sugerencias y lectura crítica....gracias a los Doctores Eduardo Díaz, Luis del Río y Daniel Buschiazzo.

Al Dr. Eduardo Díaz de la Universidad Nacional de Entre Ríos por su inestimable colaboración y ayuda incondicional recibida en todo momento... gracias Eduardo.

A los Dres. Charles Meyer y Dennis Flanagan del National Soil Erosion Research Laboratory-USDA-ARS (Purdue University) por su permanente asistencia y sugerencias durante la construcción de las bases de datos del modelo de predicción de la erosión hídrica.

A la Dra. Susana Schnabel de la Universidad de Extremadura y a los Dres. Eugenio Domínguez Vílchez y José Gómez Calera de la Universidad de Córdoba de España por sus importantes aportes de material y comentarios.

A los docentes e investigadores de la Facultad de Agronomía y Veterinaria quienes colaboraron permanentemente durante las diferentes etapas del desarrollo de la investigación.....en especial gracias a Leonidas Cholaky, Alberto Cantero, Edgardo Zorza, Héctor Pagliaricci, Alfredo Ohanian, Víctor Rotondo, Roberto Seiler, Elena Fernández, Carlos Castillo, Estela Bricchi, Carmen Cholaky, Jorge González, Baltazar Parra, Ines Moreno, Eugenio Hampp, Américo Degioanni, Isabel Ponce, Gabriel Espósito y Ricardo Balbuena.

A los docentes e investigadores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Entre Ríos quienes siempre estuvieron dispuestos a darme una mano.....muchas gracias por su amistad.... Eduardo, Graciela, Corina, José, René, César, Oscar, Marcelo, Silvia, Jorge.

A la familia Moreno por permitir realizar parte de las tareas de campo de este proyecto en su propiedad y por su permanente apoyo..... gracias Guido, Ana, Antonio, Martín y Carolina.

Al Sr. Reineri, quien siempre proveyó la información meteorológica de la estación Los Chañares.....gracias Don José.

Al personal del Campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria "Pozo del carril" por su inestimable colaboración.... gracias Mario, Juan, Estela.

A mis compañeros de lucha... por sus innumerables ayudas, apoyos y consejos recibidos durante los años compartidoseternamente agradecida por su amistad!!!.....muchas gracias Flaco, Camilo, Tránsito, Javier, Guillermo, Telma.

A mis compañeros del departamento de Geología que de una u otra manera siempre han estado dispuestos a colaborar.....gracias.

A mis amigos que siempre me alentaron a seguir luchando en los momentos más difíciles.... gracias Mónica, Amanda, Antonia, Angélica, Carmen, Nelly, Juana, Clelia, Laura, Maricel, Gustavo, Ramón, Reinaldo, Antonio.

A mis padres quienes con su inmenso sacrificio apoyaron y alentaron permanentemente mi formación personal y profesional gracias Rosa y Nene.

A mis familiares que de una u otra manera estuvieron siempre apoyándome en todo.....gracias Rosita, Armando, Gladis, Regina, Ramona, Ernesto, Graciela, Oscar, Gustavo, Alejandra, Estela, Carina, Marina, Wilder y Teresa.....gracias a todos.

Al pueblo Argentino quién a través de las instituciones publicas como la Universidad Nacional de Río Cuarto y la Agencia Córdoba Ciencia aportaron la gran mayoría de los recursos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto que ha permitido mi formación y a todos sus miembros quienes aportaron el soporte necesario para alcanzar los objetivos propuestos de este proyectogracias al Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Escuela de Postgrado y a los Departamentos de Imprenta Automotores, Mantenimiento y Biblioteca.

A mi compañero y mi hijo por estar siempre apoyando de una manera muy especial en la concreción de este proyecto.....gracias Roberto y Ezequiel por el amor recibido.

INDICE

TOMO I

RESUMEN.	1
ABSTRACT.	3
CAPITULO 1. INTRODUCCION	5
1.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA DEGRADACION DE SUELOS POR EROSION HIDRICA,	6
1.2. REVISION DE LAS METODOLOGIAS DE EVALUACION DEL PROCESO DE EROSION HIDRICA.	15
1.3. HIPOTESIS	27
1.4. OBJETIVOS	27
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.	27
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	28
CAPITULO 2. MATERIALES	29
2.1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO	30
2.2. CLIMA.	32
2.3. VEGETACION.	34
2.4. GEOLOGIA.	37
2.4.1. BASAMENTO PRECAMBRICO-PALEOZOICO	37
2.4.2. CUATERNARIO.	39
2.4.2.1. Pleistoceno	39
2.4.2.2. Pleistoceno-Holoceno	44
2.4.2.3. Holoceno.	45
2.5. ESTRUCTURA	48
2.5.1. ESTRUCTURA REGIONAL	48
2.5.2. ESTRUCTURA LOCAL	50

2.6. GEOMORFOLOGIA	53
2.6.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	53
2.6.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL	55
2.7. SUELO	60
2.8. USO DE LA TIERRA	62
2.9. SITIOS EXPERIMENTALES	64
2.9.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	65
2.9.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	68
CAPITULO 3. METODOLOGIAS	71
3.1. CARACTERIZACION CLIMATICA	72
3.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL	78
3.3. CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA	79
3.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	80
3.4.1. DESCRIPCION DE LOS SUELOS	80
3.4.2. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS, FISICO-QUIMICAS Y FISICAS DE LOS SUELOS	80
3.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO ..	84
3.5.1. CARACTERIZACION DE LOS SEDIMENTOS	87
3.5.2. ESTIMACION DE LA TASA DE ENRIQUECIMIENTO	88
3.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y ESCURRIMIENTO ..	88
3.6.1. COMPONENTES DEL MODELO WEPP PARA PENDIENTES ..	91
3.6.2. ARCHIVOS DE ENTRADA DE DATOS	98
3.6.2.1. <i>Entrada de datos climáticos</i>	98
3.6.2.2. <i>Entrada de datos de pendiente</i>	111
3.6.2.3. <i>Entrada de datos de suelo</i>	115
3.6.2.4. <i>Entrada de datos de plantas y manejo</i>	124

3.6.3. APLICACION DEL MODELO WEPP	146
3.7. ANALISIS ESTADISTICO	148
CAPITULO 4. RESULTADOS	151
4.1. CARACTERIZACION CLIMATICA	152
4.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL.....	187
4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	187
4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	196
4.3. GEOMORFOLOGIA	200
4.3.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	200
4.3.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	203
4.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	206
4.4.1. CARACTERIZACION DE LOS PERFILES DE SUELO ..	206
4.4.1.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	206
4.4.1.2. PENDIENTE EL VERTEDERO.....	217
4.4.2. CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL HORIZONTE SUPERFICIAL.....	223
4.4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	223
4.4.2.1.1. <i>Carbono orgánico</i>	223
4.4.2.1.2. <i>Densidad aparente</i>	226
4.4.2.1.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	229
4.4.2.1.4. <i>Velocidad de infiltración</i>	240
4.4.2.1.5. <i>Resistencia mecánica</i>	243
4.4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO.....	247
4.4.2.2.1. <i>Carbono orgánico</i>	247
4.4.2.2.2. <i>Densidad aparente</i>	250
4.4.2.2.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	253

4.4.2.2.4. <i>Velocidad de infiltración</i>	263
4.4.2.2.5. <i>Resistencia mecánica</i>	265

TOMO II

4.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO .	269
4.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	269
4.5.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	269
4.5.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	278
4.5.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	287
4.5.1.4. <i>Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento</i>	295
4.5.1.5. <i>Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y propiedades evaluadas</i>	296
4.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	311
4.5.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	311
4.5.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	318
4.5.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	325
4.5.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	332
4.5.2.5. <i>Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento</i>	339
4.5.2.6. <i>Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y las propiedades evaluadas</i>	340
4.5.3. COMPARACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO ENTRE SITUACIONES SIMILARES DE LAS PENDIENTES	345
4.6. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION HIDRICA LAMINAR	348
4.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	348
4.6.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	348
4.6.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	361

4.6.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	374
4.6.1.4. <i>Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión</i> ..	387
4.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	392
4.6.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	392
4.6.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	401
4.6.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	411
4.6.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	421
4.6.2.5. <i>Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión</i> ..	430
4.7. TASA DE ENRIQUECIMIENTO	433
4.7.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	433
4.7.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	433
4.7.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	440
4.7.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	446
4.7.1.4. <i>Evaluación del período 2000-2003</i>	452
4.7.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	454
4.7.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	454
4.7.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	459
4.7.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	464
4.7.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	469
4.7.2.5. <i>Evaluación del período 1999-2003</i>	474
4.8. BASE DE DATOS MODELO WEPP Y ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	476
4.8.1. BASE DE DATOS MODELO WEPP	476
4.8.1.1. <i>Base de datos climática</i>	476

4.8.1.2. Base de datos de pendiente	476
4.8.1.3. Base de datos de suelo	477
4.8.1.4. Base de datos de manejo y de plantas	477
4.8.2. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	475
4.8.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	478
4.8.2.1.1. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_e del suelo calculadas por el Wepp	478
4.8.2.1.2. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_b del suelo estimadas por ecuaciones	487
4.8.2.1.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r y τ_c del suelo calculadas por el WEPP y la velocidad de infiltración básica a campo	496
4.8.2.1.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo WEPP	505
4.8.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	524
4.8.2.2.1. Estimación de pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_e del suelo calculados por WEPP	524
4.8.2.2.2. Estimación de pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_b del suelo estimados por ecuaciones	535
4.8.2.2.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c del suelo calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica a campo	546
4.8.2.2.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo WEPP	557

TOMO III

CAPITULO 5. DISCUSION	566
5.1. CLIMA	567
5.2. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	571
5.3. PROPIEDADES DE LOS HORIZONTES SUPERFICIALES	574
5.3.1. Carbono orgánico	574
5.3.2. Densidad aparente	577
5.3.3. Resistencia mecánica	580
5.3.4. Estabilidad de agregados	584
5.3.5. Velocidad de infiltración	592
5.4. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO .	597
5.4.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	597
5.4.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001	597
5.4.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002	606
5.4.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003	614
5.4.1.4. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento	624
5.4.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	625
5.4.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000	625
5.4.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001	628
5.4.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002	631
5.4.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003	634
5.4.2.5. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento	637
5.5. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION Y TASA DE ENRIQUECIMIENTO	638
5.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	639
5.5.1.1. Evaluación en el ciclo 2001-2001	639

5.5.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	646
5.5.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	651
5.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	658
5.5.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	658
5.5.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	660
5.5.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	662
5.5.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	663
5.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO.....	664
5.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	665
5.6.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	665
5.6.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	668
5.6.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	671
5.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	675
5.6.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	675
5.6.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	676
5.6.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	679
5.6.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	680
CAPITULO 6. CONCLUSIONES.....	684
CAPITULO 7. BIBLIOGRAFIA	697
APENDICE 1	734
APENDICE 2	758

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue implementar y validar sistemas de evaluación cuantitativos, directos e indirectos, de la degradación de suelos por los procesos de erosión hídrica y las relaciones con los factores controlantes del mismo con el propósito de contar con una herramienta que permita predecir las pérdidas de suelo en la región pedemontana del suroeste de Córdoba.

Se seleccionaron dos pendientes, Pozo del Carril bajo siembra directa, labranza reducida y convencional con diferentes tratamientos y El Vertedero con diferentes secciones bajo siembra directa y pastoreo. Se efectuó la caracterización climática, geomorfológica y edáfica en ambas pendientes. Posterior al período de pastoreo, en cada ciclo estudiado se efectuaron determinaciones de carbono orgánico, densidad aparente, estabilidad de agregados, resistencia mecánica e infiltración en los distintos tratamientos y secciones de las pendientes.

Se realizaron mediciones de pérdida de suelo y escurrimiento por erosión hídrica laminar, bajo precipitación natural, a través de colectores instalados en los distintos tratamientos y secciones de las pendientes. Posterior a cada ciclo de lluvia, considerado potencialmente erosivo, se evaluó la cobertura vegetal, se recolectó el material y se determinó el volumen y peso. Se realizó el análisis granulométrico y la determinación del contenido de carbono orgánico del sedimento, y se evaluó la tasa de enriquecimiento.

Se estimó la pérdida de suelo y el escurrimiento a través del modelo de predicción de la erosión hídrica (WEPP) por evento en los diferentes tratamientos y secciones de las pendientes. Se realizó el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos.

El área presenta un clima templado húmedo con un régimen mesotermal, alta variabilidad climática y un pequeño déficit hídrico e importantes excesos hídricos. Los procesos erosivos están vinculados a precipitaciones con intensidades moderadas a altas, si bien con bajas intensidades también se ha producido erosión hídrica.

Los suelos son poco profundos, presentando bajo desarrollo pedogenético,

bajo contenido coloidal, amplio dominio de arena muy fina e importante erosión antecedente, que le confieren una alta susceptibilidad intrínseca a los procesos de erosión hídrica. Los sistemas de labranza presentan altos niveles de compactación, densidad aparente y resistencia mecánica, vinculados al coloide orgánico, a las características texturales y al uso y manejo del suelo, siendo menores en la labranza convencional. La labranza convencional presentó los valores más altos de velocidad de infiltración. Bajo siembra directa y labranza reducida sin pastoreo se registra una tendencia al incremento de agregados de mayor tamaño, mientras que en labranza convencional un aumento significativo de los agregados menores.

En todos los eventos se registró pérdida de suelo y escurrimiento por erosión hídrica laminar en las pendientes estudiadas. En Pozo del Carril la siembra directa con fertilización y sin pastoreo presentó la menor pérdida de suelo, con un nivel ligeramente superior la siembra directa con fertilización y pastoreo, la siembra directa sin fertilización y sin pastoreo y la labranza reducida fertilizada. La mayor pérdida se registró bajo labranza convencional sin fertilización y pastoreo. La siembra directa y la labranza reducida con fertilización y sin pastoreo presentaron el menor escurrimiento, seguida por la labranza reducida con fertilización y pastoreo. El mayor escurrimiento en la labranza convencional con fertilización y pastoreo y ligeramente inferior la labranza convencional sin fertilización y pastoreo y la siembra directa sin fertilización y pastoreo. En El Vertedero la mayor pérdida total de suelo y el escurrimiento se registraron en la loma media y el menor nivel en la loma baja y plana. Las variaciones en la pérdida de suelo y el escurrimiento están vinculadas a la condición superficial y a las características de los eventos.

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en las pendientes presentaron un amplio dominio de la fracción arena muy fina y menores contenidos y en forma decreciente de limo, arcilla, arena fina y arena media, vinculado a una distribución semejante en el suelo de origen. En los sedimentos se registró la presencia de carbono orgánico. El carbono orgánico, el limo y la arcilla se movilizarían en forma conjunta como agregados y partículas individuales. Los sedimentos presentaron una tasa de

enriquecimiento de carbono orgánico, arena fina y arena muy fina. Se observa correlación entre las pérdidas de suelo medidas y estimadas por el modelo WEPP en las pendientes estudiadas, aunque queda incertidumbre respecto a su aplicación debido a que con altas precipitaciones el modelo sobreestima y con bajas subestima.

ABSTRACT

The general aim of this research was to implement and validate direct and indirect quantitative evaluation systems of soil degradation by water erosion processes and the relations among controlling factors, in order to have a tool to predict soil losses in the southwest Córdoba piedmont region.

Two slopes were selected. Pozo del Carril, under zero tillage, reduced and conventional tillage with different treatments, and El Vertedero, with different sections under zero tillage and grazing. The climatic, geomorphologic and edafic characterization was made in both slopes. Organic carbon, bulk density, aggregate stability, mechanical resistance and infiltration determinations, were made in the different treatments and slopes sections after the grazing period in each studied cycle.

Measurements of soil loss and runoff by laminar water erosion were made under natural precipitation by using collectors in the different treatments and sections of the slopes. After each rain cycle considered potentially erosive, vegetal cover was evaluated, material was collected and its volume and weight were determined. Particle size analysis and organic carbon determinations were performed on the sediments and its rate of enrichment was evaluated.

Soil loss and run-off were estimated by the water erosion prediction model (WEPP) in each event for the different treatments and sections of the slopes. Statistical treatment of the obtained results was made.

The region has a mild humid climate with a mesothermal regime, high climatic variability and a little hydric deficit and important hydric excesses. The erosive processes are tied to moderate to high intensity rainfall, although water erosion under low intensity rainfall has also occurred. Soils are shallow and show low pedogenetic development, low colloidal content, ample predominance of very

fine sand, and important antecedent erosion. These features give the soil a high intrinsic susceptibility to water erosion. Tillage systems presented high level of compaction, high bulk density, high mechanical resistance, related to the organic colloid, textural characteristics, and the use and handling of soil, being smaller in the conventional tillage. Conventional tillage presented the highest values of infiltration. There is a tendency to the increase of greater size aggregates in zero tillage and reduced tillage without grazing, whereas smaller aggregates increase in conventional tillage.

Soil loss and laminar water erosion were registered in all events in the studied slopes. In Pozo del Carril, zero tillage with fertilization and without grazing presented the smallest soil loss. Zero tillage with fertilization and grazing, zero tillage without fertilization and grazing, and fertilized reduced tillage presented a slightly higher level of soil loss. Conventional tillage without fertilization and grazing showed the greatest loss. Zero tillage and reduced tillage with fertilization and without grazing presented the smallest runoff, followed by reduced tillage with fertilization and grazing. The greatest runoff was observed in conventional tillage with fertilization and grazing and it was slightly lower in conventional tillage without fertilization and grazing and zero tillage without fertilization and grazing. In El Vertedero, the greatest total soil losses and the runoff were registered in the mid hill and the smallest level in the low and flat hill. The variations in the soil loss and the runoff are tie to the superficial condition and the characteristics of the events.

The sediments produced by laminar water erosion in slopes presented an ample scope of the very fine sand fraction and smaller contents of silt, clay, fine sand and middle sand, related to a similar distribution in the origin soil. Organic carbon presence was registered in the sediments.

Organic carbon, silt and clay would mobilize together as aggregates and single particles. The sediments presented a rate of enrichment of organic carbon, fine sand and very fine sand. A correlation between the measured and the estimated by WEPP model losses of soil was observed in the studied slopes, although uncertainty remains regarding to its application because the model overestimates with high rainfall and underestimates with low rainfall.

1.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA DEGRADACION DE SUELOS POR EROSION HIDRICA

El deterioro de los recursos renovables comienza a adquirir importancia a partir de la primera conferencia de las Naciones Unidas desarrollada en Estocolmo (1972) y de la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Dado la conciencia creciente del continuo deterioro de los recursos naturales renovables, la FAO y el PNUMA celebraron en Roma (1974) la conferencia de las Naciones Unidas sobre la desertificación, allí fue la primera ocasión en que dirigentes mundiales consideraron activamente las amenazas que encierra la degradación de los suelos. Esta reunión tenía presente que la degradación de los suelos era un problema muy extendido y su distribución y área total se conocían de manera cualitativa y muy aproximada, que no existía una metodología estandarizada y criterios uniformes para evaluar la degradación y que era un problema que sobrepasaba los límites nacionales. El informe resultante se recoge en un documento sobre "Evaluación Mundial de la Degradación de Suelos" (FAO, 1974) y a partir del mismo la FAO, PNUMA y UNESCO tratan por primera vez la Evaluación de la Degradación de Suelos en un Proyecto conjunto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1975). En dicho Programa se efectúa una aproximación de las áreas con riesgo potencial de degradación de suelos por erosión eólica e hídrica y por salinización y alcalinización de un área experimental de Africa, al norte del Ecuador y el Oriente Medio.

La degradación del ecosistema por el uso antrópico intensivo conduce a una condición que puede ser irreversible: la desertificación o desertización, definida por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación (Nairobi, 1977), como "un proceso de degradación ecológica por el cual la tierra productiva pierde parte o la totalidad de su potencial de producción". Por lo tanto esta definición incluye todos los procesos de deterioro de la tierra, la vegetación, el agua, etc., que pueden dar lugar a situaciones de tipo desértico.

Como parte del proyecto FAO, PNUMA y UNESCO (1975) surgen una serie de publicaciones parciales sobre Evaluación de la Degradación de Suelos

CAPITULO 1

INTRODUCCION

(FAO, 1976, 1977, 1978 y 1979) hasta que en 1980 se publica de forma provisional una metodología para evaluar la degradación. Es relevante citar que de este documento surge el concepto de degradación de suelos como "un proceso que disminuye la capacidad actual y potencial de un suelo para producir, cuantitativa y/o cualitativamente, bienes y servicios" (FAO y PNUMA, 1980) y que la degradación del suelo es consecuencia de la acción de numerosos procesos y que no tiene lugar necesariamente de forma continua, sino que puede ocurrir en un período relativamente corto entre dos estados de equilibrio ecológico. Los procesos de degradación de suelos reconocidos son: erosión hídrica, erosión eólica, degradación física, degradación química, degradación biológica y excesos de sales.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992) representa un hito importante en todo lo vinculado al ambiente y describe en la Agenda 21, a la desertificación como "la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas como resultado de varios factores incluidas las variaciones climáticas y las actividades humanas". La "tierra" es un sistema bioproductivo terrestre que comprende el suelo, el agua, las plantas, y los procesos ecológicos que se dan dentro de un sistema. La "degradación" significa reducción o pérdida de la capacidad de la tierra para producir lo que la sociedad que depende de ella espera.

Los resultados de esta conferencia, especialmente en lo que respecta a los acuerdos internacionales adoptados y a los objetivos y acciones contenidas en la Agenda 21, han mostrado la necesidad de desarrollar y aplicar métodos para determinar el estado del ambiente y el seguimiento de los cambios a niveles globales, regionales, nacionales y locales. La determinación de estos cambios puede ayudar a evaluar mejor las dimensiones de los diferentes problemas ambientales identificados, como así también, evaluar el cumplimiento de las convenciones internacionales y las políticas nacionales.

Blum y Santelises (1994) plantean que la sustentabilidad y la resiliencia del suelo responden a las seis funciones principales que presenta el sistema suelo. Tres de estas funciones son ecológicas y las otras están asociadas a la actividad humana.

Las funciones ecológicas serían:

- La producción de biomasa asegurando alimentos, forrajes, energía renovable y materia prima. Función básica para la vida humana y animal.
- El suelo como reactor que filtra, amortigua y transforma materia para proteger de la contaminación al ambiente, el agua subterránea y la cadena alimenticia.
- El suelo como hábitat biológico y reserva genética para muchas plantas, animales y otros organismos que pueden ser protegidos de la extinción.

Las funciones no ecológicas son:

- El suelo como medio físico que sirve como una base espacial para estructuras técnicas e industriales y actividades socioeconómicas tales como la construcción, desarrollo industrial, sistemas de transporte, recreación y sitios de disposición de residuos.
- El suelo utilizado como fuente de energía geogénica, materia prima para la construcción (arcillas, gravas y otros) y como fuente de agua.
- El suelo como herencia cultural y geogénica formando parte del paisaje y conservando materiales antropológicos y paleontológicos de gran importancia para el conocimiento de la historia de la tierra.

Estos seis usos del suelo entran en competencia entre sí de tres maneras diferentes. La competencia por exclusión la construcción de una ruta es excluyente ya que impide su utilización para la producción de alimentos o para filtrado. La intensiva interacción en las áreas urbanas y periurbanas con la tierra agrícola y forestal que la rodea que está sometida a una fuerte presión por el avance de las mismas. La competencia entre las propias actividades ecológicas que en algunos casos puede llegar a ser excluyente cuando no degradatoria de las otras funciones.

Larson y Pierce (1994) expresan que la calidad del suelo se define por sus usos y funciones y representa una compleja relación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Proveen un medio para el crecimiento de las plantas y la actividad biológica, regula y reparte el flujo de agua y su acumulación en el ambiente, y sirve como un amortiguador ambiental en la formación y destrucción de compuestos peligrosos para el ambiente.

Warkentin (1997) define a la degradación de suelos, cuando un suelo no puede realizar más las funciones que se espera de él en el ecosistema, y va desde la erosión de suelos por el agua y el viento, rápida y visible, a cambios muy lentos e insidiosos en la estructura del suelo. Además, establece grupos de procesos en función de la visibilidad y posibilidad de revertir los efectos, incluyendo en el primer grupo la erosión (hídrica y eólica), salinización y alcalinización como los de mayor gravedad; en el segundo la pérdida de estructura y en el último grupo los procesos menos graves o con más posibilidades de recuperación entre los que se encuentran la reducción de nutrientes, la acidificación y la polución del suelo.

La Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo ha considerado la importancia de las interacciones ecosistema-suelo-población y por ello ha creado una comisión "Suelos y Ambiente" que considera cuestiones de manejo sustentable de los suelos para la producción de alimentos y la salud del ecosistema. Por ello como primera actividad oficial se realizó en Nanjing, China (1997) el primer simposio internacional sobre "Interacción Suelo, Hombre y Ambiente" del que surgió un buen balance entre las interacciones negativas de las actividades humanas, por ejemplo, diferentes formas de degradación de suelos, y las soluciones que los científicos están contribuyendo al desarrollo de la restauración y protección de los suelos (De Kimple, 1997).

Los ecosistemas naturales de la Argentina han sufrido desde la conquista y colonización del territorio modificaciones profundas y en algunos casos irreversibles. Actualmente sería imposible pretender un retorno a

condiciones prístinas de nuestro ambiente. Las necesidades biológicas y económicas del hombre moderno transformarían cualquier intención honesta de retorno en una inevitable utopía. El regreso a un estado original de la naturaleza es imposible, aún en los lugares menos afectados por el hombre. Sin embargo, es posible e imprescindible preservar los agroecosistemas, aún basamento firme de la economía nacional. La preservación agroecológica se logra previniendo para el futuro la degradación o reparando lo ya degradado. Los agroecosistemas de la región pampeana semiárida-subhúmeda y subhúmeda ofrecen un modelo histórico ejemplar acerca del precio que el hombre tiene que pagar por su inexperiencia en el manejo del medio e incapacidad para prevenir, y luego reparar el daño provocado. La falta de conocimiento y cultura conservacionista significó para la región una lección costosa, y es de esperar que se haya aprendido realmente, aunque la expansión actual de la frontera agropecuaria sobre áreas ecológicamente vulnerables y marginales enciende una nueva señal de alarma sobre el proceso de degradación que podría, eventualmente, haber recommenzado (Viglizzo y Filippín, 1991).

El extenso territorio Argentino (2.800.000km²), está afectado por graves procesos de degradación de tierras, tales como: erosión, salinización, pérdida de propiedades físico-químicas e hidromorfismo, en un 40 % de su superficie (1.120.000km²), de acuerdo a la SAGyP y CFA (1995). Los procesos de degradación debidos a erosión hídrica afectan prácticamente a todo el país, fundamentalmente a tierras de valor productivo, con actitud agrícola y agrícola ganadera de las regiones húmedas. El grado de deterioro actual de los suelos debido a erosión hídrica es de variada intensidad, destacándose por su gravedad el sur de Misiones, noroeste de Corrientes, centro y oeste de Entre Ríos, Tucumán, sur de Salta, cuencas de los ríos Carcaraña y Tercero (centro sur de Córdoba y sur de Santa Fe), cuencas de Arrecifes y Arroyo del Medio.

Actualmente, se estima que la erosión hídrica en la Argentina, considerando todos sus grados de intensidad, afecta aproximadamente a

25.000.000ha. En los últimos 30 años, la superficie afectada por degradación y especialmente debida a la erosión hídrica en el país se incrementa a un ritmo de 250.000ha por año. La gravedad del problema de la erosión de suelos en la pampa húmeda, asiento de la mayor y más valiosa producción agraria del país, indican una superficie de 1.600.000ha degradadas por acción del agua, lo cual representa el 45% del área. Los sistemas productivos de la región pampeana húmeda presentan aspectos salientes como el predominio de los rubros agrícolas respecto de los ganaderos; cambio de la superficie de los principales rubros agrícolas (la soja ocupa el primer lugar); aumento de la mecanización agrícola y mejoramiento de las técnicas de cultivo, en la cual el 28% del área presenta una tasa de erosión potencial que oscila alrededor de 60tn/ha/año (INTA, 2004).

En la Provincia de Córdoba aproximadamente 13.724.885ha están dedicadas a algún tipo de actividad agropecuaria (Censo Nacional Agropecuario, 2002) desarrolladas las mismas bajo condiciones edafoclimáticas muy variables. Los progresos tecnológicos alcanzados en el desarrollo de agroquímicos, equipos mecánicos y cultivos transgénicos, han incrementado la producción agrícola de la provincia, principalmente con el cultivo de soja, aunque es importante destacar que esto ocurre en áreas aptas y en zonas marginales, con lo cual se produjo una aceleración en los procesos de degradación física-química y de erosión de los suelos. En la provincia existen sectores donde se presenta con verdadero dramatismo la erosión provocada por el escurrimiento del agua, tales como, Río Tercero y Río Cuarto (Marelli, 2004). También, se encuentran los procesos de erosión en zonas con menor pendiente, aunque con una historia de uso agrícola más antigua, y en las cuales el problema de la erosión laminar y en surcos adquiere proporciones importantes. Debido al cambio del uso del suelo hacia una agricultura intensiva se han incrementado las áreas con susceptibilidad al proceso erosivo. Al respecto el 11% del área la superficie agrícola de la provincia esta cubierta por suelos con alta susceptibilidad a la erosión hídrica, el 6% con moderada, el 26% ligera y el 44% con mínima (INTA, 2003).

En el sur de la provincia de Córdoba los procesos de degradación de suelos más relevantes están en la área central y suroccidental, la erosión hídrica con gran predominio y en menor grado la eólica; en la zona este y en el sureste dominio de la alcalinización, salinización, inundación y anegamiento y en toda la región, con diferente grado de magnitud, la degradación física, biológica y química (Cantero *et al.*, 1998). La región centro-sur, de acuerdo al relevamiento de los recursos naturales de la provincia de Córdoba (INTA, 2003) presenta una susceptibilidad a la erosión hídrica de clase ligera en un 10%, moderada del 2% y grave del 3% en su superficie.

Numerosos trabajos han efectuado el diagnóstico de la degradación de suelos en el sur de la provincia (Cantero y Cantú, 1980 y 1981; Cantero *et al.*, 1982; Cantero y Cantú, 1985; Cantero *et al.*, 1992; Degiovanni *et al.*, 1995; Cantú *et al.*, 1998; Becker *et al.*, 1998, Cantú y Becker, 1999; Cantú *et al.*, 2003). Además, se realizaron investigaciones de la degradación física vinculadas a los sistemas de labranza y al uso del suelo (Cantero *et al.*, 1987; Bonadeo, 1997; Bricchi, 1996; Moreno *et al.*, 1996; 1999; Cisneros *et al.*, 1996, 1997; 1998; Bricchi y Cisneros, 1998; Bongiovanni *et al.*, 2000; Moreno, 2000; Aquino *et al.*, 2000; Uberto *et al.*, 2001, 2002; Cholaky, 2003; Cholaky *et al.*, 2002, 2003).

El departamento Río Cuarto, al suroeste de la provincia, con la mayor superficie de suelos dedicadas a actividades agropecuarias del sur de Córdoba, muestra una susceptibilidad a la erosión hídrica de clase ligera en un 9%, moderada un 5% y alta en un 6% de los suelos (INTA, 2003). En el suroeste de la provincia donde el proceso de erosión hídrica es de gran magnitud e importancia, es relevante destacar el gran aporte de la investigación efectuada por Cantú (1998) vinculada a la ordenación, uso, y manejo de una cuenca hídrica representativa del área pedemontana de la región templada-húmeda con énfasis en la cuenca del Arroyo La Colacha. En este trabajo se estableció la fuerte dinámica de los procesos exógenos, como así también, las evidencias de los procesos endógenos como activadores importantes de esa

dinámica, en el marco de los cambios climáticos, tectónicos, etc., que a través de una metodología de estudio analítica, con una concepción holística y sistémica, le permitieron al autor elaborar un modelo conceptual de funcionamiento de la cuenca hídrica.

Cantú (1998) para el desarrollo de su investigación generó, entre otras, la información geológica, geomorfológica, hidrológica y edafológica básica y con ello, la base para numerosos estudios realizados en la región pedemontana por el grupo de investigación del área de suelos (U.N.R.C.). Entre estos se destacan los vinculados a la fragilidad natural del suelo y el uso del territorio como factores condicionantes del proceso de erosión en la región pampeana subhúmeda (Cantú *et al.*, 1998), el impacto del uso intensivo de la tierra (Cantú y Becker, 1999), el desarrollo de una metodología cualitativa para la evaluación del riesgo de erosión hídrica (Cantú *et al.*, 2004) y el establecimiento de geindicadores de calidad ambiental para el recurso suelo, a nivel regional y de pequeñas cuencas (Cantú *et al.*, 2000; 2001a; 2002; 2003). Además, la evaluación de la degradación de suelos a través de un set mínimo de indicadores (Cantú *et al.*, 2001a), el uso de indicadores e índices de degradación de suelos para la sustentabilidad de la producción (Cantú *et al.*, 2001b) y de los agroecosistemas (Cantú *et al.*, 2004). Se efectuaron investigaciones relacionadas a la evaluación de la variabilidad temporal de propiedades químicas y físico-químicas de los suelos para el seguimiento de la calidad ambiental (Musso, 2003), el efecto de los sistemas de labranza y de la fertilización sobre las propiedades químicas y físico-químicas (Musso *et al.*, 2004) y de las comunidades de invertebrados edáficos como indicadores biológicos de la degradación de suelos en agroecosistemas (Bedano, 2004; Bedano *et al.*, 2004; 2006) de la cuenca del arroyo La Colacha.

A partir de 1999, en el marco del Programa "Desarrollo de Alternativas Tecnológicas para la Producción Agropecuaria Sustentable en el Oeste de Río Cuarto", se realizaron investigaciones en el Campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad

Nacional de Río Cuarto. Estas estuvieron vinculadas principalmente a la dinámica de las condiciones superficiales del suelo bajo diferentes sistemas de labranza (Bricchi *et al.*, 2000a) a las propiedades hidráulicas del suelo (Bricchi *et al.*, 2000b) e hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranza en relación con el cultivo de maíz (Gesumaria *et al.*, 1999; Espósito, 2002; Espósito *et al.*, 2001) y a las modificaciones del espacio poroso del suelo por la labranza y el pastoreo (Espósito *et al.*, 2002). Como así también, investigaciones relacionadas al efecto de las labranzas y el pastoreo de los rastrojos sobre el carbono orgánico y la estructura del suelo (Bricchi *et al.*, 2004), la materia orgánica total y sus fracciones (Verri, 2004) y la porosidad y compactación de diferentes sistemas evaluados (Parra, 2004).

En el área pedemontana los procesos de erosión hídrica determinan un fuerte impacto negativo con disminución en la capacidad de uso de los suelos (Cantú, 1998). A pesar de esta situación, son escasos los trabajos relacionados a la erosión hídrica, entre los que se destacan, los vinculados a la fragilidad natural de los suelos (Cantú *et al.*, 1998), a la evaluación a través del modelo predictivo (USLE) como función del deterioro solo para los suelos con aptitud de uso agrícola e indicador de la pérdida potencial de suelo (Degioanni, 1998) y al riesgo de erosión (Cantú *et al.*, 2003, 2004). Sin embargo, son importantes las primeras evaluaciones de la pérdida de suelo por erosión hídrica, en el marco de la presente tesis, efectuadas a través de la medición directa y las estimaciones con parámetros ajustados a las condiciones locales en una pendiente representativa del área pedemontana (Becker *et al.*, 2001) y las características de los materiales recolectados (Becker *et al.*, 2004). Como así también, la vinculación entre las propiedades del suelo con la pérdida y el escurrimiento por el proceso de erosión hídrica laminar (Becker *et al.*, 2002a), y el escurrimiento y la pérdida de materiales erosionados (Becker *et al.*, 2002b) en diferentes sistemas de labranza.



1.2. REVISION DE LAS METODOLOGIAS DE EVALUACION DEL PROCESO DE EROSION HIDRICA

Los estudios sobre erosión hídrica para evaluar las pérdidas de suelo, según los distintos tipos de erosión, comienzan prácticamente desde principios del siglo pasado con las investigaciones y experiencias del Forest Service de USA en 1915, analizando los efectos de distintas coberturas vegetales y la rotación de cultivos sobre la escorrentía y la erosión en parcelas experimentales, obteniéndose resultados cualitativos. Con la creación del Servicio de Conservación de Suelos de EEUU en 1935, se comenzó con el desarrollo del conocimiento de los procesos erosivos y de los factores que afectaban la erosión (Ayres, 1936). Sin embargo, la importancia del impacto de la gota de lluvia en el proceso de erosión se apreció plenamente en los estudios iniciados por Laws (1940) y en el análisis de la acción mecánica de las gotas de lluvia continuados por Ellison (1947).

Simultáneamente, se comenzaron a desarrollar ecuaciones empíricas para la predicción de la erosión del suelo, en las que se relacionaba la pérdida de suelo con el grado de inclinación y longitud de la pendiente mediante el uso de parcelas en condiciones simuladas de campo (Zingg, 1940), y evaluando los efectos de las prácticas de conservación mecánicas para diferentes combinaciones de rotación de cultivos para un suelo (Smith, 1941) y para un área representativa de los suelos de Iowa (Browning *et al.*, 1947). La relación de las características de la precipitación con la cantidad de suelo erosionado fue introducida por Musgrave (1947) que determinó que la erosión era proporcional a la precipitación máxima en treinta minutos con un período de retorno de dos años, cuyo procedimiento permitió calcular la pérdida de suelo, en milímetros, para diferentes cubiertas vegetales y para diferentes suelos de la región oriental y central de los Estados Unidos. Lloyd y Eley (1952) proporcionaron una solución gráfica de la ecuación de Musgrave que permitió ampliar su aplicación a otras regiones.

Con el avance de las investigaciones se diseñaron numerosos experimentos para determinar a campo las pérdidas de suelos en áreas relativamente pequeñas o parcelas de erosión y en áreas más grandes como una cuenca. Las parcelas de erosión delimitadas se utilizan en investigaciones permanentes o en estaciones experimentales para estudiar los factores que afectan a la erosión ya que se pueden controlar las condiciones de cada parcela, tanto con lluvia natural como simulada. El tamaño de las parcelas depende de los objetivos del experimento, en parcelas grandes (20m largo y 1,8m de ancho) o con volúmenes muy altos de escurrimiento, a la salida de las mismas se colocan artesas colectoras de las pérdidas de suelo por unidad de superficie (USDA, 1975), aunque los resultados obtenidos no dan indicación de la redistribución del suelo en el terreno a lo largo de la pendiente. Pequeñas parcelas delimitadas (4m² y 8m²) fueron utilizadas por Kellman (1969) para estudiar la erosión en amplios tipos de condiciones y en un gran número de localizaciones, pero en ella no fue posible estudiar todos los procesos relevantes. Parcelas de 1m² permiten investigar la infiltración y la salpicadura aunque son demasiado pequeñas para estudiar el flujo superficial (De Ploey y Gabriels, 1980). Las parcelas deben tener al menos 10m de longitud para los estudios de la erosión en surcos y si se necesitan evaluar los efectos de las prácticas agrícolas las mismas deben ser de mayor tamaño (Morgan, 1997). En regiones semiáridas del mediterráneo español fueron utilizadas las parcelas mencionadas anteriormente con bordes y bajo lluvia natural para la evaluación del escurrimiento y la pérdida de suelo frente a la removilización de la vegetación (Albaladejo, 1995; Castillo *et al.*, 1997).

Gerlach (1967) desarrolló un método alternativo para medir las pérdidas de suelo que consiste en utilizar canaletas (0,5m longitud y 0,1m ancho) cerradas en los laterales y con una tapa móvil, que en un diseño típico se sitúan lateral y transversalmente a la pendiente. Por su economía y sencillez, las artesas de Gerlach pueden utilizarse para medir pérdida de suelo en un gran número de lugares seleccionados dentro de un área extensa (Morgan, 1997). Los colectores fueron utilizados para evaluar la erosión hídrica bajo

precipitación natural en amplias áreas (Lewis, 1988) y en pequeñas cuencas (Francis, 1986; Sirvent *et al.*, 1992, 1993; Desir *et al.*, 1992; Schnabel, 1997; Cevallos *et al.*, 1998; Schnabel y Mateos Rodríguez, 2000).

Se han desarrollado métodos volumétricos sencillos y eficaces como el de las estacas de erosión (Schumm, 1967) en las cuales la contribución a la erosión o sedimentación se mide por medio de las estacas colocadas en pendientes, surcos o cárcavas. Por otra parte, para la cuantificación de la erosión, se han utilizado el método de agujas de erosión y perfiladores microtopográficos (Sancho *et al.*, 1991), la medida del flujo de aguas y sedimentos (Gallart, 1992, García Ruiz, 1992) y las medidas de espesor de sedimentos (Kresnor *et al.*, 1992). Los métodos de obtención de las tasas de erosión se complementan con el estudio de la movilización de las partículas por impacto de la gota de lluvia a campo por el método de colectores (Ellison, 1944), o por embudos (Bolline, 1975), o por el cilindro para salpicadura (Morgan, 1981).

Dada la complejidad de realizar mediciones a escala y tiempo real, se han desarrollado dispositivos basados en la generación de una lluvia artificial, de intensidad controlable, que se proyecta en una superficie de extensión y características conocidas. Los simuladores de lluvias han sido utilizados en investigaciones sobre erosión y escurrimiento a campo y en laboratorio (De Ploey *et al.*, 1976, Meyer, 1979, Hudson, 1981, Bryan y De Ploey, 1983; Lal, 1994). Gran parte del conocimiento actual sobre el proceso de erosión se basa en estudios realizados con simuladores de lluvia (Stroosnijder, 2005).

Otro aspecto importante en el proceso de erosión hídrica es el relacionado al tamaño de partículas del sedimento erosionado ya que provee información básica a cerca del proceso y además puede sugerir medidas de control de los efectos de los sedimentos fuera del sitio por el escurrimiento (Meyer *et al.*, 1980). Se han efectuado investigaciones en campo y laboratorio bajo lluvias simuladas donde se han estudiado los factores involucrados en la

remoción selectiva de material (Stoltenberg y White, 1953), la distribución de tamaño de partículas en los sedimentos (Gabriels y Moldenhauer, 1978), la relación de los sedimentos con la matriz del suelo (Avnimelech y McHenry, 1984; Miller y Baharuddin, 1986; Sharpley, 1985) y la fuerte asociación de los agregados transportados en los sedimentos con el sistema de labranza y la cobertura del suelo (Alberts y Moldenhauer, 1981), y el estado de agregación del suelo y las características del evento (Rhoton *et al.*, 1982; Texeira y Misra, 1997). Son escasos los estudios realizados en condiciones de lluvia natural, entre los que se destacan, los efectuados por Statter y Burt (1995) sobre el análisis del tamaño efectivo del sedimento y los de Martínez-Mena *et al.* (1999) que investigaron la influencia de la cobertura en la distribución del tamaño de los sedimentos recolectados posterior a cada evento.

En las últimas décadas se han desarrollado métodos de evaluación indirecta que se relacionan a la medida de parámetros asociados a los sedimentos o al suelo como el caso del Cesio 137. Este método ha sido utilizado en un gran número de países para evaluar la erosión laminar (Sutherland y Jong, 1990, Navas, 1995; Navas y Machin, 1991; Navas y Walling, 1992; Navas *et al.*, 2001; Elliot y Cole-Clark, 1993; Turnage *et al.*, 1995; Sibello *et al.*, 2001; Sadiki *et al.*, 2005).

Numerosas investigaciones de los diversos factores que afectan la pérdida de suelo (Smith y Wischmeier, 1957; Wischmeier y Smith, 1958 y Wischmeier *et al.*, 1958) permitieron establecer los primeros modelos empíricos para estimar las pérdidas (Wischmeier, 1959; Wischmeier y Smith, 1965) hasta la conocida ecuación paramétrica USLE (ecuación universal de pérdida de suelo) para erosión laminar y en surcos (Wischmeier y Smith, 1978). Posteriormente, se realizaron una serie de modificaciones a la ecuación original, tal como el ajuste de valores de la ecuación universal, RUSLE (ecuación universal de pérdida de suelo revisada) (Lane *et al.*, 1988, Renard *et al.*, 1991, 1997) y cálculos de producción de sedimentos para una tormenta

dada, MUSLE (ecuación universal de pérdida de suelo modificada) (Williams y Berndt, 1976).

Se han desarrollado, también, otros tipos de modelos sobre la base de parámetros físicos entre los que figuran: ANSWERS (Simulación del componente hidrológico y erosivo de pequeñas cuencas) para simular el comportamiento hidrológico y erosivo de pequeñas cuencas agrícolas durante las lluvias e inmediatamente después de ella (Beasley *et al.*, 1980; Bouraoui y Dillaha, 1996); CREAMS (sistema de medición de erosión, escurrimiento y transporte químico) modelo de campo para estimar la erosión, escurrimiento y transporte de químicos en sistemas agrícolas e investigar cuantitativamente las consecuencias ambientales de las diferentes prácticas (Knisel *et al.*, 1980; Nearing *et al.*, 1989); EUROSEM (Modelo de erosión Europea) basado en sucesos y desarrollado para computar el transporte de sedimentos, erosión y depositación sobre la superficie del suelo como consecuencia de una tormenta (Morgan *et al.*, 1998). Por último, el WEPP (Predicción de pérdida de suelo por erosión hídrica) modelo matemático de parámetro distribuido y de simulación continua, basado en procesos que se apoyan en el conocimiento de hidrología y erosión para estimar la pérdida de suelo a nivel de evento en una pendiente y en cuenca (Flanagan y Nearing, 1995) y sus diferentes versiones de actualización (1997, 1999, 2001, 2004).

En la Argentina los primeros estudios sobre erosión hídrica fueron realizados por técnicos del Instituto de Suelos y Agrotecnia (ISA), antecesor del Instituto de Suelos del INTA, consistiendo los mismos en el reconocimiento de áreas afectadas por el proceso de erosión hídrica de suelos en la región pampeana y en distintos lugares de país (Arena, 1945; Auer, 1951; Quevedo *et al.*, 1953; Ipucha Aguerre y Castro, 1956), y en la elaboración de mapas de erosión de suelos de la región pampeana en el noroeste de la provincia de La Pampa (Tallarico *et al.*, 1955), en el partido de Villarino, provincia de Buenos Aires (Tallarico *et al.*, 1956), en la cuenca occidental del Carcarañá (Bellón *et al.*, 1958) y de la región pampeana semiárida (Bonfils *et al.*, 1960).

A partir de 1967 con el desarrollo del plan mapa de suelos de la región pampeana por técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se efectúa la cartografía de los suelos y en ellos se incluyen las limitaciones de uso, entre otras, por erosión hídrica. Este tipo de cartografía se extiende a otras regiones del país con distintas escalas y diferentes niveles de percepción. En 1982 se publica un mapa de Regionalización Ecológica de la República Argentina, en el que se efectúa la caracterización del medio físico de las áreas definidas incluyendo las limitaciones sobre la productividad, entre las que se encuentra la erosión hídrica. En el marco del Proyecto PNUD se elabora el Atlas de Suelos de la República Argentina (SAGyP-INTA, 1990) donde se refleja la realidad edáfica desde una óptica general de todo el país, a través del inventario de los suelos de cada provincia, y se evalúan los principales factores que limitan el uso y condicionan el manejo a escala regional, entre ellos la erosión hídrica. Por otra parte, en la Provincia de Córdoba se dispone de las cartas de suelos, a escala detallada en la mayor parte de la provincia, donde se incluye las limitaciones por erosión. En los últimos años, se presenta una edición enriquecida y complementada de los suelos, que fuera publicada como parte del Atlas de Suelos (1990) en donde se identifican la clase de erosión y el grado de susceptibilidad a la erosión (INTA, 2003).

En la década del '80 en el INTA-Castelar a través de un proyecto sobre degradación de tierras, se efectuaron evaluaciones a nivel nacional del potencial de degradación y el riesgo de erosión hídrica de los suelos en diferentes áreas del país (Iruetia y Musto, 1982; Iruetia, 1983; Iruetia *et al.*, 1984; Mon e Iruetia, 1996a y b; Michelena *et al.*, 1988). En el marco del proyecto mencionado se destaca una publicación sobre los procesos de degradación de suelos en el norte de la región pampeana donde se incluyen mediciones de pérdida de suelo a campo y estimaciones de la erosión actual y potencial con USLE (Michelena *et al.*, 1989). Por otra parte, utilizando la metodología de FAO en otras regiones del país, se efectuó la evaluación de la degradación y la pérdida de suelo por erosión hídrica (Mendía y Ferrer, 1984; Mendía e Irrisari, 1995; Neder y Puchulu, 1995; Michelena *et al.*, 1996; Torres *et al.*, 1998; Torres

y Fernández, 2000) y con diversos métodos la evaluación de la susceptibilidad a la erosión (Da Veiga y Noailles, 1993; Degiovanni *et al.*, 1995; Sanabria *et al.*, 1996; Cantú, 1998).

En nuestro país la ecuación universal de pérdida de suelo ha tenido amplia difusión y aceptación, y en tal sentido merecen citarse, investigaciones del INTA-EEA Paraná (convenio FAO-INTA-1967) donde se efectuó la estimación cuantitativa de la erosión aplicando la USLE con factores obtenidos y ajustados localmente para el desarrollo de proyectos de conservación de suelos (Scotta y Nani, 1983; Scotta *et al.*, 1988), y la sistematización de tierras para el control de la erosión hídrica en Entre Ríos (Scotta, *et al.*, 1986; Scotta y Papparotti, 1989; Scotta, 1995). Trabajos realizados en forma preliminar para la determinación del Índice de Erosividad de las lluvias en algunas localidades de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires (Rojas *et al.*, 1976; Rojas y Conde, 1980) permitieron la estimación del factor "R" de la USLE para el centro-este de la República Argentina y el mapa de potencialidad erosiva de las precipitaciones (Rojas y Conde, 1985) y para algunas localidades del norte (Rojas y Conde, 1986) y la probabilidad de ocurrencia del factor "R" (Rojas, 1991; Rojas y Saluso, 1993).

Son de destacar los estudios llevados a cabo en la EERA-INTA Marcos Juárez, provincia de Córdoba, a través de un programa de cooperación con FAO (1969), en los cuales se realizó la estimación cuantitativa de la erosión hídrica aplicando USLE con factores ajustados localmente y las propuestas de control de la erosión hídrica (Marelli *et al.*, 1983, 1985; Marelli, 1988, 1989) en el sector oriental de la cuenca del Río Carcarañá (Córdoba y Santa Fe). Otros autores también señalan investigaciones llevadas a cabo para efectuar el ajuste de los parámetros de la USLE (Ligier *et al.*, 1985; Fernández *et al.*, 1989; De Otazua *et al.*, 2004) para la estimación de la tasa de erosión hídrica (Iruetia *et al.*, 1984; Michelena *et al.*, 1989; Irribarren *et al.*, 1993; Zurita, 1993; Deggioanni, 1998; Becker *et al.*, 2001 a y b; Baridón *et al.*, 2004) y la estimación del riesgo de erosión hídrica actual (Busnelli *et al.*, 2001; Gaspari *et*

al., 2002). Además, han sido utilizados para la estimación del escurrimiento superficial y la pérdida de suelo la MUSLE en una cuenca de uso agrícola (Ruíz Posse *et al.*, 1999) y la RUSLE para evaluar los cambios en el uso de los suelos y su relación con la erosión hídrica en el sur de Córdoba (Cisneros *et al.*, 2004).

Con relación al modelo WEPP, se han realizado diversas aplicaciones para la predicción de la erosión hídrica en distintos suelos y prácticas de manejo (Savio, 1996) y su implementación para evaluar las pérdidas de suelos en diferentes sistemas de manejo y prácticas de conservación en Entre Ríos (Benavidez *et al.*, 1998). Asimismo, se ha realizado la evaluación de las pérdidas por erosión hídrica utilizando WEPP y USLE en diferentes prácticas de manejo y cultivos sobre Molisoles y Vertisoles de la cuenca Las Delicas, Entre Ríos (Vera *et al.*, 2002). En el pedemonte mendocino se efectuó el ajuste de los parámetros del modelo WEPP para el cálculo de la pérdida de suelo y el escurrimiento y se compararon los valores con los medidos bajo lluvia natural (Mariani *et al.*, 2000).

Los estudios de erosión de suelos en ambientes áridos llevados a cabo por investigadores del IANIGLIA-CONICET en el pedemonte mendocino, merecen una mención especial, ya que se efectúan mediciones sistemáticas de escurrimiento y pérdidas de suelos en parcelas y bajo lluvia natural desde 1982 a la actualidad (Vich, comunicación personal). Además, a través de estas mediciones se efectuó el ajuste de ecuaciones empíricas (USLE, ANSWERS, WEPP) (Mariani *et al.*, 1998; Vich *et al.*, 1998; 2000) y el desarrollo de un modelo del Balance de Aguas Producción de Sedimentos (MBAPS) (Vich *et al.*, 2002). El desarrollo del modelo constituyó una experiencia inédita, a nivel del país, y su importancia radica que en su construcción, se logra sintetizar, integrar y comprender un proceso tan complejo como la erosión hídrica (Vich, 2002).

A través de un sistema de información geográfica fue determinada la incidencia ambiental de la erosión hídrica en una subcuenca del río Carcarañá (Montico y Di Leo, 2000), y la modelización del régimen hídrico y de los sedimentos emitidos en la cuenca alta del Río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires (Gaspari *et al.*, 2004). Como así también, el análisis digital de imágenes en la evaluación de la pérdida de suelo a través de un área quemada del noreste del Chubut (Rostagno *et al.*, 2002) y del sudoeste de Chubut (Salomone *et al.*, 2004).

Las técnicas nucleares aplicadas a la medición de la erosión han contribuido a la obtención de información en procesos incipientes constituyendo un complemento valioso en modelos predictivos para la preparación de planes de uso y manejo de suelos (Bujan *et al.*, 2000). Se reporta la aplicación de la técnica del Cs¹³⁷ en una transecta para el estudio de erosión hídrica en una subcuenca del arroyo Morales (provincia de Buenos Aires) (Buján *et al.*, 2000; 2002) y la utilización de radioisótopos de Pb²¹⁰ como trazador para evaluar los procesos de erosión-sedimentación y su validación en la región pampeana (Buján *et al.*, 2003, 2004).

El escurrimiento y la erosión han sido estudiados a nivel de cuenca y subcuenca por varios autores. Castiglioni *et al.* (1998) realizaron la predicción de la concentración de sedimentos en una microcuenca del Arroyo del Tala en la Pampa Ondulada. Mientras que Esmoriz y Sereno (1999) realizaron la medición y estimación de las pérdidas de suelo en la región central de Córdoba. Gaspari *et al.* (1999) aplicaron una metodología para el diagnóstico de la degradación por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Sauce Chico, sudoeste de la provincia de Buenos Aires. La dinámica hídrica en el ámbito de subcuencas agropecuarias de la cuenca del Riachuelo-Matanza sometida a lluvias intensas fue estudiada por Chagas *et al.* (2000, 2002) y la respuesta hidrológica estacional de una microcuenca de la pampa ondulada con variación climática inter e intra anual, también por Chagas *et al.* (2003). Además, se realizó el ajuste a las condiciones locales de un modelo hidrológico en una

cuenca agrícola de la región central de Córdoba (Luque *et al.*, 1998, Esmoriz *et al.*, 2004). En Entre Ríos, Morresi y Zucarelli (2004) aplicaron métodos cuali y cuantitativos para la estimación de la erosión hídrica en la cuenca del arroyo Feliciano.

En el país, la mayoría de las mediciones de pérdida de suelo y escurrimiento, así como también, el estudio de las propiedades vinculadas al proceso de erosión y las evaluaciones de los sedimentos producidos se realizaron con simuladores de lluvia. Para ello, algunos investigadores desarrollaron simuladores de lluvias, como el de intensidad variable especialmente diseñado para evaluar erosión entre surcos en parcelas de hasta 1m² (Marelli *et al.*, 1986); el de aspensor fijo realizado para estudios de infiltración y erosión de suelos en parcelas de 0,15m² a 0,40m² (Rostagno y Garayzar, 1995) y un microsimulador de lluvias de 25cm de base para estudios de infiltración, escurrimiento y erosión (Iruetia y Mon, 1994).

Numerosas investigaciones de las propiedades vinculadas a la erosión fueron efectuadas bajo lluvia simulada, entre las que se destacan: la dinámica de la rugosidad superficial sobre el comportamiento hídrico (Chagas y Marelli, 1991 a y b), la erosión entre surcos (Chagas *et al.*, 1997); la erosión laminar y la estabilidad estructural de un Argiudol típico del sureste de Córdoba (Chagas y Grottola, 1994); la influencia del grado de estructuración sobre el escurrimiento y la erosión en suelos bajo diferentes condiciones superficiales (Chagas, 1995; Michelena *et al.*, 1996 a y b; 2000, 2001, 2002; Morras *et al.*, 2001; Michelena e Iruetia, 2002); la estimación de la erodabilidad hídrica de los suelos de la región semiárida pampeana (Echeverría *et al.*, 2004) y la erodabilidad de un Vertisol característico de la provincia de Entre Ríos (Kinderknecht *et al.*, 2004).

En relación a la determinación de la infiltración con un microsimulador de lluvia (Iruetia y Mon, 1994) se han realizado numerosas mediciones en suelos con diferentes manejos en la región central de Córdoba (Aoki *et al.*, 1996,

Michelena *et al.*, 1996, 1998) y con un simulador en el NE de la provincia de Chubut (Parizet *et al.*, 1996). También, con un microsimulador, se ha evaluado la conductividad hidráulica del sello en costras formadas por distintos mecanismos en un Argiudol típico del sureste (Perotti *et al.*, 1999) y en un Hapludol típico en tres sistemas de manejo del suroeste de Córdoba (Bricchi *et al.*, 2000b). Además, la infiltración y el escurrimiento en un Haplustol típico bajo dos sistemas de labranza en el centro-sur de Córdoba (Bricchi *et al.*, 1999). La variación espacial en la tasa de infiltración, a través de un microsimulador, en una microcuenca agrícola de la pampa ondulada de la provincia de Buenos Aires (Castiglioni *et al.*, 2004) y la infiltración, la tasa de escurrimiento y la pérdida de suelo en un Argiudol vértico bajo siembra directa en condiciones variables de cobertura y humedad inicial (De la vega *et al.*, 2004). La tasa de infiltración en un Haplustol con diferentes grados de sellado superficial en diferentes situaciones de manejo y cobertura en la llanura chaco pampeana subhúmeda-seca de la provincia de Tucumán (Sanzano *et al.*, 2004).

La lluvia simulada se ha utilizado, también, para la evaluación del escurrimiento y la erosión hídrica en un suelo del sureste cordobés (Marelli *et al.*, 1983; 1985, 1986; Marelli, 1989); el escurrimiento y la pérdida de suelo en distintos sistemas de labranza (Iruetia y Mon, 1993; Mon e Iruetia, 1996) y el comportamiento físico-hídrico de un Haplustol de la región pampeana susceptible a la erosión hídrica por efecto de la agricultura continua en el este cordobés (Michelena *et al.*, 1996b). Además, se ha usado para la evaluación del proceso de degradación por erosión hídrica por efecto de la compactación y el encostramiento superficial en Argiudoles bajo distintos sistemas de labranza (Mon *et al.*, 1996a) y el escurrimiento, bajo siembra directa y labranza convencional, en áreas de pendiente de la provincia de Buenos Aires (Sfeir *et al.*, 1998).

El efecto de la energía de la lluvia por medio de un simulador se ha utilizado para evaluar el uso de enmiendas sobre la dinámica de la erosión de suelos en las nacientes de la cuenca Riachuelo-Matanza (Gottfriedt *et al.*,

2004); la incidencia de las precipitaciones en la erodabilidad de los suelos a través de la relación infiltración-escurrimiento y producción de sedimento para estimar la susceptibilidad a la erosión hídrica en Chubut (Luque *et al.*, 2002) y el escurrimiento y erosión de un suelo bajo diferentes sistemas de labranza en la cuenca alta del Río Sauce Grande (Echeverría *et al.*, 2004). También, se uso para evaluar el movimiento horizontal y vertical de agua y partículas en un Argiudol bajo siembra directa representativo de la cuenca del arroyo del Tala, provincia de Buenos Aires (Chagas *et al.*, 2004); como así también, en la evaluación de la erosión hídrica en distintos niveles de deterioro de un pastizal natural del noreste de la provincia del Chubut, en parcelas de escurrimiento y con simulador de lluvia (Chartier *et al.*, 2004).

Además, con simulador de lluvia se ha estudiado el efecto de la cobertura de vegetación y residuos sobre las pérdidas de agua y suelo (Adema *et al.*, 2000) y la pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos representativos del Caldenal pampeano, bajo diferentes coberturas y mantillo, en dos épocas del año en que las especies del pastizal presentan distintos estados de desarrollo vegetativo (Adema *et al.*, 2001). Además, usando simulador se estudió en el sur del Caldenal, el escurrimiento y la erosión en sitios con diferente disturbio (Echeverría *et al.*, 2002; 2003).

En suelos de la región pampeana ondulada de la provincia de Buenos Aires se ha estudiado bajo simulación de lluvia el movimiento superficial de fósforo arrastrado por el flujo superficial (Chagas *et al.*, 1999). En la región pampeana húmeda, además, se estudió el efecto del sello superficial en el proceso de salpicadura y escurrimiento (Rienzi y Kvolek, 2001); los cambios en el tamaño de agregados y la selectividad de la erosión (Rienzi y Sanzano, 2002; Rienzi y Kvolek, 2003) y el enriquecimiento de carbono en los sedimentos producidos por erosión laminar (Rienzi y Grattone, 2002). Mas recientemente, se ha estudiado el efecto de la variación temporal y la selectividad de la erosión en suelos con diferentes texturas y uso de la tierra (Rienzi *et al.*, 2004).

En condiciones de lluvia natural se han reportado trabajos sobre: las características de los sedimentos producidos por erosión hídrica y la comparación con los estimados por el modelo AGNPS, en una microcuenca del arroyo del Tala, provincia de Buenos Aires (Santanatoglia *et al.*, 1996); los cambios en la rugosidad superficial de un Argiudol vértico de la Pampa Ondulada carente de vegetación durante un período de barbecho (Chagas y Stefanich, 1998) y la caracterización de los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en una pendiente representativa del suroeste de la provincia de Córdoba Becker *et al.* (2004).

1.3. HIPOTESIS

A partir de lo expuesto anteriormente se plantean las siguientes hipótesis:

En la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba el proceso de erosión hídrica estaría vinculado a la fragilidad natural de los suelos, al uso y manejo de la tierra y a las características climáticas.

El proceso de erosión hídrica de los suelos evaluado por un modelo de base física podría ser validado mediante mediciones directas, tanto de la pérdida de suelo como de las propiedades del suelo, relieve, clima, cobertura vegetal, etc. que controlan el proceso.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es implementar y validar sistemas de evaluación cuantitativos, directos e indirectos, de la degradación de suelos por los procesos de erosión hídrica y las relaciones con los factores controlantes del mismo con el propósito de contar con una herramienta que permita predecir las pérdidas de suelo en la región pedemontana del suroeste de Córdoba.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un análisis histórico de los procesos de erosión en el área de estudio.

- Elaborar una topografía detallada del área y en sectores de interés a escalas de mayor detalle.

- Evaluar los distintos parámetros que controlan el proceso de erosión hídrica: clima, relieve, propiedades del suelo, cobertura vegetal, uso y manejo del suelo, entre otros.

- Establecer los sistemas de medición directos e indirectos para evaluar la erosión.

- Ajustar los métodos de medición para cada parámetro seleccionado.

- Evaluar las características de los sedimentos recolectados.

- Establecer relaciones estadísticas entre los parámetros a medir y las tasas de erosión con el fin de sistematizar los resultados.

- Seleccionar los parámetros más importantes para establecer la medición sistemática y continua (monitoreo).

- Validar los resultados obtenidos.

- Aplicar un modelo de base física para predecir las pérdidas de suelo.

CAPITULO 2

MATERIALES

2.1. UBICACION DEL AREA DEL ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la cuenca del arroyo La Colacha, Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba, aproximadamente a 40km al este de la ciudad de Río Cuarto y delimitada por las coordenadas geográficas 64°39 y 64°50 de Longitud Oeste y 32°54 20" y 33°03 15" de Latitud Sur (Figura 2.1.).

La cuenca del arroyo La Colacha tiene una superficie de 19.506,79ha y pertenece a la cuenca del arroyo Santa Catalina que desagua en los Bañados del Tigre Muerto.

El acceso al área de estudio se puede realizar desde la ciudad de Río Cuarto, a través de la ruta Provincial N° 1 pavimentada y posteriormente acceder a la misma por tres vías alternativas. Por la ruta provincial a 10km de Río Cuarto y tomando hacia el Norte el camino consolidado al Paraje La Aguada a 30km se accede a la cuenca. Otra posibilidad es continuando por la ruta provincial a 15km de Río Cuarto hasta el cruce con el camino de la Costa de la sierra, tramo pavimentado, y por él hasta la unión con el camino Rodeo Viejo – La Aguada. Por último, desde la ciudad de Río Cuarto por el camino de la Costa del río, se accede al área a través de los parajes La aguada y Rodeo Viejo.

En el área de la cuenca del arroyo La Colacha se seleccionaron dos pendientes en las cuales se desarrollaron los estudios con mayor detalle (Figura 2.1.). La pendiente "Pozo del Carril" ubicada en el campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, a 5km del paraje La Aguada, definida por las coordenadas geográficas 64°39 y 64°50 de Longitud Oeste y 32°54 20" y 33°03 15" de Latitud Sur. La pendiente "El Vertedero" ubicada en un campo privado a 3 km del Paraje Rodeo Viejo comprendida entre los 64°39 y 64°50 de Longitud Oeste y 32°54 20" y 33°03 15" de Latitud Sur (Figura 2.1.).

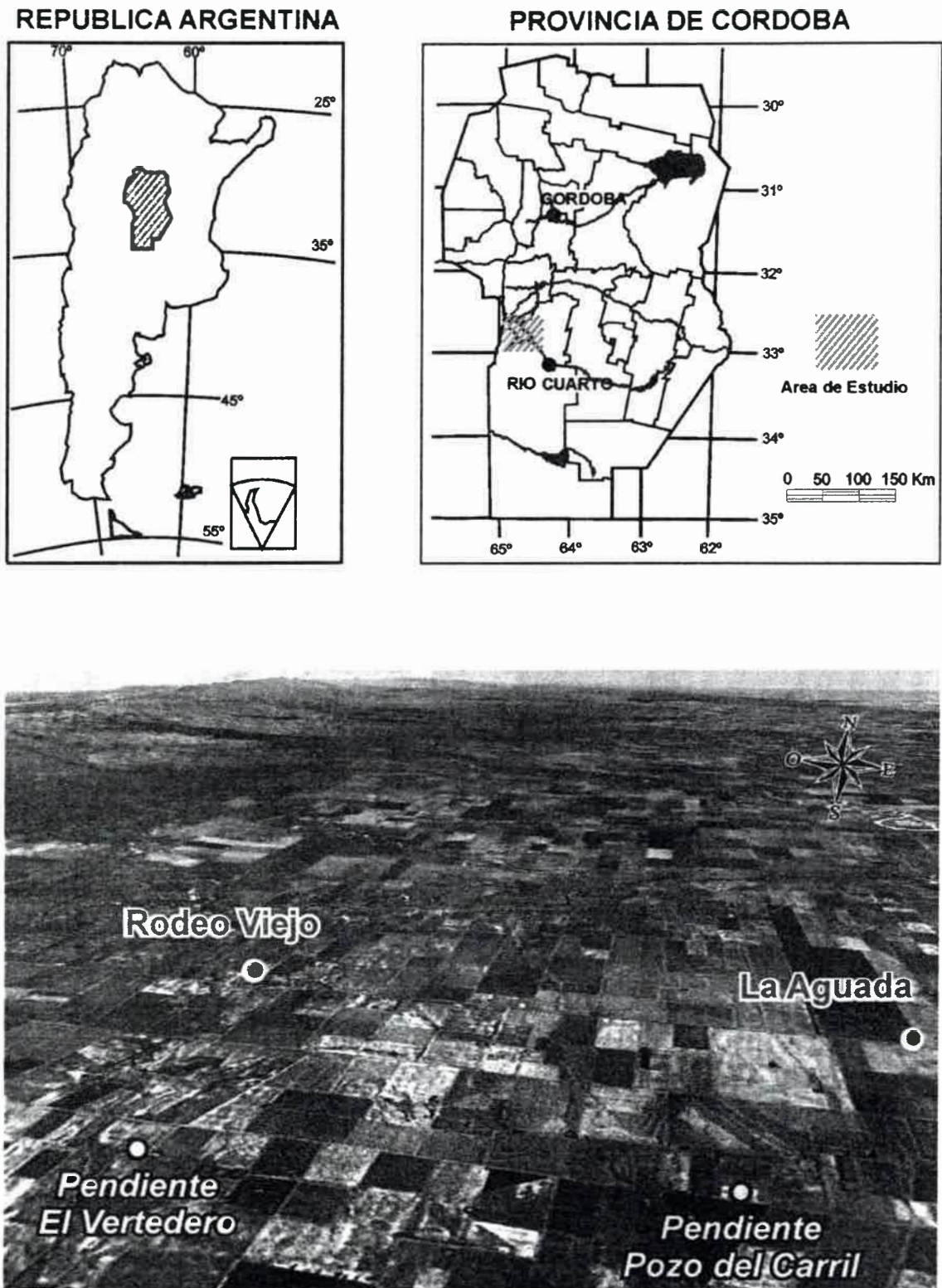


Figura 2.1. Ubicación del área de estudio.

2.2. CLIMA

Las características climáticas de la cuenca del arroyo La Colacha fueron establecidas por Cantú (1998) a partir de datos de las Estaciones Meteorológicas Los Chañares (Serie 1941-1994) y de la Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Serie 1976-1995).

El clima es templado subhúmedo con estación seca muy marcada para el sector que rodea a la ciudad de Río Cuarto a templado húmedo hacia el cordón serrano con estación seca muy marcada en invierno. En la cuenca el balance hídrico medio mensual (Serie 1941-1994) indica que el clima es de tipo Subhúmedo-húmedo con nula a pequeña deficiencia de agua y excesos importantes de agua.

La precipitación se concentra en los meses de Octubre a Marzo (80,9%) con un valor medio de precipitación de 735 mm, mientras que el resto precipita de Abril a Septiembre (19,1%) con un valor Medio de precipitación de 173,1 mm. La relación entre los valores de media de precipitación de los meses más lluviosos y los de menor precipitación muestra un índice de concentración muy alto (4,25). A través del índice de máxima, mínima y el índice de rango de cada serie mensual y anual de las precipitaciones, se estableció que la cuenca del arroyo de La Colacha se caracteriza por una gran variabilidad climática. En la cuenca del arroyo La Colacha la precipitación media anual es de 909 mm.

El régimen de temperatura es de tipo mesotermal con una Temperatura Media Anual (TMA) de 16,5 °C, de acuerdo a la información de la Estación Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Serie 1976-1995). La temperatura máxima media (TMM) es de 22,9 °C (Enero) y la temperatura mínima media (TMM) de 9,18 °C (Julio).

La Evapotranspiración Potencial (ETP) es de 823 mm y la Evapotranspiración Real Anual (ETR) es de 764 mm, considerando el período 1941-1994.

Los vientos dominantes son de dirección Norte (43,8%) y el resto corresponde a los vientos de dirección Noreste (11%) y dirección Sur (9,7%) de acuerdo a la Estación Los Chantares (Serie 1959-1994). Las calmas ocurren en el 15,7% de los días. Las otras direcciones son mucho menos importantes, tales como, la NO (5,9%), O (4,8%), SE (4,7%), SO (3,3%) y E (1,1%), respectivamente.

En los años más secos se observa un incremento de la dirección de los vientos del NO, O, SO, y S y de los días de calmas, mientras que en ciclos más húmedos los vientos dominantes son del N y NE y las calmas disminuyen abruptamente.

Cantú (1998) en la cuenca del arroyo La Colacha definió la presencia de cuatro ciclos climáticos que se presentan a continuación:

- a. El primer ciclo (13 años) entre 1941 y 1953 es predominantemente árido con déficit hídrico en la mayoría de los años. La precipitación media del ciclo es 795 mm.
- b. El segundo ciclo (16 años) entre 1954 y 1969 donde, a excepción de un año, predominan los años con balance hídrico positivo. La precipitación media del ciclo es 908 mm.
- c. El tercer ciclo (9 años) entre 1970 y 1978 es árido con déficit hídrico en la mayoría de los años. La precipitación media del ciclo es 809 mm.
- d. El cuarto ciclo (16 años) entre 1979 y 1994 es predominantemente húmedo con muchos años con fuerte exceso hídrico. La precipitación media del ciclo es 1057 mm.

2.3. VEGETACION

Bianco *et al.* (1987) consideran a la región sudoeste de la provincia de Córdoba como un amplio ecotono donde confluyen elementos florísticos de tres provincias fitogeográficas argentinas, el "Parque Chaqueño", el "Espinal" y la "Pradera Pampeana". Estos autores reconocen diversos Tipos Fisonómicos asociados a Areas Fisiográficas.

La descripción de la vegetación de la cuenca del arroyo La Colacha, de acuerdo a lo establecido por Cantú (1998), en el área de la sierra Los Chañares responde a las características del Distrito Chaqueño Serrano de la Provincia Fitogeográfica Chaqueña (Cabrera, 1976) y se encuentra estrechamente vinculada, hacia el Este, a la Provincia del Espinal. Teniendo en cuenta la flora actual y su posición dentro del gradiente latitudinal de esa Provincia Fitogeográfica, se considera un ambiente florísticamente muy empobrecido en elementos vegetales.

La vegetación se corresponde, desde el punto de vista estructural, a diferentes complejos fisonómicos: Monte, Bosque, Arbustal y Pastizal que son coincidentes con distintas posiciones altitudinales (pisos) y condiciones ambientales, geológicas, geomorfológicas y edáficas. El monte ocupa una estrecha faja en las posiciones altitudinales más bajas, el bosque serrano se localiza fragmentariamente por encima del anterior, el arbustal serrano esta asociado a los afloramientos rocosos interdigitados dentro del bosque y más típicamente por encima de este y por último, el pastizal aparece en las mayores posiciones altitudinales del área.

Existe una estrecha correspondencia de la vegetación con diferentes disturbios como el fuego, desmonte y sobre pastoreo que han definido cambios importantes, tanto florísticos como fisonómicos, respecto a su condición original. Así, por ejemplo, el matorral de poleo es una comunidad de reemplazo asociada al disturbio fuego; las plantas tóxicas (por ejemplo, nio y pichoa) alcanzan una notable densidad poblacional en las situaciones de sobre

pastoreo severo. Sobre suelos desarrollados sobre loess se instala una formación vegetal atípica, el monte de *Geoffroea decorticans*, común en el ambiente de llanura periférico.

La vegetación natural potencial del área corresponde a un bosque alto y abierto de algarrobo (*Prosopis alba* y *Prosopis nigra*) en las posiciones más bajas y a la de un bosque alto y cerrado de *Lithraea temifolia* (molle) + *Fagara coco* (coco) en las posiciones más altas, quienes por la severa artificialización de los últimos 200 años han sufrido intensos procesos de retrogradación, reflejado por una simplificación de su estructura e invasión de especies euroasiáticas con la consecuente pérdida de entidades nativas y de valores de diversidad total.

El complejo de comunidades presentes en la sierra esta integrado por: Monte de *Acacia caven* (espinillar); Bosque de *Fagara coco* (bosque serrano); Arbustal de *Heterothalamus alienus* + *Eupatorium buniifolium* (romerillal); Pastizal de *Stipa eriostachya* (pajonal); Arbustal de *Lippia turbinata* (matorral serrano); Bosque de *Fagara coco* + *Acacia caven* (bosque serrano degradado); y Monte de *Geoffroea decorticans* (chañaral).

El resto de la cuenca del arroyo La Colacha pertenece a la Provincia Fitogeográfica del Espinal. El tipo fisonómico corresponde a la Estepa gramínea (Bianco *et al.*, 1987) y del mismo sólo quedan pequeños núcleos restringidos a los costados de los caminos vecinales, en cárcavas de gran desarrollo y en potreros abandonados por procesos erosivos importantes. Los elementos leñosos de la provincia prácticamente han desaparecido quedando algunos elementos dispersos de *Acacia caven*, *Prosopis nigra*, *Celtis tala* y *Geoffroea decorticans* como maleza leñosa (Figura 2.2.).

La comunidad dominante es el "flechillar" siendo el género más frecuente la *Stipa* sp. En suelos más limosos se encuentran *Stipa brachychaeta* (paja brava), *Stipa neesiana* (flechilla común), *Stipa papposa* (plumerillo), etc.

En suelos arenosos se encuentran: *Stipa eriostachya* (paja blanca), *Stipa tenuissima* (paja). Otras especies frecuentes son: *Paspalum notatum* (pasto horqueta), *Poa ligularis* (poa), *Elyonurus muticus* (paja amarga), *Eragrostis lugens* (pasto ilusión), *Sorghastrum pellitum* (pasto de vaca). Los arbustos y sufrútices más importantes a citar son *Eryngium horridum* (carda), *Vernonia mollissima* (vernonia), *Lipia turbinata* (poleo), *Baccharis artemisioides* (yerba de la oveja), *Baccharis ulicina* ; entre otras.



Figura 2.2. Vista general de la vegetación de la Estepa gramínea.

Por otra parte, en la cuenca del arroyo La Colacha el tipo fisonómico Bosques marginales (Bianco *et al.*, 1987) es menos importante y está restringido a las márgenes de los cursos de agua. Esta compuesto por especies típicas de la Provincia Fitogeográfica del Espinal, de algunas del Distrito Chaco Serrano y del Distrito del Monte (chañaral) (Figura 2.2.). A estos grupos se asocian algunas especies europeas introducidas por el hombre. El

mayor desarrollo se encuentra en el arroyo La Colacha, en el arroyo Pozo del Carril y en menor grado en el arroyo Speranzoni. Las leñosas más comunes son: *Salix humboldtiana* (sauce criollo), *Salix babylonica* (Sauce llorón), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Acacia caven* (espinillo). Las arbustivas más importantes que se encuentran son *Aloysia gratissima* (palo amarillo), *Solanum argentinum* (duraznillo), *Cortaderia selloana* (cortadera), entre otras.

2.4. GEOLOGIA

La cuenca del arroyo La Colacha se desarrolla, principalmente, en el ambiente de la provincia geológica Llanura Chaco-Pampeana, y el área de nacientes del curso principal corresponde al bloque serrano de la Sierra de Córdoba que forma parte de la provincia geológica Sierras Pampeanas Surorientales.

En el sector de Sierras Pampeanas se diferencian dos unidades estratigráficas principales (Gordillo y Lencinas, 1979): el basamento cristalino, Precámbrico-Paleozoico inferior y medio, constituido por rocas metamórficas que se encuentran intensamente intruídas por granitoides, y los sedimentos continentales que se ubican en el Grupo Paganzo; y las sedimentitas y volcanitas del Mesozoico y Cenozoico.

En el ambiente de la Llanura Chaco-Pampeana, los materiales característicos que afloran son sedimentos, muy escasamente consolidados de origen diverso, tales como, eólicos, aluviales, coluviales y probablemente palustres, de edad pleistocena media hasta holocena superior (Cantú, 1992).

A continuación se presenta una descripción de la geología y estratigrafía del área de la cuenca del arroyo La Colacha establecida por Cantú (1998).

2.4.1. BASAMENTO PRECAMBRICO-PALEOZOICO

El basamento cristalino del área esta constituido por un complejo metamórfico derivado de rocas sedimentarias e ígneas con distinto grado de

milonización. Este conjunto ha sido afectado por la intrusión de cuerpos aplito-pegmatíticos, probablemente asociados al emplazamiento del granito Inti Huasi (Otamendi, 1995), y por diques básicos no metamorfizados, probablemente más modernos.

Los principales afloramientos del basamento cristalino se ubican en el sector sudoeste de la cuenca, en una serranía baja denominada sierra Los Chañares, donde tiene sus nacientes el arroyo La Colacha. La sierra de Los Chañares (aproximadamente de 13km²) es una prolongación de la sierra de Comechingones y esta definida por un conjunto de fracturas de rumbo N45° y N60°. Esta serranía se puede dividir morfológicamente en tres sectores. El sector Noreste que ocupa aproximadamente el 40% de la sierra, en la cual las rocas del basamento se encuentran generalmente cubiertas por sedimentos cuaternarios (aluviales y eólicos, de muy variable y escaso espesor) contienen en su base calcretos que por lo general han penetrado en las rocas provocando una fuerte alteración carbonática en los primeros 5 a 15 cm del contacto. El sector Central y Suroeste ocupan aproximadamente el 30% cada uno de la serranía y en ellas se encuentran los afloramientos más importantes del basamento.

En la planicie inmediatamente circundante se observan algunos afloramientos muy aislados, entre los que merecen citarse el denominado La Piedra y El Cerrito, de escasas dimensiones, asociados a lomas estructurales, y en los que por lo general, el basamento se encuentra a muy escasa profundidad.

Los afloramientos del basamento se los puede considerar, en general, como litológicamente monótonos, ya que en su composición predominan rocas gnéisicas, de grano grueso y composición tonalítica con grados variables de milonización. En toda la serranía domina una deformación penetrativa que genera foliación en un Rumbo 330°, mientras que la estructuración E-O y N-S esta muy escasamente desarrollada.

2.4.2. CUATERNARIO (Cantú, 1992)

Los sedimentos cuaternarios aflorantes en la mayor parte de la cuenca pertenecen a la Formación Laguna Oscura; mientras que en áreas muy reducidas, en sectores planos de la cuenca y en un pequeño sector cumbral de la serranía, los sedimentos aflorantes pertenecen a la Formación La Invernada. En el sector pedemontano recubriendo una antigua superficie de erosión se encuentran sedimentos coluviales y aluviales de la Formación Chocancharava. En las barrancas de los cauces de arroyos y de cárcavas muy profundas se reconocen sedimentos pertenecientes a las formaciones Pampiano, Chocancharava y Arroyo Las Lajas, al Geosuelo Estancia El Cerrito y al Geosuelo Las Tapias. En los sectores cumbrales de las lomas con afloramientos rocosos se ha reconocido un calcreto que recubre y penetra en rocas del basamento, asignado al pleistoceno superior.

En la Tabla 2.1. se presenta la estratigrafía de la Cuenca del arroyo La Colacha.

2.4.2.1. Pleistoceno

***Formación Pampiano* (Cantú, 1992)**

El Pampiano esta expuesto en los laterales y, en el lecho de los arroyos y cárcavas que surcan la cuenca y en algunos cortes artificiales de la ruta a Las Albahacas y en sectores de la sierra.

En el sector cumbral de la sierra Los Chañares se han observado restos del loess Pampiano, pardo amarillento rojizo, intensamente alterado por carbonatación e involucrados en los calcretos que cubren la sierra. En los valles intraserranos se ha observado solo un perfil que incluye materiales que se asignan a esta Formación. En la base del perfil y apoyando discordantemente sobre rocas gnéisicas, aflora material areno limoso muy fino, con características loésicas, pardo rojizo claro y constituido por bochones de grandes dimensiones fuertemente cementados por carbonatos.

Tabla 2.1. Cuadro estratigrafico del Cuaternario en la Cuenca del arroyo La Colacha (Cantú, 2005).

Epoca	Unidad Litoestratigráfica	Unidad Edafoestratigráfica	Edad [ka]	Edad inferida	Clima	Proceso dominante	
HOLOCENO		<i>Suelo actual</i>	1,5	Presente	Templado subhúmedo a húmedo	Pedogénesis Erosión eólica, hídrica y fluvial	
	Formación Laguna Oscura		2,2		Frio y seco	Erosión eólica, deposito de loess arenoso y formas medanosas	
			6				
		Formación A° Las Lajas	<i>Geosuelo Las Tapias</i>		Hypsitermal	Templado húmedo	Pedogénesis, erosión hídrica en interfluvios, fluvial y remoción, depósitos aluviales y coluviales
		Formación La Invernada		10	Younger Dryas	Frio y seco	Erosión eólica. Deposito de loess arenoso con canales efimeros
PLEISTOCENO SUPERIOR			49,7	Ultimo máx. glacial			
	Formación Chocancharava	<i>Pedocomplejo La Colacha</i>		Interglaciario	Semiárido a árido Templado húmedo	Pedogénesis, depósitos aluviales y coluviales	
	Formación Pampiano superior	<i>Geosuelo Ea. El Cerrito</i>	106,0	Penúltimo glacial	Frio y seco	Deposito de loes limoso y formación de calcreto freático	
PLEISTOCENO MEDIO	Formación Pampiano medio			Interglaciario	Templado húmedo ?	Depósitos aluviales y paludiales	
			147,0				

En la zona periserrana, se han observado algunos afloramientos que se asignan a esta formación. Estos se ubican en los sectores cumbres de lomas estructurales de un antiguo pedimento cubierto, a profundidades aproximadas entre 50 a 70 cm, y se profundizan paulatinamente hacia el Este. Se presentan muy alterados por la evolución de calcretos que penetran en la roca infrayacente.

En la llanura los afloramientos asignados a esta formación no presentan niveles de calcretos continuos, son materiales limoarenoso o arenolimoso muy finos, pardo rojizo, cuya mineralogía dominante está constituida por minerales de origen volcánico y el resto por minerales del basamento cristalino de Sierras Pampeanas. En algunos perfiles, los metros superiores están compuestos por material limoarenoso muy fino, pardo rojizo, suelto, sin estructura sedimentaria evidente, sin carbonatos y sin cementación, sobre el cual se desarrolla un suelo del que solo quedan relictos (Figura 2.3.). Por debajo, se observan canales de erosión poco profundos, muy amplios lateralmente que se entrecruzan formando amplias explanadas de erosión. Estos canales están rellenos por sucesivos ciclos de materiales que representarían distintos eventos torrenciales. La ausencia de materia orgánica y la abundancia de carbonatos indicarían que estos eventos se produjeron bajo un clima semiárido o árido con escasas precipitaciones. Hacia abajo se observa un material limo-arenoso muy fino, suelto, sin estructura sedimentaria evidente, pardo rojizo, con muñecos de tosca y nódulos de cementación férrica. La base esta representada por un banco, de mayor resistencia a la erosión hídrica, que conforma el lecho de la mayoría de los arroyos.

Entre el pampiano loésico de colores claros, y el pampiano con rasgos aluviales, color más rojo, no se observa un contacto entre ellos que permita establecer una relación estratigráfica clara. Edad: Pleistoceno Medio- Superior.

Geosuelo Estancia El Cerrito (Cantú, 1992)

Sobre los materiales de la Formación Pampiano se desarrolló un suelo muy evolucionado que ha sido descrito en numerosos perfiles de la región (Cantú y Becker, 1988). En el área de la cuenca del arroyo La Colacha este paleosuelo ha sido observado en barrancas de arroyos y cárcavas, y en todos los perfiles está representado por dos horizontes relícticos Bt1 y Bt2 (Figura 2.3.).

En el sector serrano, se han observado afloramientos de calcretos que apoyan y penetran en las rocas del basamento, presentando algunos rasgos pedológicos que podrían ser vinculados a este paleosuelo. Esta unidad se observa en forma discontinua y parcial ya que fue sometido a una intensa erosión al final del ciclo, aparentemente húmedo, que le dio origen.



Figura 2.3. Formación Pampiano con Geosuelo Ea. El Cerrito por encima Formación La Invernada con Geosuelo Las Tapias y remata Formación Lagunas Oscura con el suelo actual (Cantú, 1998).

El período de evolución del suelo ha sido muy largo, en un clima suficientemente cálido y húmedo y vinculado a una época interglaciaria o a un interstadial. La evolución de los calcretos se podría deber a la traslocación profunda de los carbonatos, y en especial a la condición de barrera impermeable que ejercen las rocas del basamento. Edad: Pleistoceno Superior.

Formación Chocancharava (Cantú, 1992)

Esta formación representa un ciclo aluvial-coluvial que si bien ha sido de gran envergadura, su manifestación se restringe en el área pedemontana a una estrecha faja de no más de 10km de ancho y, en la llanura, a estrechas fajas aluviales. En un sector cumbre de la sierra de los Chañares, principalmente en la parte central, en lomadas muy suaves, se describió el afloramiento más representativo. En la zona periserrana predominan facies diamícticas con varios niveles de calcretos evolucionados sobre material coluvial pertenecientes a la Fm Chocancharava que penetran la roca del basamento. En la cuenca media del arroyo La Colacha se describe un perfil (Figura 2.4.) que representa las facies aluviales de esta formación, con la particularidad de un desarrollo edáfico muy importante sobre estos materiales. Edad: Pleistoceno Superior.



Figura 2.4. Cuenca arroyo La Colacha, en la base Fm Chocancharava con Geosuelo La Colacha por encima Fm Laguna Oscura con el suelo actual (Cantú, 1998).

Geosuelo La Colacha (Cantú, 1998)

Sobre los sedimentos aluviales o coluviales de la Formación Chocancharava ha evolucionado un suelo que ha sido descrito por primera vez en perfiles de la cuenca del arroyo La Colacha. En un perfil se identificó un suelo asignado al Geosuelo La Colacha que presenta un horizonte Btb y un BCb con estructura prismática y abundantes cutanes de arcilla y humus (Figura 2.4.). En otro perfil, se encontró un suelo de menor desarrollo pedogenético, aunque completo, en el cual se ha desarrollado un horizonte Bwb con muy escasos cutanes de arcilla, que se asigna al Geosuelo La Colacha. Este suelo es probable que se encuentre muy disperso en la región, ya que hasta el momento ha sido descrito en la cuenca del arroyo La Colacha y en el arroyo Las Lajas (Cantú *et al.*, 2004), por lo que se podría establecer que no ha sido parte de una superficie continua sino tal vez parte de una evolución muy local en un ambiente semiárido. Edad: Pleistoceno superior tardío.

2.4.2.2. Pleistoceno-Holoceno

Formación La Invernada (Cantú, 1992)

En la cuenca del Arroyo La Colacha los sedimentos eólicos, loésicos, limo-arenosos muy finos, pardo amarillento, sin estructuras deposicionales visibles corresponden a esta Formación (Figuras 2.4.). En su base suele presentar canales de erosión poco profundos con un relleno generalmente más fino (limoso fino y arcilloso) y estructura laminar plana muy fina. Sobre estos materiales, se ha desarrollado un suelo que en algunos pocos sectores ha quedado expuesto (Geosuelo Las Tapias; Cantú, 1992).

En algunos sectores de la cuenca del arroyo La Colacha, los materiales de la Formación La Invernada apoyan en discordancia erosiva, sobre materiales coluviales de la Formación Chocancharava sobre el que se ha desarrollado un suelo bien evolucionado (posiblemente Argiudol típico) (Figura 2.4.). Por lo general, apoya en forma discordante sobre la Formación Pampiano, Formación Chocancharava o sobre el Geosuelo Ea. El Cerrito. Edad: Pleistoceno superior tardío a Holoceno bajo.

2.4.2.3. Holoceno

Geosuelo Las Tapias (Cantú, 1992)

Esta unidad edafoestratigráfica se desarrolló a partir de los materiales eólicos de la Formación La Invernada. Generalmente, se encuentra cubierto por los sedimentos eólicos de la Formación Laguna Oscura y sólo en algunos sectores planos, cercanos a las terrazas aluviales y en depresiones, se puede observar a este suelo aflorando. En la mayor parte de la cuenca del arroyo La Colacha el suelo fue cubierto por el material eólico del Holoceno superior sin ser erosionado y conservando todos los horizontes genéticos (Figura 2.3.). A través de varios trabajos (Becker, 1987; Becker *et al.*, 1996a, Becker *et al.*, 1996b, Cantú *et al.*, 1996) se estableció que el suelo es de tipo Brunizen (Hapludol típico, Soil Survey Staff, 1999) con un Bt incipiente que no cumple con todas las exigencias para ser considerado un horizonte argílico.

Cuando el suelo se encuentra aflorando, hay un enriquecimiento mineralógico probablemente debido a los aportes eólicos modernos (Becker, 1987). En el arroyo Spernanzoni y en algunos tramos del arroyo La Colacha por encima del Geosuelo Las Tapias completo se encuentra el eólico moderno con espesores que llegan a superar el metro (Figura 2.4.). Edad: Holoceno inferior y medio.

Formación Arroyo Las Lajas (Cantú, 1992)

En esta unidad litoestratigráfica se incluyen tanto facies aluviales, coluviales y lagunares que se encuentran aflorando en las terrazas del Arroyo La Colacha y sus afluentes principales.

Las facies aluviales que se encuentran en las terrazas del arroyo La Colacha están representadas, principalmente, por materiales arenosos finos y muy finos intercalados con limos, finamente laminados, que son cortados por algunos canales de corte y relleno. En la cuenca baja de los arroyos La Colacha y Spernanzoni, y en muchas cárcavas de la zona, se encuentran canales de diversa forma y tamaño. En muchos sectores los procesos erosivos

actuales han dejado al descubierto canales de fondo plano similar a las cárcavas actuales. En general, están rellenos con materiales coluviales producto de procesos de remoción y por materiales arenosos finos laminados o eólicos de la formación suprayacente.

En la depresión que rodea al Cerrito, se observan depósitos de materiales finos, limos y arenas muy finas, finamente laminadas, muy bioturbadas, con alto contenido de materia orgánica y evidencias de sedimentación en un medio subacuático anaeróbico. Intercalados, se encuentran bancos masivos arenosos finos de color pardo amarillento, que muestran evidencias de haberse depositado en un medio acuático pero más oxigenado. Cantú (1998) interpreta a estos eventos como asociados a lluvias torrenciales que provocaron la erosión de los materiales eólicos de la Formación La Invernada. Estos materiales apoyan en discordancia erosiva sobre distintas formaciones más antiguas y en algunos pocos sectores apoya concordante a la Formación Chocancharava. Edad: Holoceno medio a superior.

Formación Laguna Oscura (Cantú, 1992)

En esta unidad litoestratigráfica se incluyen los sedimentos eólicos de granulometría arenosa fina y muy fina dominante. Por lo general, domina la disposición en médanos longitudinales de rumbo N20° con estratificación planar entrecruzada escasamente perceptible.

En la cuenca del arroyo La Colacha se presenta como una disposición mantiforme y sin estructuras sedimentarias visibles. Los espesores son muy variables, alcanzando según lo observado en algunas perforaciones, más de 30 m de espesor. Los mayores espesores se observan en el sector norte de la cuenca, mientras que en el sector oeste son más reducidos, no superando la decena de metros. En el sur de la cuenca hay varias áreas donde no se encuentra, ya que aflora la Formación La Invernada, pero en otras se han medido hasta 15m de espesor. La granulometría dominante es de arenas finas y muy finas, mientras que las arcillas apenas superan el 9% y los limos

alcanzan al 18%. Mineralógicamente se manifiesta una cierta similitud con los materiales de la Formación La Invernada, dominando los materiales de origen volcánico y en menor proporción los minerales pampeanos (Becker, 1987).

Estos sedimentos eólicos se han depositado en forma discordante sobre los materiales de la Formación Pampiano, la Formación Chocancharava, la Formación Arroyo Las Lajas, la Formación La Invernada y el Geosuelo Las Tapias. En algunos sectores se ha observado un paso transicional entre estos sedimentos y los depósitos coluviales o aluviales de la Formación Arroyo Las Lajas. Edad: Holoceno superior.

Depósitos aluviales y coluviales actuales (Cantú, 1998)

Estos sedimentos se depositan en las terrazas de los arroyos y cárcavas y en las depresiones, especialmente las lagunas al pie del Cerrito. Presentan una alta dinámica con removilizaciones continuas ya que los depósitos coluviales y aún los aluviales pueden ser tomados por las aguas de una crecida y llevados incluso fuera de la cuenca. Los depósitos coluviales son producto del corte de las laderas por caída de suelo o deslizamiento. Por lo general, como el desplazamiento es muy corto quedan grandes bloques compuestos por los materiales del suelo, más compactados, en una masa con la granulometría de la formación involucrada. Generalmente, los materiales afectados corresponden a la Formación Laguna Oscura y Formación La Invernada. En algunas depresiones, ya sea en áreas de nacientes como en la depresión central, se producen depósitos diamícticos por erosión mantiforme.

Los materiales aluviales que se encuentran formando terrazas actuales dentro de los cauces de los arroyos y de las cárcavas mayores, involucran a otros materiales tanto aluviales como eólicos. En las cercanías de la sierra Los Chañares estas terrazas suelen estar conformadas por rodados de diverso tamaño, desde bloques hasta sabúlos y arenas gruesas, ordenados de forma granodecreciente. En crecidas más importantes estos depósitos gruesos son arrastrados fuera de la cuenca.

2.5. ESTRUCTURA

2.5.1. ESTRUCTURA REGIONAL

Las estructuras principales de las Sierras Pampeanas son fallas inversas de alto ángulo con inclinación de 50° a 70° hacia el bloque levantado, constituyendo fajas de fracturación compuestas por varias fallas. Las dislocaciones principales son meridianas a submeridianas (NNO-SSE) y presentan fallas transversales o diagonales que dividen a los bloques principales. Los bloques mayores presentan un suave basculamiento hacia el Este con una inclinación entre 2° y 8°, superando rara vez los 12°. Los bloques sobrecorren sobre los sedimentos más jóvenes del Mesozoico y Cenozoico, inclusive del Pleistoceno (Gordillo y Lencinas, 1979).

La estructura regional se define a través de las principales megaestructuras y algunas macroestructuras que tienen importancia en la definición de algunos rasgos, tanto en las sierras como en las planicies circundantes (Cantú, 1998). Las principales estructuras identificadas, agrupadas en familias según su rumbo son las fallas meridiano a submeridiano, E-O, 120°-150°N o 300°-330°N y 040°.060°N (Figura 2.5.)

Las fallas de rumbo meridiano a submeridiano son las más importantes, ya que definen grandes bloques diferencialmente desplazados que generan a lo largo de toda la planicie pampeana grandes condicionamientos para los sistemas de drenaje superficial y el movimiento del agua subterránea. Las fallas de rumbo E-O ejercen control en la mayoría de los principales ríos, determinan el hundimiento escalonado de las sierras de Comechingones y de Las Peñas, como así también, la ubicación de algunos sistemas volcánicos cretácicos al sur de la sierra de Comechingones (Cantú y Degiovanni, 1983).

En la familia de la Falla 060°N la más importante es la del río Piedras Blancas que limita la cuenca del Arroyo La Colacha por el Norte. Una falla de esta familia es relevante porque ha levantado la sierra de Los Chañares y al bloque del Cerrito.

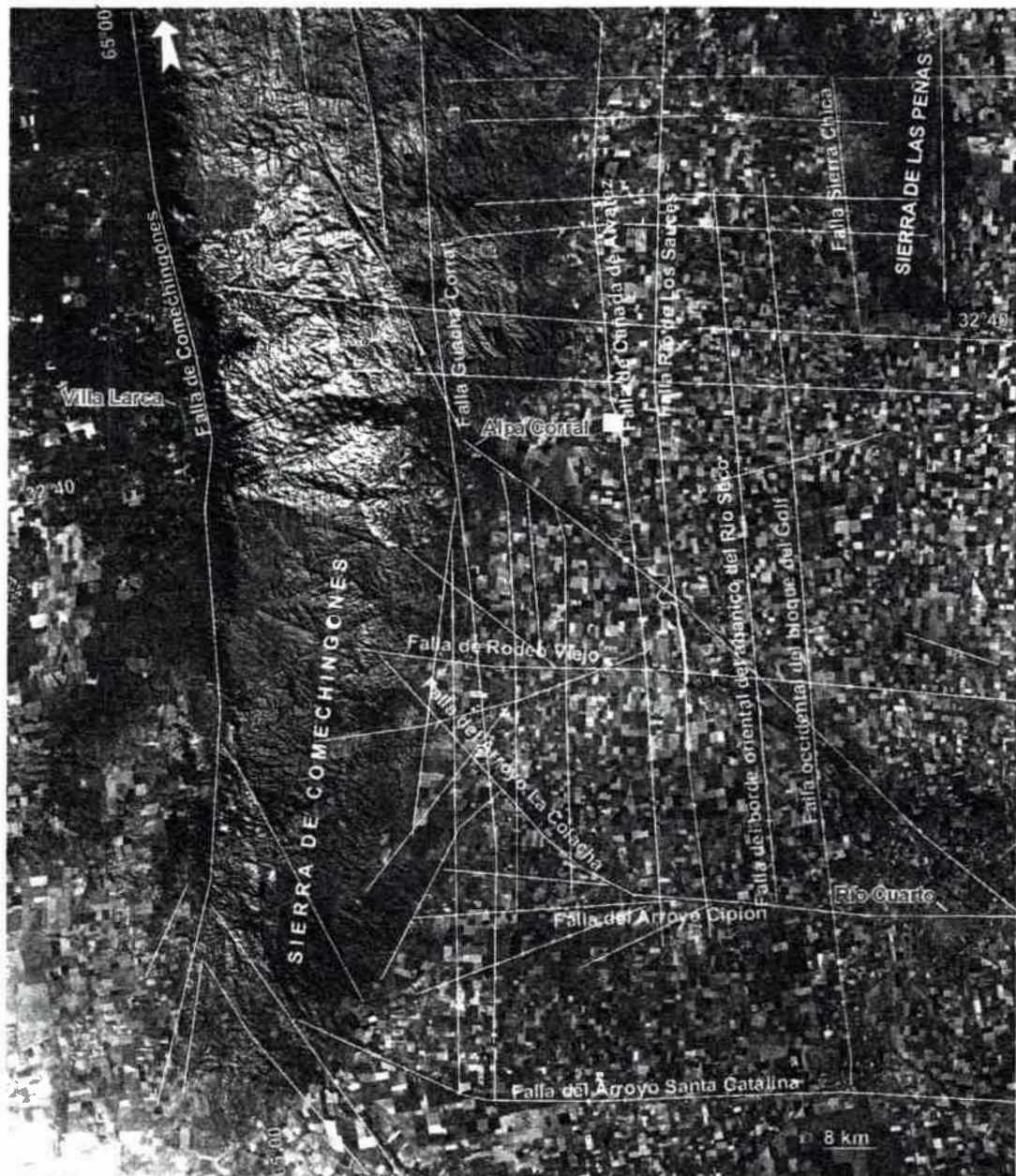


Figura 2.5. Estructura regional del sur de las sierras de Córdoba (Cantú, 1998).

Otra estructura correspondiente a la familia de azimuth 040°N es la falla de Las Lagunas, de carácter inverso, ubicada al NO de la localidad de Sampacho que presenta importantes rasgos neotectónicos superficiales como la expresión morfológica de una escarpa formada en materiales sueltos de hasta 8 metros de altura y una longitud aproximada de 24 metros, es considerada activa y tiene asociada sismicidad prehistórica, histórica y actual (Sagripanti *et al.*, 2003, 2005).

2.5.2. ESTRUCTURA LOCAL

Cantú (1998) estableció que la cuenca del arroyo La Colacha presenta estructuras relevantes para la definición de las formas del relieve actual y de la tendencia evolutiva de las mismas. Se describieron cuatro familias de fallas, la meridiana a submeridiana cuyos rumbos varían entre N y 020°N, la 060°N que varía entre 040°N y 075°N y la 130°N (Figura 2.6.). Las fallas de la familia E-O son de menor importancia dentro de la cuenca pero dos de ellas que se encuentran fuera del área condicionan los límites Norte y Sur.

Entre las fallas de mayor importancia definidas en la cuenca se pueden mencionar la de la sierra Los Chañares conformada por tres fallas subparalelas que se disponen con rumbo entre 045°N y 060°N, la Noroccidental 058°N y la Central 045°N. Estas dos últimas fallas, hacia el NE tienden a confundirse en una sola de rumbo 045°N. Estas fallas de carácter inverso definen el bloque de la sierra de Los Chañares y el límite noroccidental de la cuenca. El bloque de la sierra es dislocado por la falla Central definiendo dos bloques de menor escala basculados hacia el Sureste, generando condiciones geomorfológicas algo diferentes a ambos lados del mismo.

Por otro lado, la falla Suroriental de los Chañares 050°N que tiende paulatinamente a un rumbo E-O, junto con la falla submeridiana del arroyo Las Tapias, ambas de carácter directa, determinan el bloque levantado de Los Molles como un pequeño horst. Las fallas y fracturas del área ejercen un importante control en la red de drenaje, tal como, la falla del Cerrito de rumbo 065°N a 045°N que determina con una falla 110°N, la disposición de varias lagunas al pie del Cerrito; la del arroyo Spernanzoni 070°N define la Depresión Oriental y la traza del arroyo, y una fractura 075°N que controla el tramo final del arroyo Cipión o de Los Molles, antes de unirse a La Colacha.

La fractura submeridiana 010-020°N del arroyo Las Tapias, de carácter directa, es definida por claras evidencias estratigráficas y topográficas. La fractura occidental del río San Bartolomé, meridiana a submeridiana,

aparentemente de carácter normal, es importante porque separa dos ambientes tectónicos algo diferentes, el bloque Rodeo Viejo-La Morocha, que bascula hacia el Sur, del bloque de Los Chañares cuya dirección de basculamiento es hacia el SE.

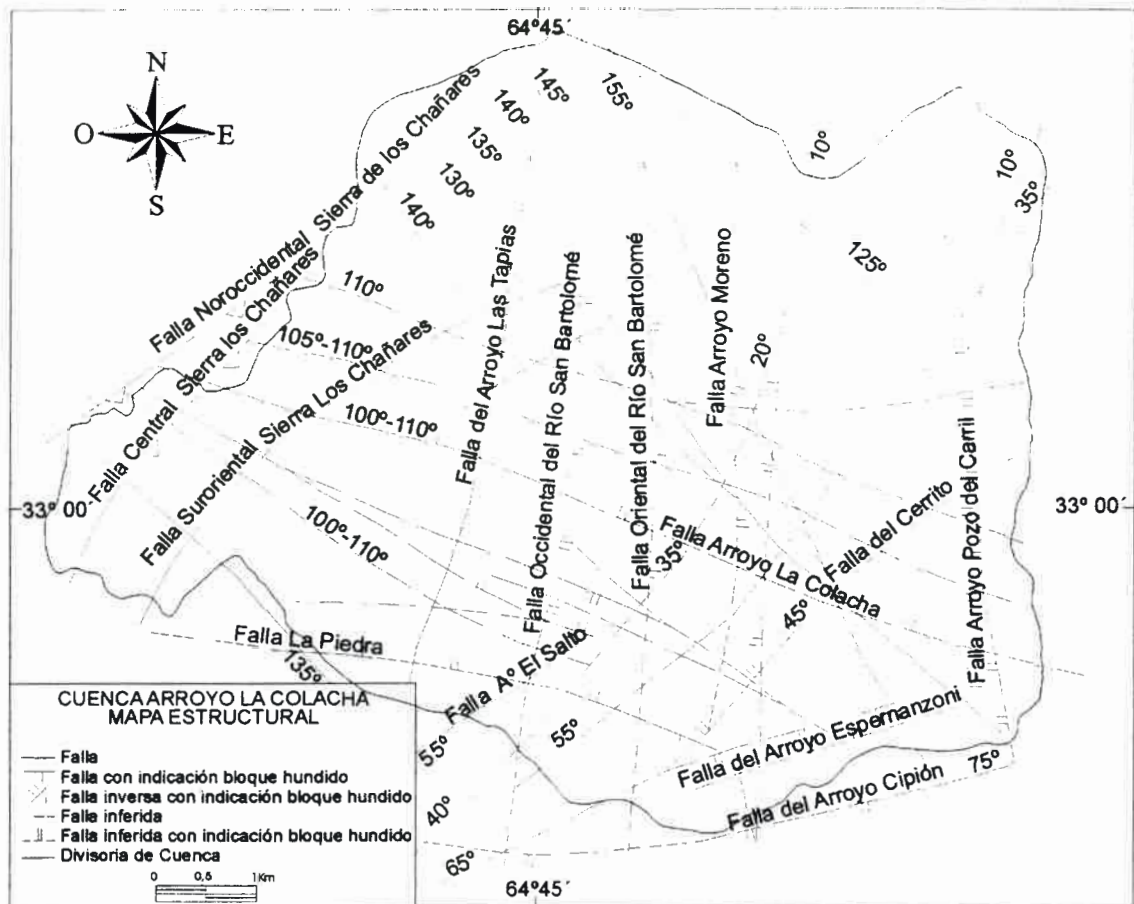


Figura 2.6. Estructura de la cuenca del arroyo La Colacha (Cantú, 1998).

Al Este de la fractura occidental del río San Bartolomé se han identificado cuatro fallas meridianas, de carácter normal, casi paralelas entre sí, que dislocan el bloque Rodeo Viejo-La Morocha, definiendo un escalonamiento que se eleva progresivamente hacia el Este. El sub-bloque más elevado y más largo que actúa como divisoria de cuenca, es el definido por la falla del arroyo Pozo del Carril, con continuidad hacia el sur controlando varios tramos cortos del arroyo Cipión y el arroyo La Barranquita, entre los rasgos más importantes.

La otra falla meridiana de este grupo es la del arroyo Moreno que determina un importante escalón tectónico en el Bloque Central, la elevación del Cerrito y hacia el Sur cambios bruscos de dirección en los arroyos. Una evidencia del tectonismo que afecta la región es la presencia del basamento cristalino en algunos lugares a 8m de profundidad, mientras que en otros a más de 35m.

En la cuenca otra falla de importancia es la de rumbo 130°N sobre la que se ubica el curso medio y bajo del arroyo La Colacha. La traza puede seguirse desde la sierra de Comechingones hasta el Bloque del Golf (Doffo y Degiovanni, 1993). Las otras fracturas de esta familia aparentemente sólo controlan la disposición de áreas de escurrimiento, cárcavas y pequeños cursos.

Las fallas de la familia 100°N a 125°N definen en conjunto un bloque tectónico alargado de rumbo SSE de más de 15km de longitud, que se encuentra afectado por las fracturas de rumbo meridiano y las de 060°N que determinan un cierto grado de escalonamiento.

Las fracturas E-O "*sensu stricto*" tienen escasa manifestación dentro de la cuenca, sólo se puede destacar la de La Piedra, que define el Bloque del mismo nombre, con basamento expuesto en superficie.

Cantú (1998) estableció a través de evidencias estratigráficas, topográficas y morfométricas que los lineamientos, de rumbo meridiano a submeridiano, tales como, la falla del arroyo Las Tapias, la occidental del río San Bartolomé, la del arroyo Moreno y las del arroyo Pozo del Carril, han tenido actividad neotectónica. Además, asociado a estas fallas presentes en la región y ubicadas espacialmente próximas a la zona de estudio, se han reconocido importantes deformaciones superficiales neógenas en materiales sueltos y evidencias cosísmicas vinculadas con la ocurrencia de paleoterremotos donde la sismicidad es frecuente, registrando terremotos históricos de hasta M6.0 grados. Todo ello es una evidencia de que en esta

región de interplaca las deformaciones neógenas con un pico en el Plioceno se continúan hasta el presente (Sagripanti *et al.*, 2005). Por ello, el relieve actual está profundamente relacionado a la actividad tectónica que provoca reajustes del nivel de base de los arroyos o el nivel básico de erosión y por lo tanto un continuo rejuvenecimiento del relieve.

2.6. GEOMORFOLOGIA

2.6.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

En el sur de la Provincia de Córdoba se reconocen dos Provincias Geomorfológicas, la Provincia Geomorfológica Sierras Pampeanas de Córdoba y la Provincia Geomorfológica Llanura Chaco Pampeana (Cantú y Degiovanni, 1984).

Provincia Geomorfológica Sierras Pampeanas de Córdoba

En esta Provincia Geomorfológica se incluyen las sierras de Comechingones, Las Peñas y Los Cóndores. La evolución geomorfológica está controlada por factores dinámicos como el estilo y la dinámica tectónica de las sierras Pampeanas y las oscilaciones climáticas del Cuaternario; y un factor estático como la litología que condiciona el modelado. El estilo tectónico establece la presencia de bloques meridianos a submeridianos con abruptas escarpas al oeste y pendiente suave hacia el este.

En el sector cumbre de la sierra se observan los restos de una antigua superficie de erosión (pediplanicie) que generalmente, conservan una espesa cobertura loésica cubriendo materiales producto de la intensa meteorización de las rocas graníticas. En estas superficies, especialmente en sus bordes, se han observado suelos de gran desarrollo, algunos con características vertisólicas, que no responderían a los climas actuales.

En el área pedemontana se desarrollaron superficies de erosión rodeando la sierra de Las Peñas y amplios sectores del borde oriental de la sierra de Comechingones (Degiovanni y Cantú, 1997). Esta superficie

considerada un glacis de erosión, en muchos sectores se encuentra cubierto por calcretos de origen edáfico ó sedimentario (Cantú *et al.*, 1996).

El sistema de drenaje esta controlado por los sistemas de fracturas dominantes conformando una red rectangular dendrítica. En las áreas de vertientes o nacientes los valles presentan formas suavizadas que al concentrarse forman valles con perfil transversal en UV. Este relieve juvenil se debe a la dinámica neotectónica y en especial al importante pulso del límite Pleistoceno-Holoceno (Cantú y Degiovanni, 1984). Por otra parte, aguas abajo, los valles son más elaborados con algunas terrazas aisladas o playas en sectores donde se desarrollan pseudomeandros, pero generalmente están fuertemente encajados con paredes casi verticales.

Los procesos activos de lecho son principalmente de incisión, surcos, ollas o marmitas, provocados por la torrencialidad y la turbulencia del agua en un lecho altamente rugoso. En algunos remansos es posible encontrar formas deposicionales transitorias que son borradas después de una crecida. Son comunes los saltos, rápidos y cañones, estos últimos producto del encajonamiento vertical por los ascensos diferenciales de las sierras durante el Pleistoceno y el Holoceno, y también las capturas por erosión retrocedente. En las laderas de los valles los fenómenos erosivos son el producto de procesos de remoción en masa: caídas de derrubios y rocas, deslizamientos de derrubios y rocas y en algunos casos avalanchas de derrubios (Cantú y Degiovanni, 1984).

Provincia Geomorfológica Llanura Chaco Pampeana

La Provincia Geomorfológica es una extensa planicie donde los principales rasgos geomorfológicos están vinculados con el control estructural por parte de las megaestructuras meridianas y submeridianas, asociadas a aquellas de rumbo Este-Oeste y en menor grado a las de rumbo 320°N y 060°N. Estos sistemas de fallas han controlado y controlan los sistemas de

drenaje, determinando depresiones y altos bien manifiestos a lo largo y ancho de la provincia de Córdoba.

Por otra parte, los grandes ciclos geomorfológicos vinculados a los diferentes climas generados durante el Cuaternario, y muy especialmente durante el Pleistoceno superior y el Holoceno, han determinado grandes ambientes geomorfológicos donde dominan procesos fluviales, fluvio-palustres y eólicos que determinan las litologías expuestas en la actualidad, los principales rasgos geomorfológicos y las grandes unidades de suelos (Cantú y Degiovanni, 1984).

2.6.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

La cuenca del arroyo La Colacha pertenece a las Provincias Geomorfológicas: Sierras Pampeanas de Córdoba y Llanura Chaco Pampeana (Cantú y Degiovanni, 1984).

El relieve actual es el resultado de procesos orogénicos producidos durante el Pleistoceno y el Holoceno (Cantú, 1992; Degiovanni y Cantú, 1997) y, principalmente del modelado por acción eólica e hídrica (Figura 2.7.) Los sedimentos aflorantes son predominantemente eólicos, loess areno-limosos, del Pleistoceno Superior tardío-Holoceno bajo y del Holoceno alto.

De acuerdo a Cantú (1992 y 1998) la región a partir de los 4000 años A.P. fue predominantemente árida con intercalación de algunos ciclos húmedos cortos. Recién después de la Pequeña Edad de Hielo (aprox. 1880) comienza a instalarse la mayor parte de la red fluvial a excepción de los grandes ríos que permanecieron activos, proceso que aún continúa, e implica una gran juventud de las formas actuales del relieve.

Cantú (1998) estableció en la cuenca del arroyo La Colacha, Asociaciones, Unidades y Subunidades Geomorfológicas que se presentan en la Tabla 2.2. y en la Figura 2.8.



Figura 2.7. Vista general de la cuenca del arroyo La Colacha.

El área de estudio de la presente investigación forma parte de la Asociación Geomorfológica Planicie Eólica, Unidad Alto Estructural Rodeo Viejo-La Morocha y Subunidad Pendientes.

La **Asociación Geomorfológica "Planicie Eólica"** cubre la mayor parte de las planicies onduladas donde el proceso geomorfológico principal ha sido el eólico vinculado al evento del Holoceno medio a alto de la Formación Laguna Oscura (Cantú, 1992) dominante en toda la superficie del área.

La **Unidad "Alto Estructural Rodeo Viejo-La Morocha"** ha sido definida con un criterio estructural ya que la impronta de estos procesos endógenos son todavía dominantes. Esta unidad está definida por la falla Rodeo Viejo de rumbo E-O, que determina un bloque basculado hacia el Sur que termina sobre la falla del arroyo La Colacha.

Tabla 2.2. Asociaciones, Unidades y Subunidades Geomorfológicas de la cuenca del arroyo La Colacha (Cantú, 1998).

PROVINCIA GEOMORFOLOGICA SIERRAS PAMPEANAS DE CÓRDOBA		Símbolo
Asociación Geomorfológica Pedimento Antiguo		I
<i>Unidad Pedimento antiguo fuertemente disectado</i>		I.1
<i>Unidad Pedimento antiguo moderadamente disectado</i>		I.2.
PROVINCIA GEOMORFOLOGICA LLANURA CHACO PAMPEANA		
Asociación Geomorfológica Planicie Eólica		II
<i>Unidad Lomas Estructurales</i>		II.1.
Subunidad Lomas fuertemente onduladas		II.1.1.
Subunidad Lomas bajas suavemente onduladas		II.1.2.
<i>Unidad Alto Estructural Rodeo Viejo-La Morocha</i>		II.2.
Subunidad Sector Cumbre		II.2.1.
Subunidad Pendientes		II.2.2.
<i>Unidad Alto Estructural Central</i>		II.3.
Subunidad Interfluvio del arroyo La Colacha		II.3.1.
Subunidad Pendientes Norte		II.3.2.
Subunidad Sector cumbre		II.3.3.
Subunidad Pendientes Sur		II.3.4.
Subunidad Lomas bajas		II.3.5.
<i>Unidad Loma baja del Cipión</i>		II.4.
Asociación Geomorfológica Pedimento antiguo cubierto		III
<i>Unidad Pedimento cubierto Los Molles</i>		III.1.
<i>Unidad Alto Estructural La Piedra</i>		III.2.
Asociación Geomorfológica Planicie Aluvial		IV
<i>Unidad Plano Aluvial del Pozo del Carril</i>		IV.1.
<i>Unidad Terrazas Holocenas</i>		IV.2.
Asociación Geomorfológica Planicie Deprimida		V
<i>Unidad Planicie Deprimida Occidental</i>		V.1.
<i>Unidad Escalón Norte Depresión Central</i>		V.2.
<i>Unidad Depresión Central</i>		V.3.
<i>Unidad Escalón Sur de la Depresión Central</i>		V.4.
Subunidad Pendiente occidental		V.4.1.
Subunidad Planicie estructural		V.4.2.
<i>Unidad Depresión Oriental</i>		V.5.
Asociación Geomorfológica Alto Estructural El Cerrito		VI
<i>Unidad Sector Cumbre</i>		VI.1.
<i>Unidad Sector Laderas</i>		VI.2.

Este bloque basculado hacia el Sur ha sido fracturado por una serie de fallas meridianas que determinaron un marcado escalonamiento hacia el Oeste y Este. El modelado general de la unidad es el resultado de los procesos de incipiente instalación de la red de drenaje.

En la Unidad Alto Estructural Rodeo Viejo-La Morocha la mayor parte de los cursos no son permanentes, en muchos casos son discontinuos con tramos encauzados (cárcavas) y tramos donde el agua se dispersa o se insume. En los últimos 30 años varios de estos cursos han alcanzado el acuífero libre y han pasado a ser permanentes.

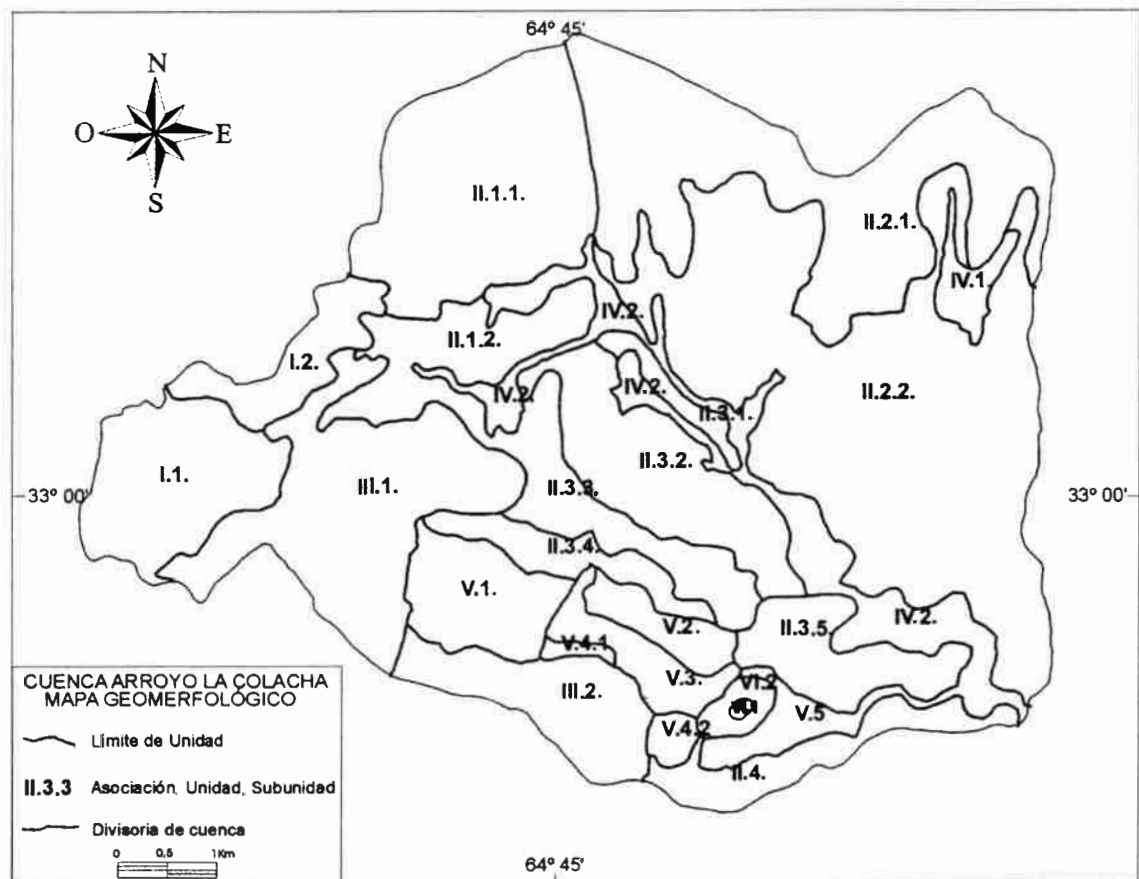


Figura 2.8. Mapa geomorfológico cuenca arroyo La Colacha (Cantú, 1998).

La **Subunidad "Pendientes"** es un sector moderado a fuertemente ondulado formado por pendientes asociadas que presenta un modelado producto de la erosión hídrica y de la instalación de un sistema fluvial en un estadio muy juvenil de desarrollo.

Las pendientes principales conforman un conjunto de lomadas suavemente inclinadas al Sur, extremadamente largas, 3000 y 5000m de largo con un gradiente de aproximadamente el 2%. Las pendientes locales, que bajan hacia el Este, Sureste, Oeste y Suroeste hacia los sistemas de drenaje paralelo son algo más cortas, 1200 a 1800m y con gradientes mucho más fuertes, superando en algunos casos el 7%.

En esta subunidad son dominantes los procesos de erosión hídrica, presentando sectores con fuerte erosión laminar donde se ha perdido casi todo el horizonte A de los suelos y sectores con alta densidad de surcos. Las cárcavas son de tamaño muy variado, algunas sólo alcanzan de 2 a 4m de ancho por 2m de profundidad con un largo que no supera los 100m, mientras que, aunque mucho menos numerosas, hay cárcavas de 10-15m de ancho por 4m de fondo y varias centenas de metros de largo (Figura 2.9.). En sólo dos casos las cárcavas son zanjones de más de una centena de metros de ancho, 4 a 5m de profundidad y más de 1000m de largo.

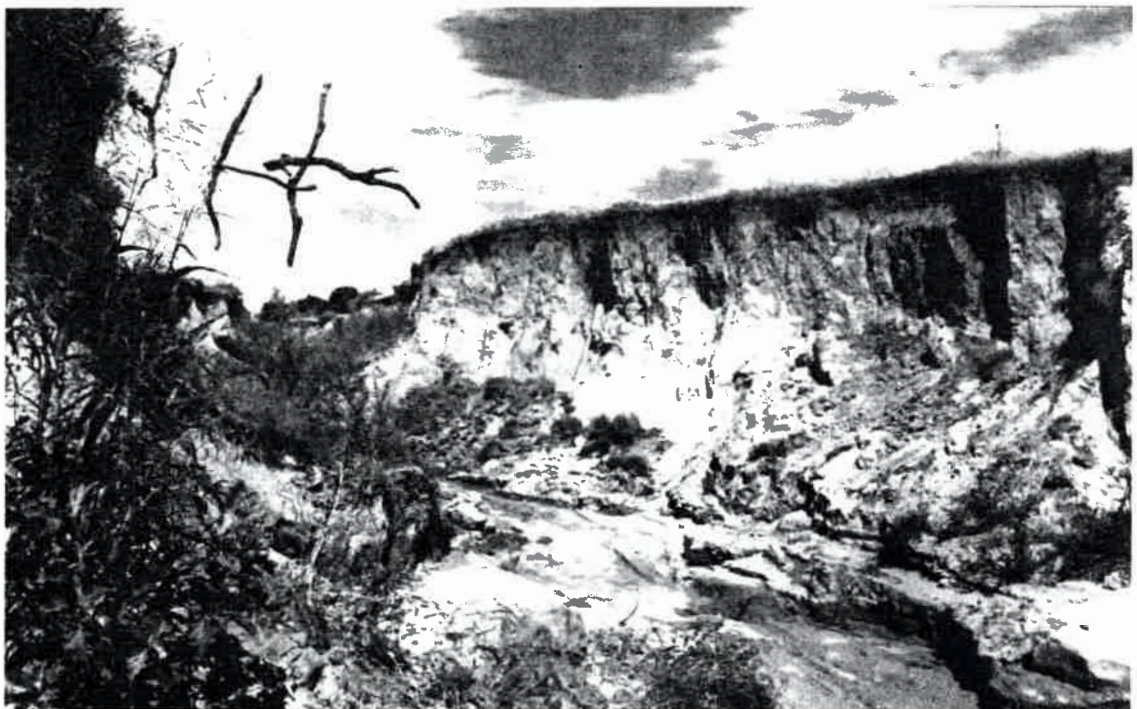


Figura 2.9. Procesos de erosión hídrica en la subunidad "Pendientes".

La erosión eólica es mucho menos importante y afecta sólo al horizonte superficial del suelo, aunque en la media loma baja y al pie de la pendiente, en el sector oriental de la cuenca se han observado cubetas de deflación de dimensiones variables, con médanos parabólicos asociados. Por la disposición de las zonas de acumulación, los vientos que le han dado origen son del NE (020°N) siendo aparentemente formas históricas, vinculadas a años con fuertes períodos de sequía.

2.7. SUELO

En la cuenca del arroyo La Colacha, Cantú (1998) elaboró la Carta de Suelos y estableció las Unidades Cartográficas de Suelos y la Capacidad de Uso, que se presentan en la Tabla 2.3. y en la Figura 2.10., respectivamente.

La presente investigación se ha desarrollado en pendientes donde se identifican suelos pertenecientes a la Asociación Rodeo Viejo (RoV), evolucionados sobre los sedimentos loésicos arenosos muy finos, dispuestos en forma mantiforme, de la Formación Laguna Oscura (Cantú, 1992) del Holoceno medio a alto.

La composición de la Asociación Rodeo Viejo esta dominada por el suelo Rodeo Viejo (80%), en su concepto central, acompañada por la fase fuertemente ondulada (15%) y 5% de inclusiones similares.

Los suelos de la asociación Rodeo Viejo (RoV) ocupan la mayor parte de la subunidad "Sector Cumbre" y las áreas suavemente onduladas, de las lomadas que bajan hacia el arroyo La Colacha, de la subunidad "Pendientes" de la Unidad Geomorfológica "Alto Estructural Rodeo Viejo-La Morocha". Los suelos de esta asociación también ocupan todos los sectores cumbrales y las pendientes moderadas de la subunidad "Lomas moderadamente onduladas" de la Unidad "Lomas Estructurales"; la mayor parte de la subunidad "Sector Cumbre" del "Alto Estructural Central" y el sector al este de la falla oriental del arroyo Las Tapias de la Unidad "Alto Estructural La Piedra".

Tabla 2.3. Unidades Cartográficas de Suelos y Capacidad de Uso de la cuenca arroyo La Colacha (Cantú, 1998).

Símbolo	Nombre de la unidad	Capacidad de uso	%
LAg	Asociación La Aguada	IVe	13,39
LAg1	Asociación La Aguada-La Aguada moderadamente ondulada	IIles	6,71
LAg2	Asociación La Aguada- La Aguada severamente erosionada	IVes	1,05
LAg3	Asociación La Aguada moderadamente ondulada	IIles	2,93
LMo	Asociación Los Molles-La Aguada	IVs	0,69
LMo1	Asociación Los Molles	Vles	2,22
RoV	Asociación Rodeo Viejo	Ile	29,29
RoV1	Asociación Rodeo Viejo moderadamente erosionada 1	IIle	4,41
RoV2	Asociación Rodeo Viejo moderadamente erosionada 2	IIle	6,14
RoV3	Asociación Rodeo Viejo-Speranzoni	Ile	14,05
RoV4	Asociación Rodeo Viejo-La Aguada moderadamente ondulada	IIIs	1,45
RoV5	Asociación Rodeo Viejo fuertemente ondulada- La Aguada	IVe	0,56
Sp	Asociación Speranzoni	IIIw	1,69
CoEC	Complejo El Cerrito	VIws	1,28
CoLC	Complejo La Colacha	IVws	5,36
CoPC	Complejo Aluvial ArroyoPozo del Carril	VIIle	0,86
CoR	Complejo Roca-Los Molles	VIIes	5,24
CoR1	Complejo Roca	VIIIIs	0,08
CoSp	Complejo Speranzoni	IIw	0,69
CoAG	Complejo Aluvial Arroyo Grela	VIIew	1,91

La fase fuertemente ondulada se ubica en los sectores cóncavos donde se inicia la pendiente y las inclusiones son la fase por erosión moderada de

Rodeo Viejo, que en el área presenta las menores limitaciones para la actividad agrícola.

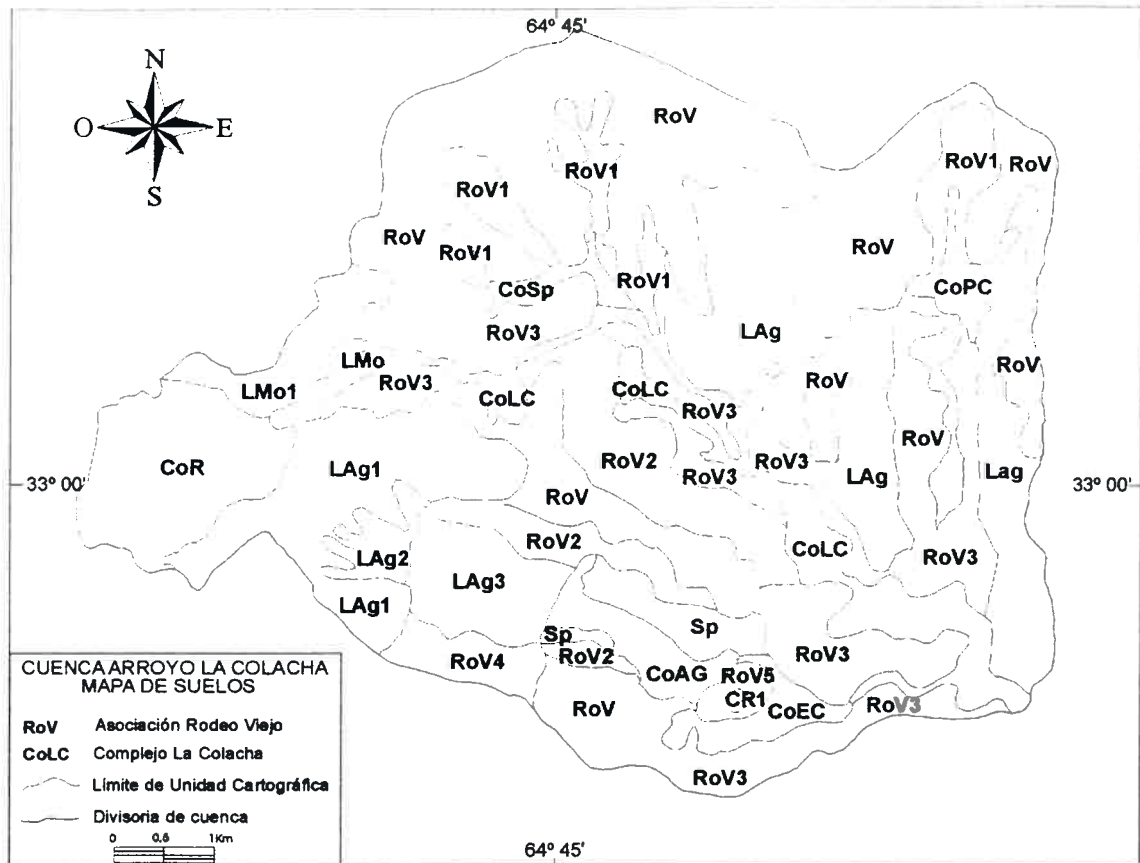


Figura 2.10. Carta de suelos cuenca arroyo La Colacha (Cantú, 1998).

2.8. USO DE LA TIERRA

La región pedemontana del sur de la provincia de Córdoba de acuerdo a Cantú *et al.*, (1998) pertenecía a un inmenso latifundio de más de 500.000 hectáreas que entre el 1600 y 1900 se fue subdividiendo parcialmente entre los herederos del fundador de la ciudad de Córdoba. El uso de la tierra durante los primeros tres siglos fue ganadero dedicado a la cría de vacunos, ovejas, yegüarizos y mulas. En esta etapa se produce una profunda modificación ecológica debido a la desaparición progresiva de las principales leñosas para ampliar las áreas de pastoreo y producir leña para la población, y posteriormente ser utilizada en el ferrocarril. Por otra parte, es importante

destacar la pérdida de muchos pastos naturales por mal manejo de los rodeos y quemas mal planificadas.

A fines del Siglo XIX con la construcción del ferrocarril se instalan numerosas colonias en la región, entre las que se pueden citar, Colonia Sampacho, Colonia Suco y La Lagunilla. Sin embargo, en la cuenca del arroyo La Colacha persisten las estancias durante toda la primera mitad del Siglo XX, aunque es importante destacar que se produce una expansión de la agricultura, limitada a arrendatarios, sin maquinarias, que utilizaban pequeñas fracciones de campo para la obtención de granos (trigo) por un tiempo determinado (uno o dos ciclos) y luego debían dejar pasturas instaladas (generalmente alfalfa, avena o centeno).

A mediados del Siglo XX, cuando el Gobierno Nacional estudiaba la posibilidad de una Reforma Agraria se produce una gran subdivisión de la tierra provocada por los propietarios que venden parte de las tierras en unidades de 200 a 400 hectáreas y comienza la colonización del sector.

A partir de 1950, los adjudicatarios de los loteos de las estancias más importantes hasta ese momento como las Estancias El Cerrito y parte de La Aguada, dedican la mayor parte de la llanura a la producción mixta, combinando la agricultura con la ganadería de engorde de bovinos y cría de porcinos. Al comienzo la producción era de grano fino, invernal, principalmente trigo y en menor grado lino, combinada con verdeos de invierno (avena y centeno). El maíz, que tenía una antigua tradición en la zona, pasó a predominar rápidamente sobre los cultivos de invierno que prácticamente desaparecen por el alto grado de inseguridad climática (inviernos secos) y por la intensa sequía del período 1950-1954.

En la década del 60 se introduce el girasol y en la década del 70 la soja que desplaza fuertemente al maíz a pesar de su uso como grano para la cría del cerdo. En los 80 la aparición del denominado Mal de Río Cuarto provoca

una nueva disminución del área dedicada a la producción de maíz. Durante esa década y principios de los 90 la persistencia de un clima más húmedo llevó a muchos productores a introducir el maní pero resultó un gran fracaso (Cantú, 1998). En la actualidad domina el cultivo de la soja con algunas fluctuaciones dependientes del mercado internacional.

El manejo agrícola de las primeras décadas resultó de la incorporación de las técnicas utilizadas en Europa traídas por la inmigración, por lo que predominó el uso del arado de vertedera y la denominada Labranza Convencional (LC). En la década del 90 se generaliza el uso de agroquímicos (herbicidas, plaguicidas, etc.) y fertilizantes, y la aparición y expansión de nuevas técnicas de labranza como la Labranza Reducida o Vertical (LR) y la Siembra Directa (SD). Las prácticas de conservación frente a los problemas de erosión hídrica y eólica, el uso de "mulches" y la restitución de la materia orgánica son escasamente utilizadas (Cantú *et al.*, 2001).

El sistema de labranza más utilizado en la cuenca es la siembra directa, sin embargo, es importante destacar que la mayoría de los agricultores utiliza este sistema sin aplicación de fertilizantes y en muchos casos con el pastoreo del rastrojo, aun cuando el cultivo es soja. Por otro lado, se ha observado que después de 5 ó más años de implementación de la siembra directa, en el ciclo 2003-2004 se comenzó a realizar alguna labor con arado de cincel y rastra de disco, previa a la siembra.

En la actualidad el uso de la tierra más importante en la cuenca del arroyo La Colacha es predominantemente agrícola, en segundo término agricultura con ganadería subordinada y por último la ganadería.

2.9. SITIOS EXPERIMENTALES

Se seleccionaron los sitios experimentales en los cuales se llevó a cabo la presente investigación teniendo en cuenta la representatividad de las

características morfolíticas, pendiente, erosión potencial, suelos, y el uso y manejo, entre otras, del área de la cuenca de La Colacha. Los sitios son denominados: "**Pendiente Pozo del Carril**" y "**Pendiente El Vertedero**".

2.9.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

La pendiente Pozo del Carril esta ubicada en el campo de Docencia y Experimentación de la Universidad Nacional de Río Cuarto. El campo de aproximadamente 200 ha, pertenecía al Consejo Agrario Nacional (C.A.N.) y mediante donación en la década del 80, fue transferido a la provincia de Córdoba, período en el cual estuvo abandonado.

La provincia de Córdoba, a través de un convenio, celebrado en 1984, cede a título de préstamo a la Universidad Nacional de Río Cuarto el inmueble rural hasta 1990. Es importante destacar que durante el período de préstamo, la universidad realizó un uso agrícola y ganadero, sin prácticas de conservación, que provocaron un incremento de la degradación física, tal como aumento de la compactación superficial y subsuperficial, motivo por el cual se produjeron importantes procesos erosivos (Gesumaria, comunicación personal). En 1991 la provincia de Córdoba cede en donación a la Universidad Nacional de Río Cuarto, el inmueble rural y por disposición del Consejo Superior de la UNRC se impone el funcionamiento, manejo y administración del mismo a la Facultad de Agronomía y Veterinaria.

Posteriormente, docentes e investigadores de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (UNRC) a través del Proyecto "Efecto de distintos Sistemas de Labranzas en la Producción y Protección Agrícola de una Explotación Mixta" (SeCyT-UNRC) diseñaron, desde 1995, en un sector denominado "*área de pendientes*" del Campo Experimental, un sistema agrícola diversificado, bajo tres sistemas de labranza: directa, reducida y convencional, con y sin fertilización, con y sin pastoreo, representando doce condiciones de manejo. A partir de 1999 con el Programa "Desarrollo de Alternativas Tecnológicas para Producción Agropecuaria Sustentable en el Oeste de Río Cuarto" (SeCyT-UNRC) se continúa con las actividades en el ensayo.

En la parte superior de la pendiente esta ubicada la siembra directa y hacia abajo la labranza reducida y la labranza convencional, respectivamente, como muestra la Figura 2.11.

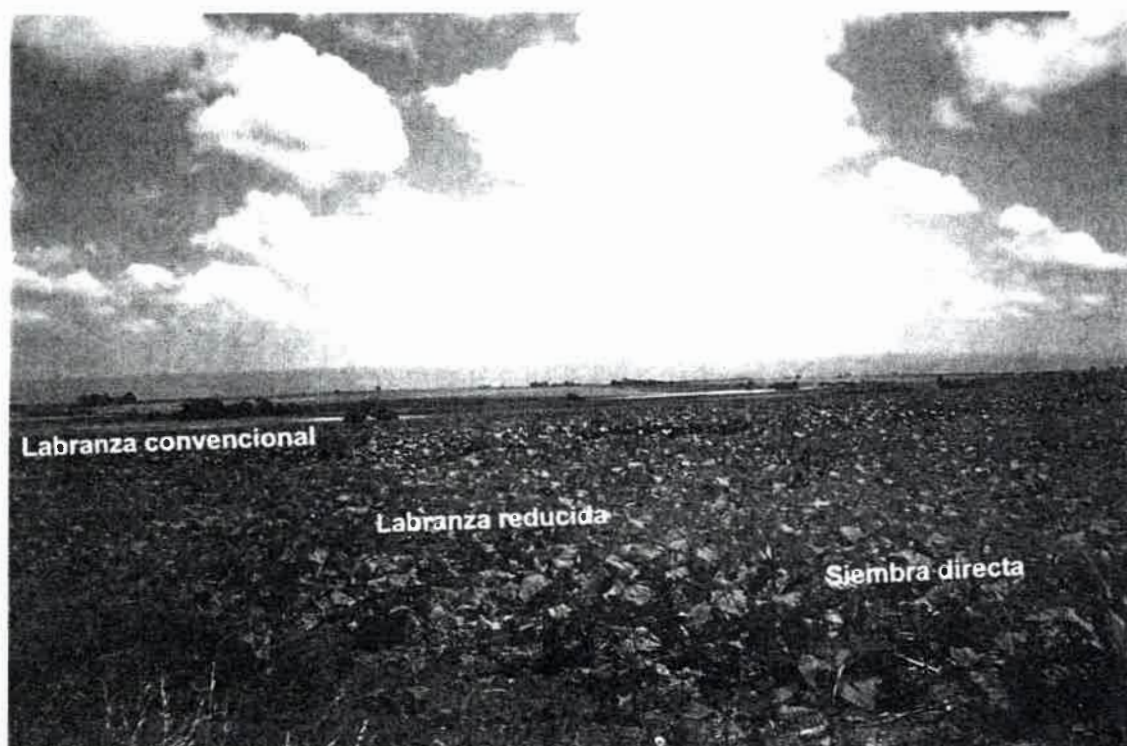


Figura 2.11. Ubicación en la pendiente Pozo del Carril de los sistemas de labranza.

El área de cada uno de los tratamientos es de 1875m². Las labores se realizan cortando la pendiente. La secuencia de labores realizadas en la Siembra Directa (SD), Labranza Reducida (LR) y Labranza Convencional (LC) durante el período estudiado (2000-2003) fue la misma y se detallan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Secuencia de labores en Siembra Directa, Labranza Reducida (LR) y Labranza Convencional (LC) durante el período 2000-2003.

Siembra Directa	Labranza Reducida	Labranza Convencional
Aplicación de herbicida, Glifosato (3 L ha ⁻¹)	Arado de cinceles (2 labores) Rastra de disco tiro excéntrico (1 labor)	Arado de rejas (1 labor) Rastra de disco tiro excéntrico (1 labor)

Los sistemas presentan una secuencia de cultivos primavera-estival de cereal y oleaginosa del mismo ciclo. El sistema se inició en el ciclo 1995/1996 con maíz (*Zea Maiz*) y en el ciclo 1996/1997 con girasol (*Helianthus annuus*) sucesivamente. En la Tabla 2.5. se presenta la secuencia de cultivos y la fertilización realizada durante el período de estudio.

Tabla 2.5. Secuencia de cultivos y fertilización durante el período 2000-2003.

Ciclo	Cultivar	Fertilización
2000-2001	Girasol (Maiten)	Siembra: Urea [100 Kg ha ⁻¹] + Fosfato Diamónico [65 Kg ha ⁻¹]
2001-2002	Maíz (Dekalb 669)	Siembra: Fosfato Diamónico [100 Kg ha ⁻¹] Seis hojas: Urea [90 Kg ha ⁻¹]
2002-2003	Maíz (Nidera 884)	Siembra: Fosfato Diamónico [138 Kg ha ⁻¹] Seis hojas: Urea [137 Kgha ⁻¹]

El control químico de malezas se realizó en todas los sistemas de labranza, previo a la siembra con un herbicida total. Posterior a la siembra se aplicaron herbicidas y plaguicidas para mantener el ensayo libre de malezas e insectos, como se detalla en la Tabla 2.6.

La situación sin pastoreo consistió en no permitir el pastoreo en ningún momento desde que se instaló el ensayo. En los tratamientos con pastoreo, los rastrojos de los cultivos anteriores fueron pastoreados con vacas de aproximadamente 400kg de peso, hasta lograr la máxima cantidad de consumo de los mismos en el área dependiendo de la digestibilidad. La secuencia de pastoreo se expresa en la Tabla 2.7.

Tabla 2.6. Control de malezas en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Ciclo	Siembra Directa	Labranza Reducida	Labranza Convencional
2000-2001	Pre siembra Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]	Pre siembra Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]	Pre siembra Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]
	Pre emergencia Metolacloro [960 g ha ⁻¹]+ Prometrina [800 g ha ⁻¹]	Pre emergencia Metolacloro [960 g ha ⁻¹]+ Prometrina [800 g ha ⁻¹]	Pre emergencia Metolacloro [960 g ha ⁻¹]+ Prometrina [800 g ha ⁻¹]
	Post emergencia Fluazifop [90 g ha ⁻¹]	Post emergencia Fluazifop [90 g ha ⁻¹]	Post emergencia Fluazifop [90 g ha ⁻¹]
	Pre siembra Glifosato [1,44 kg ha ⁻¹]		
	Pre emergencia Atrazina [1,8 Kg ha ⁻¹]+ Metolacloro[1,24 Kg ha ⁻¹]	Pre emergencia Atrazina [1,8 Kg ha ⁻¹]+ Metolacloro[0,96kg ha ⁻¹]	Pre emergencia Atrazina [1,8 Kg ha ⁻¹]+ Metolacloro[0,96 kg ha ⁻¹]
2002-2003	Pre siembra Glifosato [1,44 kg ha ⁻¹]		
	Pre emergencia Atrazina [1,35 Kg ha ⁻¹]+ Acetoclor [1,0 kg ha ⁻¹]	Pre emergencia Atrazina [1,35 Kg ha ⁻¹]+ Acetoclor [1,0 kg ha ⁻¹]	Pre emergencia Atrazina [1,35 Kg ha ⁻¹]+ Acetoclor [1,0 kg ha ⁻¹]
	Post emergencia Imazapic + Imazapir [44 + 15 g ha ⁻¹]	Post emergencia Imazapic + Imazapir [44 + 15 g ha ⁻¹]	Post emergencia Imazapic + Imazapir [44 + 15 g ha ⁻¹]

Nota: Las dosis de los diferentes herbicidas se expresan en principio activo.

Tabla 2.7. Secuencia de pastoreo de la pendiente Pozo del Carril.

Año	Período	Número de animales	Digestibilidad
2000	25 - 29 Mayo	6	0,50
2001	26 Agosto - 1 Septiembre	5	0,35
2002	28 Agosto - 3 Septiembre	5	0,50

2.9.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

La pendiente El Vertedero esta ubicada en una parcela de aproximadamente 40 ha en un campo particular de 150ha. El inmueble rural es administrado desde 1950 por el mismo propietario. A partir de 1997 se

implementó la siembra directa en la parcela donde esta ubicada la pendiente. En la Figura 2.12. se puede apreciar una vista de la pendiente El Vertedero.



Figura 2.12. Vista de la pendiente El Vertedero.

El sistema de producción utilizado es agrícola con fertilización y pastoreo de rastrojo. La secuencia de cultivos es primavera-estival de cereal y oleaginosa. El sistema se inició en el ciclo 1997/1998 con el cultivo de maíz (*Zea mays*) y en el ciclo 1998/1999 con soja (*Glycine max*), sucesivamente, con una interrupción en el ciclo 2002/2003 de sorgo forrajero (*Sorghum*).

El control de malezas fue químico y el mismo se efectúa previo a la siembra con un herbicida total. Posterior a la siembra se aplicaron herbicidas y plaguicidas para mantener la parcela libre de malezas e insectos.

En la Tabla 2.8 se detalla la secuencia de cultivos, la fertilización y control de malezas en la pendiente El Vertedero en el período 1999-2003.

Tabla 2.8. Secuencia de cultivos, fertilización y control de malezas en la pendiente El Vertedero para el período 1999-2003.

Ciclo	Cultivar	Plaguicidas	Fertilizantes
1999- 2000	Maíz (Morgan 371)	Pre siembra	Siembra:
		Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]	Fosfato Diamónico
		Pre emergencia	[70 Kg ha ⁻¹]
		Atrazina [1,8 Kg ha ⁻¹] + Cipermetrina [1,3 Kg ha ⁻¹]	Seis hojas: Urea [50 Kg ha ⁻¹]
2000- 2001	Soja (Nidera 6)	Pre siembra	
		Pre emergencia	
		Post emergencia	
		Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]	
2001- 2002	Sorgo forrajero (Pastoril)	Pre siembra	Siembra:
		Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]	Fosfato Diamónico
			[50 Kg ha ⁻¹]
2002- 2003	Soja (Don Mario 4800)	Pre siembra	
		Pre emergencia	
		Post emergencia	
		Glifosato [1,2 kg ha ⁻¹]	

Nota: Las dosis de los diferentes herbicidas se expresan en principio activo.

El pastoreo del rastrojo de los cultivos anteriores fue realizado con vacas de aproximadamente 400kg de peso cada una, hasta alcanzar la máxima cantidad de consumo de los mismos dependiendo de la digestibilidad. El área de cada sección de la pendiente es de 400m². La secuencia de pastoreo efectuada en la pendiente se muestra en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Secuencia de pastoreo de la pendiente El Vertedero.

Año	Período	Número de animales	Digestibilidad
2000	9 - 12 Agosto	1	0,50
	20 - 24 Febrero	1	0,60
2002	20 - 23 Marzo	1	0,60
	25 - 29 Abril	1	0,60
	2 - 6 Junio	1	0,60

CAPITULO 3

METODOLOGIAS

En el presente capítulo se reseñan las metodologías aplicadas en la caracterización climática, geomorfológica, de los suelos, de la vegetación, como así también, aquellas vinculadas a las mediciones directas y las estimaciones indirectas de las pérdidas de suelo por erosión hídrica laminar.

El desarrollo metodológico se presenta de forma breve en aquellas metodologías utilizadas que son ampliamente conocidas, tales como, las relacionadas al clima, vegetación, geomorfología, suelo y sus propiedades. Sin embargo, se realiza un desarrollo más amplio de las metodologías utilizadas con relación a las mediciones directas y especialmente en las estimaciones indirectas de pérdidas de suelo por erosión hídrica laminar a través de un modelo de base física, debido por un lado a que hasta el momento no se tiene conocimiento en el país de mediciones directas a través de colectores de sedimentos (tipo Gerlach), y, por otro lado, en relación a las estimaciones indirectas de las pérdidas de suelo por ser un método escasamente desarrollado en Argentina.

3.1. CARACTERIZACION CLIMATICA

A partir de la caracterización de los parámetros climáticos establecidos por Cantú (1998) para la cuenca del arroyo La Colacha (Capítulo 2, ítem 2.2.), se efectuó la actualización de los mismos. Por otra parte, se generó información proveniente de la incorporación de datos climatológicos de estaciones instaladas en el área de investigación. Se utilizó para ello la información procedente de las Estaciones Meteorológicas Establecimiento Los Chañares y de la Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Además, se incorporaron las Estaciones Meteorológicas La Aguada y Rodeo Viejo, que si bien presentan series de datos cortos, tienen la ventaja de estar ubicadas en los sitios donde se realizan los estudios con mayor detalle de la presente investigación. En la Figura 3.1. se muestra la ubicación de las estaciones mencionadas.

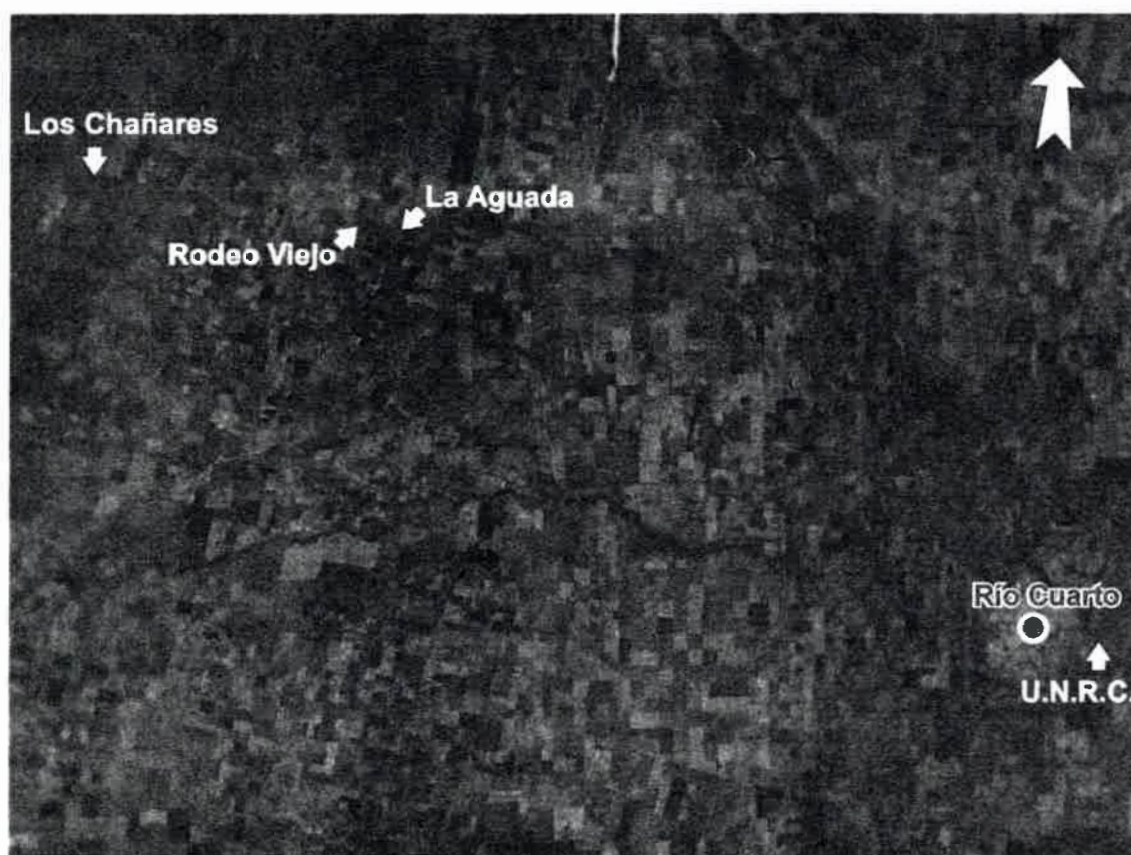


Figura 3.1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

La Estación Los Chañares, perteneciente a la Dirección de Agua y Saneamiento de la Provincia de Córdoba, está ubicada en el área serrana de la cuenca del arroyo La Colacha (Latitud 33°01'45" S; Longitud 64°43'15" O y a 775m s.n.m.) con una serie desde 1941 hasta la actualidad. Es de destacar que los datos de esta estación son muy importantes no sólo por la disponibilidad de los mismos, tales como precipitación (tipo, cantidad, hora de inicio y de finalización), vientos (dirección e intensidad) y días de heladas; frecuencia; cualidad de extensión, sino también por la responsabilidad de la persona que toma los datos.

La Estación Agrometeorológica y las Meteorológicas de La Aguada y Rodeo Viejo, integran la red de Estaciones Meteorológicas de la Universidad Nacional de Río Cuarto y dependen del área de Climatología y Fenología Agrícola (Facultad de Agronomía y Veterinaria). Es importante destacar la alta confiabilidad de los datos, por el grado y nivel de instrumentación, como así

también, por la preparación y responsabilidad de las personas encargadas del equipamiento, toma de datos, y tratamiento de la información.

La Estación Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto ubicada en el Campus Universitario a 6km de la ciudad homónima (Latitud 33°06'00" S; Longitud 64°18'00" O y a 440m s.n.m.), posee una serie desde 1976 hasta la actualidad. Esta Estación provee información diaria de temperatura, precipitación (tipo, cantidad, hora de inicio y de finalización), vientos (dirección, velocidad y frecuencia), humedad relativa y heliofanía.

La Estación La Aguada esta ubicada en el campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto a 5km del paraje La Aguada (Latitud 33°18'00" S; Longitud 64°38'00" O y a 610m s.n.m.) con una serie desde 1994 hasta la actualidad. Esta instalada en el sector cumbral de la pendiente "Pozo del Carril" y provee información diaria de la temperatura del aire (máxima, mínima y media), temperatura media del suelo, precipitación y radiación solar.

La Estación Meteorológica Automática Rodeo Viejo está ubicada en un campo particular a 3km del Paraje Rodeo Viejo (Latitud 32°57'00" S; Longitud 64°41'00" O y a 640m s.n.m.) con una serie desde 1999 hasta la actualidad. Está instalada en el área de estudio de la presente investigación, entre las pendientes "Pozo del Carril" y "El Vertedero", y reporta datos de temperatura del aire y suelo, precipitación, vientos (velocidad y dirección), humedad relativa y punto de rocío, con intervalos de 15 minutos.

La Estación Los Chañares está ubicada a 20km de la Estación La Aguada y 15km de la Estación Rodeo Viejo, siendo la distancia entre estas dos últimas estaciones de 5km (Figura 3.1.).

Es importante destacar que de acuerdo a los objetivos perseguidos en el análisis climático, la información obtenida de las diferentes Estaciones

Meteorológicas involucradas en la presente investigación, fue sometida a diferentes niveles de tratamiento estadístico, dependiendo de los objetivos y principalmente de la disponibilidad de los datos, cualidad de extensión, frecuencia y representatividad.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, a continuación se presenta, en términos generales, la metodología aplicada en el análisis de la información climatológica.

∨ Información termométrica

→ Se calculó la temperatura media mensual, la temperatura media anual, la temperatura máxima media, la temperatura mínima media y la temperatura máxima y mínima absoluta.

∨ Vientos

→ Se actualizó la rosa de los vientos medio anual y mensual con ocho direcciones, tales como, Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sureste (SE), Sur (S), Suroeste (SO), Oeste (O), Noroeste (NO), por sólo disponer de esta información.

→ Se realizó la rosa de los vientos medio anual y mensual con dieciséis direcciones, tales como, Norte (N), Nor-Noreste (NNE), Noreste (NE), Este-Noreste (ENE), Este (E), Este-Sureste (ESE), Sureste (SE), Sur-Sureste (SSE), Sur (S), Sur-Suroeste (SSO), Suroeste (SO), Oeste-Suroeste (OSO), Oeste (O), Oeste-Noroeste (ONO), Noroeste (NO) y Nor-Noroeste (NNO).

→ Se consideró importante el análisis de los vientos, aunque corresponda a una serie muy corta (1999-2004), debido a que se dispone de la información cada 15 minutos de la velocidad media y máxima del viento y de la dirección, que permite realizar un análisis exhaustivo del comportamiento del viento a lo largo del periodo de estudio.

Y Información pluviométrica

Se calcularon los parámetros que a continuación se detallan:

→ La precipitación media mensual, la precipitación media anual y la serie cronológica interanual y mensual.

→ A partir de la serie cronológica mensual se estableció la precipitación media total para los meses más lluviosos y más secos y la relación entre ellos.

→ Se estimó el índice de concentración considerando en el cálculo del mismo la sumatoria de los tres meses consecutivos de mayor precipitación (Diciembre a Febrero) versus el tercio de la sumatoria de los nueve meses restantes de acuerdo a Cantú (1998). Además, se efectuó el cálculo del índice tomando los tres meses consecutivos de mayor precipitación a partir de Noviembre a Enero versus el tercio de la sumatoria de los restantes meses.

→ Tomando la serie cronológica mensual y anual de precipitaciones se calcularon el índice de máxima y de mínima, a través de la relación de la precipitación máxima y mínima mensual, respectivamente, con la precipitación media anual. Se calculó el índice de rango relacionando la precipitación mínima con la precipitación máxima. Los valores mayores o igual a 1 corresponden al índice de máxima y los menores o igual a 1 para el índice de mínima.

Y Calculo de Evapotranspiración Real y Potencial

Se estimaron los siguientes valores:

→ Evapotranspiración Potencial (ETP) por el método de Thornthwaite y Mather (1955).

→ Evapotranspiración real (ETR) a través del balance hídrico modular (Thornthwaite y Mather, 1955) y del balance hídrico seriado (Ravelo, 1990).

Y Balance hídrico modular

→ Se calculó el balance hídrico modular por el método de Thornthwaite y Mather (1955). A través del mismo se obtuvo la evapotranspiración potencial

(ETP), la reserva de agua útil, la variación de la reserva, la evapotranspiración real (ETR) y déficit hídrico.

✓ Balance hídrico seriado

→ Se estimó el balance hídrico seriado a través del Modelo PDIMES (Ravelo, 1990).

En la presente investigación se ha utilizado el balance hídrico seriado de paso mensual en cada serie de datos considerada. El balance hídrico seriado permite establecer el almacenaje, recarga potencial, recarga, agua potencialmente extraíble, agua extraída, evapotranspiración real y escurrimiento como excedente en el balance. En el cálculo del balance hídrico seriado se utilizó el valor de evapotranspiración potencial (ETP) calculado por el método de Thornthwaite y Mather (1955).

→ A través del balance hídrico seriado se calculó el índice mensual de sequía a partir de la consideración de un índice de anomalía hídrica (por exceso o defecto) en función de las deficiencias hídricas (d) y de acuerdo a los rangos de índice de sequía establecidos por Cantú para el área de estudio (1998).

✓ Análisis de las tormentas erosivas

A partir de la Estación Rodeo Viejo (Serie 1999-2003) se analizaron las precipitaciones obtenidas cada 15 minutos. Se parte en considerar como tormenta potencialmente erosiva a aquellas que superan los 13,5mm de acuerdo a lo establecido por Wischmeier y Smith (1978) en la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo y Renard *et al.* (1997) en la versión revisada.

Se seleccionaron las tormentas que ocurrieron en el período de mayor concentración de la lluvia. Las mismas se organizaron cronológicamente considerando la cantidad, duración, e intensidad máxima de la precipitación.

Teniendo en cuenta que operativamente no fue posible la recolección del volumen escurrido y los sedimentos producidos por erosión hídrica, inmediatamente después de un pico de tormenta importante, dentro de un período de varias tormentas consecutivas, se tomaron eventos que abarcaron dos o más picos de tormenta durante los cuales las condiciones ambientales (humedad, viento, radiación, etc.) no presentaron grandes cambios.

Y Información climática requerida por el modelo Wepp

El modelo de Predicción de la Erosión Hídrica (WEPP), utilizado en la presente investigación para estimar la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar, requiere para la elaboración de la base de datos de climática de información adicional de tipo termométrica, pluviométrica y de vientos a la señalada en el punto anterior. Por ello, en el punto 3.6.2.1. del presente Capítulo, se indica detalladamente la metodología utilizada en la obtención de los diferentes parámetros y la construcción de la base de datos climática.

3.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL

La caracterización de la cobertura vegetal se efectuó a través del índice de área foliar utilizando el LAI – 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR) y siguiendo la escala de Ritchie y Hanway (1997), en los momentos en los cuales se producían los eventos considerados potencialmente erosivos.

Es importante destacar que esta información fue aportada por los investigadores del Área de Producción Vegetal en el marco del Programa de Investigación "Desarrollo de Alternativas Tecnológicas para Producción Agropecuaria Sustentable en el Oeste de Río Cuarto" (SeCyT-UNRC).

3.3. CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA

Se efectuó una caracterización geomorfológica en las pendientes, tomando como base la cartografía elaborada por Cantú (1998) para la cuenca del arroyo La Colacha.

Los criterios geomorfológicos utilizados fueron, a través de un detallado control de campo, la morfometría, morfogénesis, vinculación con la pedogénesis y procesos activos en las pendientes evaluadas que permitieron discernir los elementos geomorfológicos. Se utilizaron como elementos analíticos imágenes satelitales (Landsat 5 y 7; y Earthsat 2005), fotografías aéreas del año 1970 (escala 1:20.000) y 1989 (escala 1:60.000) y la carta topográfica (escala 1:50.000) de la cuenca del Arroyo La Colacha (Cantú, 1998).

De acuerdo a lo expresado anteriormente, a partir del mapa topográfico de la cuenca del arroyo la Colacha, se realizó el levantamiento topográfico detallado (escala aproximada 1:1.000) en la Subunidad Pendientes (Cantú, 1998) con una Estación Total (optico-electrónico, ELTA 4 Zeiss infrarojo), en soporte digital a través de un sistema de información geográfica.

Posteriormente, se efectuaron perfiles topográficos (escala 1:100), donde se analizaron los cambios de longitud, gradiente y forma de las pendientes. Esto permitió, seleccionar las pendientes más representativas de las características morfolíticas del área de estudio y establecer en las mismas, las secciones con gradientes homogéneos para la instalación de los colectores para la medición directa de la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar.

Por otra parte, el valor del gradiente y la longitud de la pendiente son parámetros requeridos en la construcción del archivo de pendiente del modelo de Predicción de Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica (WEPP). Este aspecto se describirá detalladamente más adelante en el ítem 3.6.2.



3.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

3.4.1. DESCRIPCION DE LOS SUELOS

A partir de la caracterización geomorfológica efectuada en cada pendiente, se realizó un reconocimiento de los elementos que componen las mismas, a través de un detallado control de campo.

Sobre la base de las observaciones realizadas, se seleccionaron los puntos de localización de los perfiles de suelo, en cada uno de los sistemas de labranza en la pendiente Pozo del Carril y en cada sección de la pendiente El Vertedero. Posteriormente, se realizó la apertura de las calicatas, previa orientación al sol, y se efectuó la descripción y el muestreo de los suelos según el Handbook N°18 (Soil Survey Staff, 1993) para su caracterización.

3.4.2. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS, FISICO-QUIMICAS Y FÍSICAS DE LOS SUELOS

A cada muestra obtenida de los perfiles de suelos analizados se le efectuó la determinación de las propiedades químicas, físico-químicas y físicas de rutina, tales como, contenido de carbono orgánico, nitrógeno, pH, bases, capacidad de intercambio catiónico y granulometría, con el objeto de realizar la caracterización de los mismos. La clasificación de los suelos se realizó de acuerdo al Soil Survey Staff (2006).

Por otra parte, se realizó anualmente la caracterización del horizonte superficial, posterior al pastoreo (período Agosto-Septiembre), en las situaciones evaluadas en la presente investigación. En la pendiente El Vertedero se efectuó en el período 1999-2003 y en la pendiente Pozo del Carril en el período 2000- 2003, respectivamente. Las determinaciones realizadas consistieron en la determinación de carbono orgánico, densidad aparente, estabilidad de agregados estables al agua, resistencia mecánica y velocidad de infiltración.

El muestreo del horizonte superficial consistió en tomar de cada una de las diferentes situaciones estudiadas, de acuerdo a un diseño al azar en forma de zigzag, 3 muestras compuestas por 5 sub-muestras para el análisis químico, físico-químico y físico de rutina. Además, se extrajeron con el mismo diseño, 3 muestras en forma de bloque sin disturbar, de aproximadamente 2kg para el análisis de la distribución de tamaño de agregados estables al agua.

Las determinaciones químicas, físico-químicas y físicas de rutina se realizaron sobre muestras de suelo, secadas al aire, desmenuzadas, tamizadas (malla N° 10 ASTM) y cuarteadas hasta obtener una muestra de aproximadamente 1kg.

El análisis de distribución de tamaño de agregados estables al agua se efectuó sobre muestras de suelo secadas al aire, desmenuzadas manualmente, separadas por tamizado (malla N° 5 ASTM) y cuarteadas hasta obtener aproximadamente una muestra de 200g.

Las determinaciones químicas, físico-químicas y físicas de laboratorio realizadas se detallan a continuación:

→ **Contenido de carbono orgánico** por el método de Walkley y Black modificado (Jackson, 1976).

→ **Nitrógeno total** por el método de Micro Kjeldahl (Jackson, 1976).

→ **pH** por método potenciométrico, relación suelo-agua 1:2,5.

→ **Bases intercambiables** por el método del acetato de amonio determinando calcio y magnesio por titulación, y sodio y potasio por fotometría de llama (Personal Laboratorio de Salinidad, 1982).

→ **Capacidad de intercambio catiónico** por el método de desplazamiento con acetato de amonio, determinando sodio total por fotometría de llama (Personal Laboratorio de Salinidad, 1982).

→ **Granulometría** por el método combinado de la pipeta (Day, 1965) para las fracciones menores a 50 micrones y tamizado a las fracciones más gruesas, separadas según los rangos establecidos por el Soil Survey Staff (1993).

→ **Distribución de tamaño de agregados estables al agua**, por el método de Pla Sentís (1983). Se consideró en el análisis el intervalo de tamaños de 2-4mm, 2-1mm, 1-0,5mm y 0,5-0,1mm. Además, se incorporó el intervalo de tamaño 0,1-0,074mm de acuerdo a las modificaciones realizadas por Becker *et al.* (2001).

La determinación de las propiedades físicas a campo, vinculadas al proceso de erosión hídrica, se realizó en el mismo período en que se desarrolló el muestreo para las determinaciones químicas, físicos-químicas y físicas de rutina, en las diferentes situaciones de la pendiente El Vertedero y Pozo del Carril, respectivamente. Las mismas se efectuaron con tres repeticiones al azar para las diferentes situaciones evaluadas y se detallan a continuación.

→ **Densidad aparente** se determinó por el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986). Se extrajeron muestras del horizonte superficial sin disturbar, utilizándose cilindros de bronce de 5cm de diámetro y 5cm de altura. En el laboratorio, se efectuó el peso en húmedo y en seco, y posteriormente el cálculo de la densidad aparente correspondiente.

→ **Resistencia mecánica (RM)**, se determinó con un penetrómetro de impacto (CN-970, Soil Test Inc., Lake Bluff, Illinois) accionado en forma manual (Bradford, 1986). El penetrómetro consta de una punta cónica con área basal de 1cm² y ángulo de 30° y está provisto de una pesa de 1kg arrojada desde una altura de 50cm. La medición de la resistencia mecánica se realizó en el surco y entre surco, efectuando el registro de la misma hasta los 60cm. Posteriormente, se efectuó el cálculo de la resistencia mecánica del horizonte superficial a través del valor medio de la RM correspondiente al espesor del

horizonte Ap de cada situación analizada. Paralelamente, a cada evaluación de la RM se tomaron muestras de suelo para la determinación del contenido de humedad por método gravimétrico.

→ **Velocidad de infiltración**, se determinó la velocidad de infiltración básica con el método del doble anillo (ASTM D 3385-88). El infiltrómetro consiste de un anillo de acero inoxidable con diámetro externo de 61,5cm y uno interno de 30,5cm, respectivamente. Los valores de velocidad de infiltración obtenidos fueron ajustados por la ecuación del Kostiacov (1932).

Método de ajuste de la velocidad infiltración por Kostiacov

Una *lamina acumulada* es la cantidad de agua que percola en el suelo en un tiempo determinado y se expresa en centímetros (cm). Cuando se grafica la *lámina infiltrada* en función del tiempo transcurrido, se obtiene una curva ascendente en gráficos lineales, mientras que en una representación bilogarítmica el resultado es una línea recta. Esta línea recta corresponde a una ecuación empírica que se presenta a continuación:

$$D = C^m \cdot T \quad 1.$$

Donde,

D = *lámina acumulada* en centímetros,

C = *lámina infiltrada* cuando el tiempo es 1 minuto,

m = pendiente de la recta,

T = tiempo transcurrido.

Por otra parte, se llama *velocidad de infiltración instantánea* (I_i) a la relación entre la *lámina infiltrada* en un momento determinado y el tiempo empleado, se expresa en cm/hora. La expresión matemática corresponde a la derivada de la *lámina acumulada*:

$$I_i = \frac{d(D)}{d(T)} = \frac{d(C^m \cdot T)}{d(T)}$$

$$I_i = C^{m-1} \cdot m \cdot T \quad 2.$$

Si K es la *velocidad de infiltración instantánea* para $t=1$ minuto, entonces

$$K = C \cdot m \cdot T$$

La pendiente de la recta en papel logarítmico "n"

$$n = m - 1$$

Se obtiene la *velocidad de infiltración* (I_t) en centímetros por minuto.

$$I_t = K^n \cdot T \quad 3.$$

La *velocidad de infiltración básica* es igual a la *velocidad de infiltración instantánea*, cuando la proporción de cambio entre dos valores continuos es igual o menor que el 1%. Su expresión matemática se obtiene diferenciando la infiltración instantánea con respecto al tiempo:

$$\frac{d(I_t)}{d(T)} = 0,01 I_t$$

Para la solución de esta desigualdad e igualdad se tiene en cuenta solo la igualdad, llegando a:

$$I_b = n \cdot K \left[\frac{0,01 \cdot (n-1)/(n-2)}{n \cdot (n-1) \cdot K} \right] \quad 4.$$

$$T_b = \left[\frac{0,01 \cdot 1/(n-2)}{n \cdot (n-1) \cdot K} \right] \quad 5.$$

Donde, I_b = Infiltración básica (cm/horas).

T_b = Tiempo de infiltración básica (horas).

3.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO

La medición directa de la pérdida de suelo y del escurrimiento por erosión hídrica laminar se realizó a través de colectores de sedimento de acuerdo a la metodología de Gerlach (1961) actualizada para la presente investigación.

Los colectores de sedimento fueron contruidos de PVC, de 11cm de diámetro, abertura colectora de 50cm de longitud y 3cm de altura, con un borde proyectado hacia el suelo de 3cm y salida de drenaje de 1,9cm conectado a un recipiente enterrado en la pendiente cuesta abajo (Figura 3.1.).

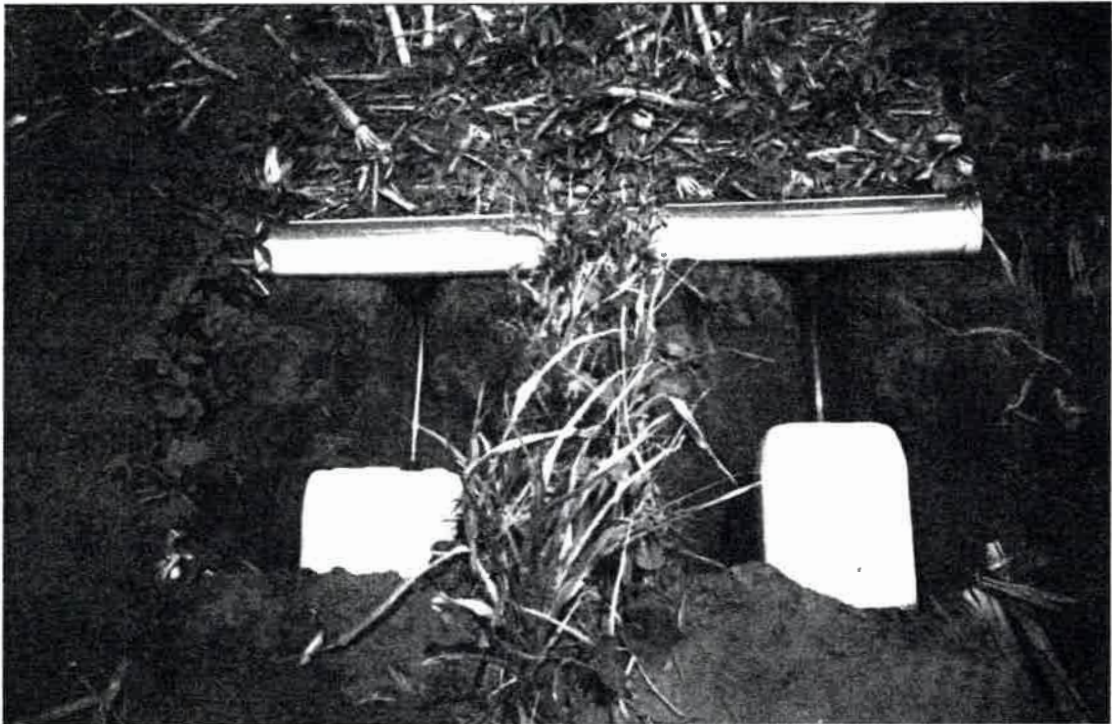


Figura 3.1. Detalle de los colectores de sedimentos.

Con anterioridad al comienzo del ciclo de lluvias fueron instalados los colectores de sedimento. Sin embargo, en algunas oportunidades para facilitar la realización de tareas, tales como, pastoreo, labores de labranza, siembra, fertilización, aplicación de herbicidas, etc. los colectores debieron ser retirados temporariamente.

En la pendiente Pozo del Carril la medición directa de la pérdida de suelo y escurrimiento por erosión laminar, se realizó a través de 24 pares de colectores, instalados en los diferentes tratamientos de la misma y distribuidos escalonadamente cada 20m, a lo largo de la pendiente en secciones con gradientes homogéneos, como se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Colectores de sedimento y escurrimiento en la pendiente Pozo del Carril.

En la pendiente El Vertedero la medición directa de la pérdida de suelo y escurrimiento por erosión laminar, se realizó a través de 4 pares de colectores, instalados en las diferentes secciones de la pendiente y distribuidos escalonadamente cada 20 metros, en secciones con gradientes homogéneos a lo largo de la pendiente, como se presenta en la Figura 3.3.

Las mediciones directas de la pérdida de suelo y escurrimiento por erosión hídrica laminar se llevaron a cabo durante el período 2000-2003 en la pendiente Pozo del Carril y durante el período 1999-2003 en la pendiente El Vertedero, respectivamente.

Posterior a cada evento de lluvia, considerado potencialmente erosivo, se efectuó la recolección del material. En laboratorio se determinó la lámina escurrida como la relación entre el volumen colectado y la superficie de aporte para cada uno de los tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril y de las diferentes secciones de la Pendiente El Vertedero.



Figura 3.3. Distribución de colectores en la pendiente El Vertedero.

Por último, se efectuó el filtrado, secado y pesado del sedimento recolectado en cada evento. Se determinó la cantidad de material recolectado a través de la relación entre el peso del material recolectado y la superficie de aporte.

3.5.1. CARACTERIZACION DE LOS SEDIMENTOS

En esta investigación no se efectuó un análisis detallado de la distribución de tamaño efectivo de los sedimentos, debido principalmente a la imposibilidad de poder examinar el material erosionado, inmediatamente después de cada evento, como ya fuera señalado anteriormente. Sin embargo, considerando la importancia de conocer las características del material erosionado, se evaluó la distribución de tamaño de partícula del sedimento.

Al sedimento recolectado en ambas pendientes se le efectuó el análisis granulométrico y se determinó el contenido de carbono orgánico, de acuerdo a la metodología indicada en el Capítulo 3, ítems 3.4.2.



3.5.2. ESTIMACION DE LA TASA DE ENRIQUECIMIENTO

Se evaluó la tasa de enriquecimiento a través de la metodología propuesta por Barrows y Kilmer (1963), en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril y en las secciones de la pendiente El Vertedero.

3.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO

Se utilizó el modelo de Predicción de la Erosión Hídrica (WEPP) (versión 2004.7) para estimar la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril y en las secciones de la pendiente El Vertedero, respectivamente.

El modelo de Predicción de la Erosión Hídrica (Water Erosion Prediction Program, WEPP) fue desarrollado por el NSERL (The National Soil Erosion Research Laboratory) - Universidad de Purdue y el USDA (The United States Department of Agriculture), (Editores: Flanagan y Nearing, 1995).

El modelo WEPP representa una nueva generación tecnológica en la Predicción de la Erosión Hídrica y se fundamenta en procesos estocásticos de generación sintética de condiciones climáticas, en las herramientas básicas de la teoría de infiltración, hidrología, física de suelo, hidráulica, fenología de los cultivos y en los mecanismos de la erosión.

El WEPP es un modelo matemático de predicción de la erosión hídrica que estima la pérdida de suelo a nivel de evento individual o para un período prolongado. Es un modelo con características de parámetro distribuido, de simulación continua e implementado como un conjunto de diferentes variables integradas informatizadas (rutinas) (Figura 3.4.). El software de aplicación del programa de cálculo de este modelo se encuentra disponible en el sitio <http://soils.ecn.purdue.edu:20002/~wepp/nserl.html>.

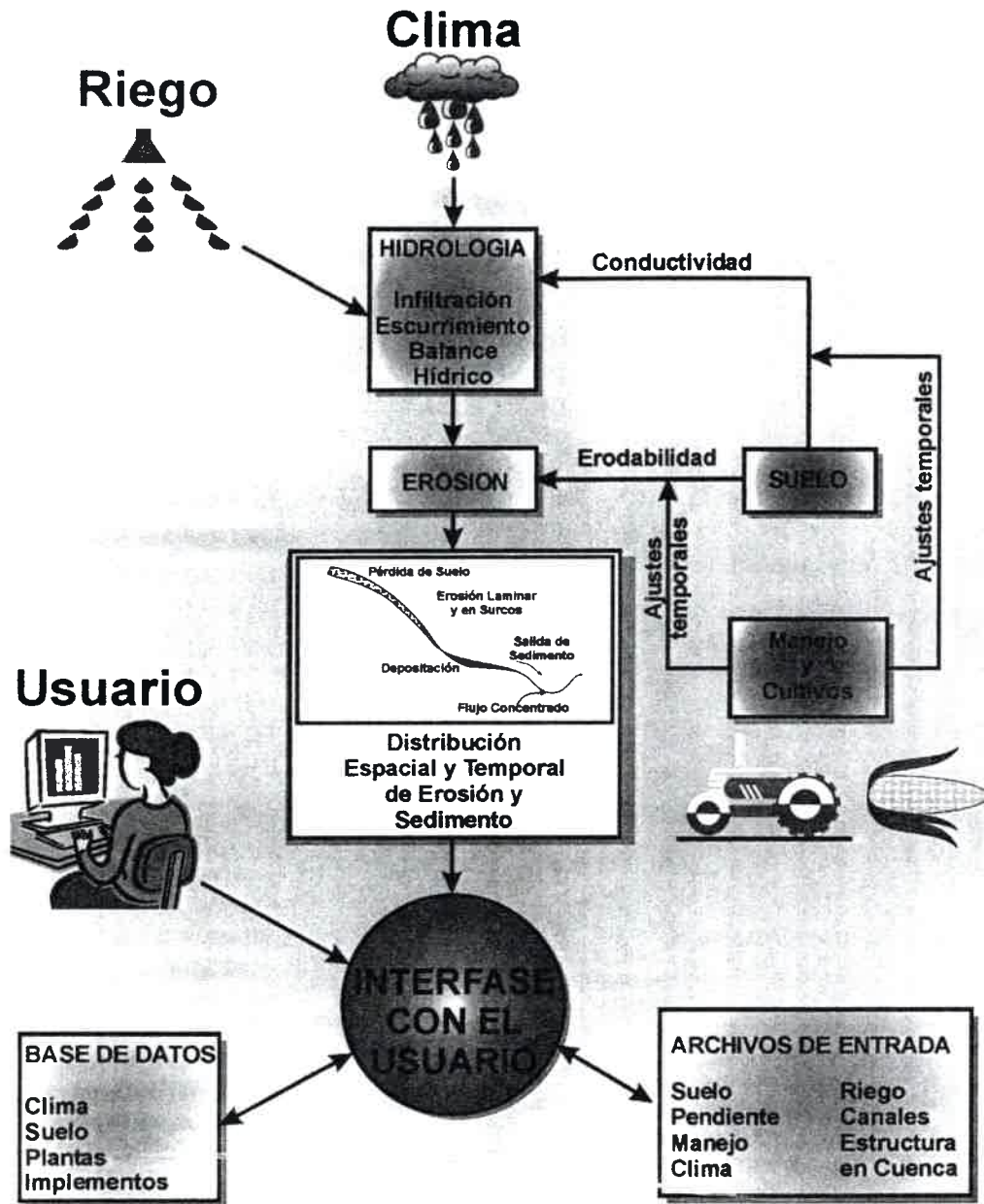


Figura 3.4. Diagrama del modelo de Predicción de la Erosión Hídrica (WEPP) (Flanagan y Nearing, 1995).

El modelo WEPP permite estimar la erosión en pendientes y en cuencas. La ventaja más notable es que presenta la capacidad de estimar espacial y temporalmente la distribución de la pérdida de suelo para una pendiente o para un punto de la pendiente diariamente, mensualmente o anualmente, y desde el modelo basado en procesos, las estimaciones pueden ser extrapoladas a un amplio rango de condiciones que por cuestiones prácticas o económicas no

pueden ser evaluadas en campo. En la aplicación del modelo en cuenca puede ser estimado el sedimento producido desde todos los campos.

En la aplicación del WEPP en una pendiente los procesos considerados incluyen, simulación de la erosión laminar y en surco, transporte y deposición de sedimento, infiltración, consolidación del suelo, efecto de la cobertura vegetal y el residuo sobre el suelo, sello de la superficie, hidráulica del surco, escurrimiento superficial, crecimiento de las plantas, descomposición de los residuos, percolación, evaporación, transpiración, derretimiento de nieve, efectos de la labranza sobre las propiedades del suelo, de la rugosidad del suelo, de las curvas de nivel sobre los procesos hidrológicos y de erosión. El modelo ajusta la variabilidad espacial y temporal de las condiciones topográficas, rugosidad de la superficie, propiedades del suelo, cultivos y las condiciones de uso del suelo a lo largo de la pendiente.

Cuando las condiciones del suelo y de manejo del cultivo son uniformes en la pendiente, el modelo se aplica como un solo elemento de escurrimiento superficial (*OFE = Overland Flow Element*) y se supone que los valores de los parámetros de distribución hídrica, desarrollo de cultivo, nivel de rastrojos, textura de la superficie, capacidad de infiltración, erodabilidad son constantes. Cuando las características de una pendiente son diferentes, el modelo puede aplicarse definiendo varios elementos de escurrimiento superficial.

El modelo permite estimar el proceso erosivo que se presenta al nivel de una cuenca, seleccionar distintas prácticas de manejo, simular los efectos de la aplicación de riego, instalación de represas, caudales del vertedero, etc.

A continuación se realiza una descripción de los componentes del modelo para pendientes, modo utilizado en la presente investigación, debido a que se considera importante realizar la misma, principalmente por la complejidad del programa y por las extensas bases de datos que se requieren para los diferentes componentes cuando se aplica el modelo WEPP.

3.6.1. COMPONENTES DEL MODELO WEPP PARA PENDIENTES

El modelo WEPP presenta componentes de generador climático, riego, infiltración, hidráulica del flujo superficial, balance de agua, crecimiento de plantas, descomposición de los residuos, disturbio del suelo por la labranza, consolidación, erosión y depositación. Los principales componentes del modelo para una pendiente se describen a continuación.

➤ Generador Climático

La componente climática se construye utilizando el programa CLIGEN (Nicks *et al.*, 1995).

El CLIGEN es un generador de tiempo sintético o sea que genera los datos que requiere para la simulación estocástica basándose en datos estadísticos mensuales de series históricas de cada lugar. Las series que se necesitan son modeladas matemáticamente como la combinación de una parte determinística y una componente aleatoria residual, utilizando para ello una serie de Markov de dos estados. Para generar una secuencia diaria de datos meteorológicos simulados por los años que se desee se requiere, incluyendo medias, desviaciones estándar, y coeficiente de asimetría de la precipitación, probabilidad de un día húmedo seguido de un día húmedo, y de un día húmedo seguido de un día seco; temperaturas medias máximas y mínimas, radiación solar, dirección y velocidad del viento.

En la componente climática se ha incorporado un generador BPCDG que es un programa independiente que ayuda a crear puntos de ruptura de datos climáticos a partir de aforos estándares de lluvia y de un conjunto de datos provenientes de cualquier estación meteorológica.

➤ Infiltración

La componente infiltración del modelo de pendiente esta basada en la ecuación de Green y Ampt modificada por Mein y Larson (1973), con los cálculos del tiempo de encharcamiento para una lluvia incierta (Chu, 1978).

El proceso de infiltración se divide en dos estados, un estado en el cual la superficie del suelo esta encharcada y un estado sin encharcamiento. Durante una lluvia el proceso de infiltración puede cambiar de un estado a otro y volver al estado original. Bajo una superficie encharcada el proceso de infiltración es independiente del efecto del tiempo de distribución de la lluvia. En este punto la infiltración se acerca al máximo de su capacidad y esta referida a la capacidad de infiltración. En este estado los excesos de lluvia están registrados como una diferencia entre la lluvia y la capacidad de infiltración. La disminución en el almacenamiento también se tiene en cuenta. Sin superficie encharcada toda la lluvia se infiltra en el suelo. La tasa de infiltración es igual a la intensidad de la lluvia, esta es menor que la capacidad de infiltración y el excedente es cero.

➤ **Hidráulica del flujo superficial**

El escurrimiento superficial esta representado de dos maneras en las aplicaciones del modelo WEPP por pendiente. Primero, se asume un flujo laminar ancho para la corriente superficial y el desarrollo hidrográfico. Los procedimientos de rutina de un flujo superficial incluyen una solución analítica para una ecuación de onda cinemática y un método de aproximación. Los métodos de aproximación usan dos juegos de ecuaciones de regresión, uno para el pico de la relación de escurrimiento y otro para la duración del escurrimiento. Estas ecuaciones de regresión son derivadas de la aproximación cinemáticas para un rango de grados y longitud de pendientes, factores de fricción, clase textural y distribución de las lluvias. Debido a que la solución para la ecuación de onda cinemática está restringida para una condición límite superior de profundidad cero, en los procesos de rutina de cultivo en hilera se utiliza el concepto de plano equivalente. Una vez que el pico y la duración del escurrimiento se han determinado por rutina o por ecuaciones de regresión para aproximar el pico de escurrimiento y su duración se asume, en segundo término, una condición de estado estable con respecto a la relación del pico de escurrimiento para la erosión en surco y los cálculos del transporte.

La proporción del área en surcos esta representada por una estadística de la densidad y ancho del surco. La profundidad, velocidad, esfuerzo de corte en los surcos es calculado asumiendo un canal rectangular. Los cálculos de erosión se realizan para una relación constante sobre un tiempo característico produciendo estimaciones de erosión para todo el evento de escurrimiento.

➤ **Balace de agua**

La componente del balance de agua y la percolación en el modelo de pendiente se basa en el componente balance de agua de SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins) (Williams y Nicks, 1985), con algunas modificaciones para mejorar las estimaciones de percolación y de parámetros de evaporación.

La componente del balance de agua mantiene un balance continuo de la humedad del suelo dentro de la zona de raíces sobre una base diaria. En la redistribución del agua dentro del perfil se tiene en cuenta el modelo de evapotranspiración (Ritchie, 1972) y en la percolación desde las capas superiores hacia las profundas una técnica de almacenamiento de rutina (Williams *et al.*, 1984). El componente del balance de agua utiliza información generada por el componente del generador climático, el componente de infiltración y el de crecimiento de plantas.

➤ **Componentes del crecimiento de plantas**

Esta componente simula el crecimiento de plantas para condiciones de cultivo y pasturas. El propósito de este componente es simular los cambios temporales en las variables de las plantas que influyen en el escurrimiento y el proceso de erosión. El modelo de crecimiento de los cultivos se basa en el modelo EPIC (Williams *et al.*, 1984) y predice la acumulación de biomasa en función de las unidades de calor y la radiación activa fotosintetizable. El crecimiento potencial se reduce por el estrés de temperatura y humedad. Las variables del crecimiento de los cultivos computadas en los modelos incluyen días con grados de crecimiento, masa de materia seca vegetal, cobertura y

altura de la canopia, crecimiento de las raíces, índice de área foliar y área basal de la planta. El modelo de crecimiento de los cultivos se ajusta a las diferentes prácticas de cultivo, y en pasturas estima iniciación y el crecimiento por encima y debajo del piso de la biomasa para un rango de comunidades de plantas usando una curva de crecimiento potencial unimodal o bimodal, la cual se obtuvo de una modificación de la función de densidad de Poisson.

➤ **Descomposición de residuos**

El componente de la descomposición de residuos está basada en el modelo de manejo de residuos RESMAN (Stott y Rogers, 1990; Stott y Barrett, 1993) y a través del mismo, se estima la descomposición de la masa residual en contacto con el suelo, material en pie, masa sumergida y la masa de raíces muertas. Los parámetros de descomposición deben ser especificados en el archivo de entrada de manejo. La descomposición de los componentes de la masa de residuos totales en la cosecha, tanto del material en pie como el residuo en contacto con el suelo, depende de las técnicas de manejo de residuo y cosecha. Además, el modelo calcula la cantidad de rastrojo a la cosecha equivalente a la población de plantas calculadas en la componente de crecimiento.

➤ **Componente del suelo**

En el componente del suelo los parámetros que influyen sobre la hidrología y erosión incluyen, rugosidad aleatoria, rugosidad orientada, densidad aparente, sorción del frente de humedecimiento, conductividad hidráulica, erodabilidad laminar, erodabilidad en surco y tensión de corte crítico.

La rugosidad aleatoria esta asociada la mayoría de las veces con las labranzas de los suelos cultivados, pero algunas labranzas u operaciones de disturbio del suelo crea rugosidad. La rugosidad decrece luego de una operación de labranza y es predicha en el componente de suelo mediante una relación que incluye un parámetro de rugosidad aleatoria y la precipitación acumulada hasta esa labranza. El parámetro de rugosidad aleatoria es

asignado a cada implemento de labranza basado en medidas promedios.

La rugosidad orientada resulta cuando el suelo esta orientado de una manera regular por un implemento de labranza. Esta altura de cresta dejada por los implementos de labranza puede variar por uno, o varios factores dependiendo del tipo de implemento utilizado. La disminución de la altura de la cresta luego de la labranza se calcula a partir de una relación que incluye el parámetro altura de cresta y la precipitación acumulada hasta la labranza. El valor de la altura de la cresta se asigna para cada implemento de labranza que se utilice, estandarizado en medidas promedios.

La densidad aparente refleja el volumen total de poros del suelo. Se utiliza para actualizar las variables relacionadas a la infiltración, incluyendo la sorción del frente de humedecimiento. Los ajustes de la densidad aparente se hacen con las operaciones de labranza, contenido de agua, compactación superficial, etc. La aproximación que tiene en cuenta la influencia de las operaciones de labranza sobre la densidad aparente del suelo es un esquema de clasificación donde a cada implemento se le asigna un rango de valores de disturbio de la superficie (0 a 1), el cual es similar al usado en el EPIC (Williams *et al.*, 1984).

La conductividad hidráulica efectiva es un parámetro clave en el modelo WEPP que controla la predicción de la infiltración y el escurrimiento. Es por ello que éste parámetro se desarrolla con mayor detalle en el archivo de entrada de suelo (3.6.2.3. ítem H).

La erodabilidad entre surco es una medida de la resistencia del suelo al desagregado por el impacto de la gota de lluvia. Debido a que el suelo es disturbado en tierras de cultivo y no en áreas de pastizales (Lafren *et al.*, 1987) los algoritmos para ajustar la erodabilidad entre surco son diferentes para cada caso. Los parámetros de erodabilidad entre surco deben ajustarse en áreas de cultivos por la biomasa radicular, congelamiento y descongelamiento, cobertura

de la canopia, cobertura de residuos, encostramiento. La erodabilidad entre surco se detalla en el archivo de entrada de suelo (3.6.2.3. ítem E).

La erodabilidad en surco es una medida de la resistencia del suelo a ser desagregado por el flujo concentrado en el surco y es definida como el incremento de la desagregación del suelo por unidad de incremento en la tensión de corte. Como en la erodabilidad entre surco, se utilizan diferentes relaciones para ajustar el parámetro de erodabilidad en surco y la tensión de corte en suelos cultivados y en áreas de pasturas. En el archivo de entrada de suelo (3.6.2.3. ítem F) se detalla la erodabilidad en surco.

➤ ***Erosión y deposición en laderas***

La erosión del suelo esta representada de dos formas para las aplicaciones de perfiles de flujo superficial del WEPP: La primera el desagregado de partículas por el impacto de la lluvia y el transporte por flujo laminar entre surco, y la segunda, el desagregado de las partículas de suelo, transporte y deposición por flujo concentrado en áreas de surco. Los cálculos dentro de la rutina de erosión se realizan sobre una base por unidad de ancho de surco y es convertida subsecuentemente en una base por unidad de ancho de campo.

El aporte entre surco esta modelado como una proporción del producto de la intensidad de lluvia y la relación de escurrimiento entre surco. La función matemática que describe la relación de aporte entre surco incluye además parámetros para tener en cuenta los efectos de la rugosidad del suelo, inclinación de la pendiente y los ajustes de la erodabilidad del suelo en el desagregado y transporte entre surco. El desagregado que provoca la lluvia durante períodos en los que la capacidad de infiltración es tan grande como la intensidad de la lluvia, no se considera que contribuya a la erosión.

La erosión en surco es modelada como una función de la capacidad de una corriente para desagregar un suelo, su capacidad de transporte y la carga

de sedimento existente en la corriente. La desagregación del suelo en los surcos ocurre cuando el esfuerzo de corte hidráulico excede el punto crítico y cuando la carga de sedimento es menor que la capacidad de transporte. La capacidad de transporte de sedimento y la carga de sedimentos se calculan sobre una unidad base de ancho de surco. El sedimento transportado es convertido a una unidad de ancho de base hasta finalizar los cálculos. La capacidad de transporte de sedimento se calcula como una función de x (distancia de la pendiente) usando una simplificación de la ecuación de Yalin (1963).

Las condiciones hasta el fin de una pendiente uniforme, a través de los puntos del perfil, se usan para normalizar las ecuaciones de erosión. La distancia de la pendiente se normaliza para la longitud total de la pendiente. La pendiente en un punto se normaliza para una pendiente uniforme. El esfuerzo de corte se normaliza para su valor en el final de una pendiente uniforme. Los sedimentos transportados se normalizan para la capacidad de transporte al final de la pendiente uniforme.

Los componentes de erosión y depositación poseen cuatro parámetros dimensionales: uno para el sedimento aportado al surco, dos para el desagregado del surco y uno para la depositación en el surco. La ecuación de continuidad normalizada para sedimentos, se resuelve analíticamente cuando ocurre la depositación pero es integrada numéricamente cuando ocurre el desagregado.

➤ **Componentes del riego**

En el modelo WEPP se puede realizar cálculos considerando los efectos del riego por aspersión fija o por surcos. El riego por aspersión fija, supone que la boquilla del aspersor riega una cantidad uniforme en cada elemento de escurrimiento superficial. Por otro lado, el riego por surcos supone que el agua es abastecida aguas arriba y se extiende en dirección de la pendiente del elemento de escurrimiento superficial. En cuanto al cronograma de riego, se

pueden establecer tres métodos: método diario fijo, método de nivel de consumo de agua y el método que combina los dos anteriores.

3.6.2. ARCHIVOS DE ENTRADA DE DATOS

Los archivos de entrada de datos requeridos por el modelo WEPP para su aplicación son climáticos, de pendientes, de suelo, y de manejo y plantas como se aprecia en la Figura 3.4.

En esta sección se presenta un detalle de los parámetros que componen cada uno de los archivos de entrada, como así también la metodología utilizada en la construcción de los mismos.

3.6.2.1. *Entrada de datos climáticos*

La información climática requerida por el modelo WEPP incluye valores diarios de precipitación, temperatura, radiación solar y viento. El programa CLIGEN es usado por el WEPP para generar cada uno de los archivos climáticos de simulación continua o de una tormenta simple. Para correr el CLIGEN se requiere de un archivo de estación climática y de una base de datos del estado. En el CLIGEN están disponibles los datos de más de 2500 estaciones estadísticas dentro de EEUU.

El archivo de entrada de clima esta estructurado en secciones, y las mismas son:

- A. *Archivo de Estación climática***
- B. *Estación climática***
- C. *Típos de tormenta***
- D. *Opciones avanzadas***
- E. *Uso de técnicas de suavizado***

Se describen a continuación las secciones anteriormente enunciadas.

A. *Archivo de Estación climática*

El archivo de estaciones climáticas presenta un listado con las

estaciones por estado, en el cual el usuario puede seleccionar el estado correspondiente. Si la estación no está instalada en el modelo WEPP se puede obtener la misma a través de la página de internet: <http://topsoil.nserl.purdue.edu/weppmain/wepp.html>.

Desde el momento en que el usuario selecciona el estado, el programa buscará el archivo y construirá una lista de índices de estaciones accesibles en el campo "Estación Climática".

B. Estación climática

En este campo el usuario tiene disponible las estaciones climáticas de acuerdo al estado seleccionado y la estación deseada.

C. Tipo de tormenta

El programa CLIGEN puede construir archivos de clima para dos modos de tormentas: tormenta continua y tormenta simple.

Un archivo de tormenta continua contiene parámetros de un año o años de simulación climática, mientras que un archivo de tormenta simple contiene parámetros de una hora u horas de simulación climática.

El CLIGEN puede aceptar parámetros para tres tipos de tormentas: **simple**, **continua** y **TR-55**. El modo de tormenta TR-55 es generado por el CLIGEN como un archivo de tormenta simple y solo se diferencia de esta última por presentar menos información.

→ Tormenta continua

En una **tormenta continua**, se encuentran los siguientes campos.

► Año de comienzo

El modelo WEPP usa este valor para comenzar la simulación de la erosión. Este valor numérico de comienzo del año no impacta sobre la salida del modelo CLIGEN.

► **Años de simulación**

Este valor es el número de años con el cual el CLIGEN simula los eventos de tormentas. El usuario puede generar un archivo de clima de WEPP para más años que el número actual que intente correr en el WEPP. El número de años de la simulación de erosión en WEPP no está basado sobre este valor. Sin embargo, si el usuario intenta correr el WEPP, por ejemplo para 10 años, posteriormente deberá entrar un valor de 10 años o más grande.

→ **Tormenta simple**

En una **tormenta simple**, se presentan los siguientes campos.

► **Fecha de la tormenta**

Esta es la fecha en la cual ocurrió el evento de tormenta simple (día/mes/año). La fecha de la tormenta es usada en la estimación de los valores de temperatura, viento y radiación solar, y además pueden ser simulaciones de nevadas derretidas.

► **Cantidad de la tormenta**

La cantidad de precipitación de la tormenta (mm).

► **Duración de la tormenta**

La duración de la tormenta (horas).

► **Duración de la intensidad al pico**

El tiempo (valor en porcentaje de duración de la tormenta) en el que ocurre la intensidad del pico de la tormenta.

► **Intensidad máxima**

Es el valor de intensidad máxima de la tormenta en milímetros por hora.

→ **Tormenta TR-55**

En una **tormenta TR-55**, se encuentran los siguientes campos.

► **Fecha de la tormenta**

Este es el día en el cual ocurrió el evento de tormenta simple (día/mes/año). La fecha de la tormenta es usada en la estimación de los valores de temperatura, viento y radiación solar, los cuales pueden ser simulaciones de nevadas derretidas.

► **Cantidad de la tormenta**

La cantidad de precipitación de la tormenta en milímetros. Una tormenta de distribución TR-55 asume que la duración de la tormenta es de 24 horas.

D. Opciones avanzadas

La versión 2004.7 del modelo WEPP presenta una interfase donde se puede seleccionar dos versiones diferentes del Programa CLIGEN.

a) El CLIGEN original, versión 4.3. con las modificaciones realizadas por el Servicio Forestal (USDA, 1997) para permitir la incorporación de parámetros desde un archivo simple.

b) Una versión del CLIGEN original con correcciones de latitud y reproduciendo medias mensuales que corresponde a la versión 5.1. Además, presenta funciones adicionales para controlar el método de interpolación.

Es importante al correr el CLIGEN la selección correcta de la versión a utilizar debido a que puede haber diferencias en la salida del modelo ya que estas versiones generaran diferentes datos climáticos diarios.

E. Técnicas de suavización

Esta opción es usada para interpolar los parámetros de entradas del CLIGEN entre varias estaciones. En el CLIGEN se puede desplegar un mapa de los E.E.U.U. o en un estado en particular. La suavización le otorga importancia a la base de parámetros de las estaciones alejadas del punto elegido. Se genera el archivo con los nuevos parámetros que es único para la posición elegida. Cuando la fila con los nuevos parámetros aparece se muestra un nombre en la parte superior en la lista de estaciones y puede ser usado como entrada para CLIGEN para producir un archivo. La técnica de suavizado

sólo puede ser usada en conjunto con la elección de un punto específico del mapa.

Consideraciones sobre el archivo de clima

Es importante mencionar que en nuestro país hasta el momento no se conoce la existencia de una red de estaciones como se explicara anteriormente, basadas en datos estadísticos mensuales de series históricas de cada lugar. Además, en el área de estudio de la presente investigación, no se disponía de una base de datos climáticos como la requerida por el modelo (Seiler, comunicación personal). Es por ello que la utilización del modelo WEPP presentaba un gran inconveniente. Para superar este problema se plantearon varias opciones, tales como, elaborar una base de entrada de datos climáticos históricos; seleccionar una estación de las disponibles en el CLIGEN, con características climáticas similares al sitio de estudio o construir una base de datos climáticos, conocida como estación CLIGEN, con datos propios fuera de EEUU y posteriormente incorporarla a la base de datos del CLIGEN.

Por ello en una primera instancia de la investigación, se construyó una base de entrada de datos con la información climática histórica del área de estudio, como una salida del generador climático CLIGEN. La aplicación del modelo WEPP con el archivo de entrada de datos de clima, sólo permitió realizar una simulación continua del proceso de erosión. En la salida del modelo se observó que en algunos eventos considerados potencialmente erosivos por su intensidad, duración y cantidad de precipitación, no se registró pérdida de suelo.

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, y ante la necesidad de aplicar el modelo WEPP por eventos de tormentas para poder establecer relaciones entre los valores medidos de pérdida de suelo con los estimados, se consideró importante disponer de una estación con una base de datos climáticos, ya sea seleccionada del modelo o elaborada con datos propios.

La selección de una estación de la base de datos del modelo, aunque la misma se realice teniendo en consideración la similitud de las condiciones climáticas y de los parámetros que las caracterizan, es importante establecer que no reflejará totalmente las condiciones del lugar de estudio.

De acuerdo a lo expresado por Zeleke y Flanagan (1999), para lugares fuera de Estados Unidos, puede ser muy difícil y aun imposible la construcción de una base de datos climática, debido principalmente a la imposibilidad de obtener la información de datos meteorológicos estadísticos mensuales de largo alcance. Además, los expertos climáticos normalmente recomiendan series de datos de 20 o más años con información cada 15 minutos de los diferentes parámetros para la elaboración de la base de datos de una estación tipo CLIGEN (Meyer, comunicación personal).

Por ello y teniendo en cuenta que en el área de estudio se dispone de la estación meteorológica "Rodeo Viejo" (serie 1999-2005) que fuera instalada con el objetivo de realizar el seguimiento de la variable climática con relación a los procesos de erosión con adquisición de la información cada 15 minutos. Se consideró muy importante construir, aunque la estación presente una serie de pocos años, una base de datos climáticos a partir de la información meteorológica e incorporar la misma a la base de datos del CLIGEN.

Por otra parte, disponer de una base de datos climáticos con la información del área de estudio no solo es significativo para la presente investigación, sino también porque se pone a disposición una base de datos de gran complejidad en su elaboración con información que puede ser utilizada y/o actualizada por futuros usuarios que la requieran. Considerando la significación de la construcción de la información climática para la aplicación del modelo WEPP, ya sea como entrada de datos climáticos históricos o construir una base de datos climáticos a partir de datos meteorológicos estadísticos, se presenta a continuación una descripción de los parámetros que componen cada una de ellas.

Tabla de entrada de datos con la información climática

La tabla de entrada de datos con la información climática histórica esta compuesta de las siguientes líneas:

- **Línea 1.** Información correspondiente a la latitud, longitud, elevación y años de la serie de datos de la estación meteorológica.
- **Línea 2.** Promedios mensuales de temperaturas máximas (°C).
- **Línea 3.** Promedios mensuales de temperaturas mínimas (°C).
- **Línea 4.** Promedios mensuales de radiación solar (Langley/día).
- **Línea 5.** Promedios mensuales de precipitación (mm).
- **Línea 6.** A partir de esta línea se colocan los valores diarios en columnas (día/mes/año) de los siguientes parámetros: precipitación (mm), duración de la tormenta (horas), tiempo al pico (horas), intensidad al pico/intensidad media (horas), temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), radiación solar (Langley/día), velocidad del viento (m/s), dirección del viento (grados desde el Norte) y punto de rocío (°C).

La elaboración de las líneas 1 a 5, se realizó con la información de la estación La Aguada, debido a que ésta serie de datos es más larga y de esa forma los valores promedios son más representativos. En la construcción de las columnas, a partir de la línea 6, se utilizaron los datos de la estación Rodeo Viejo para la elaboración de aquellas vinculadas a la precipitación, tales como, la cantidad, duración de la tormenta, tiempo al pico, intensidad al pico/intensidad media, que requieren datos cada 15 minutos para su cálculo, y los parámetros de temperatura, velocidad del viento, dirección del viento y punto de rocío. Por otra parte, la radiación solar diaria se tomó de la Estación La Aguada debido a que es la única en el área que mide dicho parámetro.

La entrada de datos con la información climática histórica esta constituida por una tabla de 1822 líneas, correspondientes a los 5 años de datos de la Estación Rodeo Viejo, aunque en la construcción de la misma también se hayan utilizado los datos de la Estación La Aguada, como se indicara anteriormente.

Formato de una base de datos climáticos de una estación CLIGEN

La base de datos climáticos conocida como estación CLIGEN (`archivo.cli`) (Nicks *et al.*, 1995), está constituida por 83 líneas en las cuales se organiza la información climática. Las líneas son las siguientes:

- **Línea 1.** Nombre de la estación, número de identificación del estado y de la estación.
- **Línea 2.** Latitud, longitud, años de la estación.
- **Línea 3.** Elevación de la estación respecto al nivel del mar (pies).
- **Línea 4.** Precipitación media mensual (pulgadas).
- **Línea 5.** Desviación estándar de la precipitación diaria (pulgadas mensuales).
- **Línea 6.** Coeficiente de asimetría de la precipitación diaria (mensual).
- **Línea 7.** Probabilidad de un día húmedo seguido por un día húmedo (mensual).
- **Línea 8.** Probabilidad de un día húmedo seguido por un día seco (mensual).
- **Línea 9.** Promedio de la temperatura del aire máxima diaria (grados Fahrenheit) (mensual).
- **Línea 10.** Promedio de la temperatura del aire mínima diaria (grados Fahrenheit) (mensual).
- **Línea 11.** Desviación estándar de las temperaturas máximas diarias (grados Fahrenheit) (mensual).
- **Línea 12.** Desviación estándar de las temperaturas mínimas diarias (grados Fahrenheit) (mensual).
- **Línea 13.** Promedio diario de la radiación solar (Langleys) (mensual).
- **Línea 14.** Desviación estándar de la radiación solar diaria (Langleys) (mensual).
- **Línea 15.** Promedio de intensidad de precipitación máxima diaria en 30 minutos (pulgadas/horas) (mensual).
- **Línea 16.** Promedio diario de la temperatura de punto de rocío (grados Fahrenheit) (mensual).
- **Línea 17.** Los 12 valores representan la distribución acumulada de los tiempos al pico (T_p) de las intensidades de lluvia basadas en datos de precipitación cada 15 minutos. Las columnas 1 al 12 representan la fracción



computada de los T_p entre 0-0.0833, 0.0833-0.1667, 0.1667-0.25, 0.25-0.3333, 0.3333-0.4167, 0.4117-0.5, 0.5-0.5833, 0.5833-0.6667, 0.6667-0.75, 0.75-0.8333, 0.8333-0.9167 y 0.9167-1. Para la obtención de T_p se deben remover de las filas todos los períodos entre tormentas con precipitación cero. El T_p es la relación entre el tiempo transcurrido desde el comienzo del primer intervalo de precipitación a la mitad del punto del intervalo de 15 minutos correspondiente a la intensidad del pico y el tiempo total desde el comienzo del primer intervalo de precipitación al final del mismo.

- **Línea 18-21.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Norte.

Línea 18. Porcentaje de viento del N (mensual).

Línea 19. Promedio de velocidad de viento N (mph) (mensual).

Línea 20. Desviación estándar de viento N (mph) (mensual).

Línea 21. Asimetría de los datos de viento N (mensual).

- **Línea 22-25.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Norte-Noreste.

Línea 22. Porcentaje de viento del NNE (mensual).

Línea 23. Promedio de velocidad de viento NNE (mph) (mensual).

Línea 24. Desviación estándar de viento NNE (mph) (mensual).

Línea 25. Asimetría de los datos de viento NNE (mensual).

- **Línea 26-29.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Noreste.

Línea 26. Porcentaje de viento del NE (mensual).

Línea 27. Promedio de velocidad de viento NE (mph) (mensual).

Línea 28. Desviación estándar de viento NE (mph) (mensual).

Línea 29. Asimetría de los datos de viento NE (mensual).

- **Línea 30-33.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Este-Noreste.

Línea 30. Porcentaje de viento del ENE (mensual).

Línea 31. Promedio de velocidad de viento ENE (mph) (mensual).

Línea 32. Desviación estándar de viento Este-Nor-Este (mph) (mensual).

Línea 33. Asimetría de los datos de viento ENE (mensual).

- **Línea 34-37.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Este.

Línea 34. Porcentaje de viento del E (mensual).

Línea 35. Promedio de velocidad de viento E (mph) (mensual).

Línea 36. Desviación estándar de viento E (mph) (mensual).

Línea 37. Asimetría de los datos de viento ENE (mensual).

- **Línea 38-41.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Este-Sureste.

Línea 38. Porcentaje de viento del ESE (mensual).

Línea 39. Promedio de velocidad de viento ESE (mph) (mensual).

Línea 40. Desviación estándar de viento ESE (mph) (mensual).

Línea 41. Asimetría de los datos de viento ESE (mensual).

- **Línea 42-45.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Sureste.

Línea 42. Porcentaje de viento del SE (mensual).

Línea 43. Promedio de velocidad de viento SE (mph) (mensual).

Línea 44. Desviación estándar de viento SE (mph) (mensual).

Línea 45. Asimetría de los datos de viento SE (mensual).

- **Línea 46-49.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Sur-Sureste.

Línea 46. Porcentaje de viento del SSE (mensual).

Línea 47. Promedio de velocidad de viento SSE (mph) (mensual).

Línea 48. Desviación estándar de viento SSE (mph) (mensual).

Línea 49. Asimetría de los datos de viento SSE (mensual).

- **Línea 50-53.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Sur.

Línea 50. Porcentaje de viento del S (mensual).

Línea 51. Promedio de velocidad de viento S (mph) (mensual).

Línea 52. Desviación estándar de viento S (mph) (mensual).

Línea 53. Asimetría de los datos de viento S (mensual).

- **Línea 54-57.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Sur-Suroeste.

Línea 54. Porcentaje de viento del SSO (mensual).

Línea 55. Promedio de velocidad de viento SSO (mph) (mensual).

Línea 56. Desviación estándar de viento SSO (mph) (mensual).

Línea 57. Asimetría de los datos de viento SSO (mensual).

- **Línea 58-61.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Sur-Suroeste.

Línea 58. Porcentaje de viento del SSO (mensual).

Línea 59. Promedio de velocidad de viento SSO (mph) (mensual).

Línea 60. Desviación estándar de viento SSO (mph) (mensual).

Línea 61. Asimetría de los datos de viento SSO (mensual).

- **Línea 62-65.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Oeste-Suroeste.

Línea 62. Porcentaje de viento del OSO (mensual).

Línea 63. Promedio de velocidad de viento OSO (mph) (mensual).

Línea 64. Desviación estándar de viento OSO (mph) (mensual).

Línea 65. Asimetría de los datos de viento OSO (mensual).

- **Línea 66-69.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Oeste-Suroeste.

Línea 66. Porcentaje de viento del OSO (mensual).

Línea 67. Promedio de velocidad de viento OSO (mph) (mensual).

Línea 68. Desviación estándar de viento OSO (mph) (mensual).

Línea 69. Asimetría de los datos de viento OSO (mensual).

- **Línea 70-73.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Oeste-Noroeste.

Línea 70. Porcentaje de viento del ONO (mensual).

Línea 71. Promedio de velocidad de viento ONO (mph) (mensual).

Línea 72. Desviación estándar de viento ONO (mph) (mensual).

Línea 73. Asimetría de los datos de viento ONO (mensual).

- **Línea 74-77.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Noroeste.

Línea 74. Porcentaje de viento del NO (mensual).

Línea 75. Promedio de velocidad de viento NO (mph) (mensual).

Línea 76. Desviación estándar de viento NO (mph) (mensual).

Línea 77. Asimetría de los datos de viento NO (mensual).

- **Línea 78-81.** Contiene la información sobre la dirección y velocidad del viento para la dirección Norte-Noroeste.

Línea 78. Porcentaje de viento del NNO (mensual).

Línea 79. Promedio de velocidad de viento NNO (mph) (mensual).

Línea 80. Desviación estándar de viento NNO (mph) (mensual).

Línea 81. Asimetría de los datos de viento NNO (mensual).

- **Línea 82.** Porcentaje de tiempo con condiciones de calma.

- **Línea 83.** Estaciones de las cuales fueron interpolados los datos de viento y el factor de peso asignado a cada estación. Esta línea no es utilizada internamente en CLIGEN, sin embargo la misma provee la información sobre las estaciones utilizadas en la construcción de las líneas 18-82.

Una vez establecida la forma de la base de datos climáticos de una estación CLIGEN (.cli) es importante delinear como se construyó la misma.

El programa CLIGEN necesario para generar el archivo .cli de la base de datos climáticos fue diseñado en el lenguaje Fortran 77, por ello los archivos de entrada deben cumplir con este formato. La construcción del archivo .cli, se realizó en varias etapas y en términos generales, consistió en generar un archivo .par a partir de un archivo .gds, utilizando para ello el programa GenStPar.exe (versión 1.004, Octubre 2003) como se indica en la Figura 3.5. Posteriormente, en forma manual se finalizó con la elaboración del archivo .cli.



Figura 3.5. Diagrama de construcción de la primera parte del archivo .cli.

El archivo .gds, se elaboró en una planilla (Tabla 3.1.) en la cual se colocó en la primera línea la información de la estación, tales como, número de identificación del país (tomado de la base de datos internacionales de

temperatura y precipitaciones, GDS), nombre del país, nombre de la estación, latitud (grados y minutos), longitud (grados y minutos) y elevación (metros). En las líneas siguientes, los datos diarios (año/mes/día) de temperatura máxima (0,1 °C), temperatura mínima (0,1 °C) y precipitación (0,1 mm).

Tabla 3.1. Formato del archivo Rodeo Viejo .gds.

87453	ARGENTINA		RODEO VIEJO	-3257	-6441	640
000101	278	188	0			
000102	276	169	26			
000103	279	163	86			
000104	245	143	114			
.....						

Una vez construido el archivo Rodeo Viejo .gds, se incorporó el mismo a la carpeta del programa GenStPar.exe. La ejecución de este último se realiza bajo DOS de Windows. El archivo .par generado, contiene las primeras 12 primeras líneas del archivo .cli de la base de datos de la estación climática.

Debido a que la construcción de la base de datos de la estación se realizó fuera de la base de datos de estaciones de Estados Unidos (allstations.txt), no fue posible generar a través del CLIGEN las líneas restantes del archivo .cli. Por ello, se elaboraron en forma independiente las líneas 13 a 82, de acuerdo a los requerimientos de cada una de ellas para el formato de una estación CLIGEN (.cli).

Es importante destacar que para la elaboración de la línea 17 al 81, debido a la complejidad para seleccionar los datos desde la estación meteorológica, se requirió de un programa para la primera línea y de otro que involucrara las líneas 18 al 81, respectivamente.

Posteriormente, se reemplazaron estos valores en un archivo .cli de una estación existente en los Estados Unidos, y de esta manera se generó el archivo "Rodeo Viejo .cli". Este último fue incorporado a la base de datos del CLIGEN, como así también el nombre del país para que la estación fuera reconocida por el programa.

En la construcción de la base de datos climática "Rodeo Viejo.cli" se utilizó la información climática de la Estación Rodeo Viejo, a excepción de las líneas 13 y 14 que se efectuó con los datos de la Estación La Aguada.

Además, como la aplicación del modelo WEPP se corrió por eventos de tormentas, en el archivo de clima se debe ingresar, cada evento como una tormenta simple. Por ello, considerando los eventos potencialmente erosivos y teniendo en cuenta que en los mismos se haya efectuado la medición directa de la pérdida de suelo y el escurrimiento, se seleccionó de cada evento la tormenta más importante, de acuerdo a la cantidad, duración e intensidad máxima de la precipitación, como así también, el tiempo en alcanzar la intensidad máxima respecto a la duración de la tormenta (Tiempo al pico).

Por otra parte, en esta investigación en el archivo de clima se seleccionó la versión del CLIGEN 4.3 para la corrida del mismo.

3.6.2.2. Entrada de datos de pendiente

El modelo WEPP requiere información acerca de la geometría del paisaje, la cual está integrada en el archivo de pendiente. La información incluye orientación, longitud y gradiente en distintos puntos del perfil.

En las aplicaciones del perfil del WEPP, el usuario puede visualizar el perfil de la pendiente como una línea que corre de arriba hacia abajo de la misma, teniendo un ancho representativo que se aplica al campo completo o a una porción del mismo.

El modelo WEPP permite simular distintos tipos de uniformidades sobre la pendiente, a través del uso de elementos de flujo superficial (OFE). Cada elemento de flujo superficial sobre una pendiente es una región con suelos homogéneos, cultivos y manejo.

En el editor del perfil de la pendiente se encuentra la información topográfica para la simulación del WEPP. La información puede ser incorporada por dos vías: 1) segmentos de línea recta (vista de línea), en la cual la interfase inserta secciones de transición curvada, 2) pendiente por puntos (vista de curva), en la cual dos o más puntos de la pendiente se usan para generar una pendiente curva.

El archivo de entrada de pendiente esta estructurado en secciones, y las mismas son las siguientes:

- A. Segmento de línea recta**
- B. Puntos de la pendiente**
- C. Largo del segmento**
- D. Pendiente del segmento**
- E. Distancia del punto**
- F. Pendiente del punto**
- G. Condiciones de la pendiente**
- H. Transición**
- I. Orientación**
- J. Ancho del perfil**

A continuación se describen las secciones anteriormente enunciadas.

A. Segmento de línea recta

Cuando se utiliza la opción de segmento de línea recta se introducen tres segmentos de línea recta. El largo puede ser solamente en distancia horizontal. La condición en la parte superior y en la base del perfil de la pendiente se basan en las opciones de los campos de entrada, los que se seleccionan usando listas de disminución de la pendiente.

B. Puntos de la pendiente

La segunda vía para entrar la información topográfica es a través de dos o más puntos de pendientes y valores escalonados de pendiente. Luego se

selecciona la opción "vista en curva" en la pantalla.

En la presente investigación se seleccionó la entrada de información topográfica como puntos de la pendiente.

C. Largo del segmento (vista en línea)

Es el largo horizontal de un segmento de pendiente uniforme (metros). Es importante expresar que cuando el largo total de la pendiente excede los 100 metros, el modelo WEPP puede sobreestimar las pérdidas de suelo.

D. Pendiente del segmento (vista en línea)

Es el gradiente del segmento de la pendiente (%).

E. Distancia del punto (vista en curva)

Es la distancia horizontal acumulativa desde parte superior del perfil hasta un punto de la pendiente (metros).

La distancia horizontal del punto usada en la aplicación del modelo WEPP fue de 20 metros para cada uno de los tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril y en las secciones de la pendiente El Vertedero.

F. Pendiente del punto (vista en curva)

Es el gradiente de la pendiente en un punto medido en porcentaje (%).

El valor del gradiente en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril y en las secciones de la pendiente El Vertedero utilizado fue medido a través del relevamiento topográfico detallado.

G. Condiciones de la pendiente

La condición de pendiente usa campos de entradas para describir las condiciones desde la parte superior hasta la inferior de un perfil en una vista lineal. Las opciones para describir la pendiente desde la parte superior son:

plano, uniforme, convexo, cóncavo. Por otra parte, las opciones para describir la parte inferior del perfil son: cóncavo, uniforme y convexo.

H. Transición

El área de transición representa la cantidad entregada de segmentos de pendiente uniforme que será convertida en regiones de transición curva. Un pequeño valor de área de transición resultará en un perfil que tiene distintos segmentos uniformes de pendiente, mientras un valor grande de área de transición creará un perfil con curvas más parecidas a la natural. Por ello, se recomienda que el usuario modifique el área de transición, y observe si el perfil curvo representa bien el sitio modelado. El rango es de 2-90%, por defecto es el 20%.

I. Orientación

Es la dirección de la pendiente del perfil en grados desde el norte en sentido horario de 1 a 360 grados. En la pendiente Pozo del Carril la dirección de la pendiente es de 280° y en la pendiente El Vertedero de 100°.

J. Ancho del perfil

Es el ancho sobre el cual el perfil representativo es aplicado. El valor del ancho es usado para calcular el total de sedimento aportado desde el perfil de la pendiente. El ancho usado en las simulaciones de las pendientes estudiadas es de 1 metro debido a que este valor es el ancho de los colectores de sedimentos utilizados para las mediciones directas de pérdida de suelo, y de esta manera hacer comparable las mediciones directas y las simuladas por el WEPP.

Es importante establecer que en esta investigación se optó, como se mencionara anteriormente, por ingresar la información topográfica a través de puntos de pendientes "vista en curva", por ello las secciones A, C, D, G y H correspondientes a la opción de pendiente en línea recta, no fueron consideradas.

3.6.2.3. Entrada de datos de suelo

Los datos de entrada para el modelo WEPP a través del archivo de suelo es la información sobre las propiedades del suelo hasta un máximo de 1,8m. El WEPP genera internamente un nuevo conjunto de estratos basados en los valores del conjunto de parámetros original. Como ocurre con el archivo de pendiente, los parámetros de suelo deben ser entrados para cada elemento de escurrimiento superficial (*OFE*) sobre el perfil de la pendiente, aun cuando el suelo en todos los elementos del escurrimiento sea el mismo. La estimación precisa de los parámetros físicos e hidrológicos del suelo es esencial para operar con el modelo de predicción de la erosión.

El archivo de entrada de suelo esta estructurado en secciones y las mismas son las siguientes:

- A. Nombre del suelo**
- B. Textura del suelo**
- C. Albedo**
- D. Nivel de saturación inicial**
- E. Erodabilidad laminar**
- F. Erodabilidad en surco**
- G. Corte crítico**
- H. Conductividad hidráulica efectiva**
- I. Horizontes del suelo**
- J. Profundidad del horizonte**
- K. Porcentaje de arena**
- L. Porcentaje de arcilla**
- LL. Porcentaje de materia orgánica**
- M. Capacidad de intercambio catiónico**
- N. Porcentaje de roca**

A continuación se describen las secciones anteriormente enunciadas.

A. Nombre del suelo

Este es el nombre de la fila que tiene la información de suelo en estudio.

B. Textura del suelo

La clase de textura del suelo corresponde al horizonte superior del mismo. Este nombre es solamente de información y no es una variable dentro del modelo.

C. Albedo

El albedo es el porcentaje de la radiación solar que se refleja a la atmósfera. Este parámetro es usado para estimar la radiación neta que alcanza la superficie del suelo. Los valores posibles son de 0 a 100%. El parámetro de entrada en el WEPP del albedo del suelo es un valor para una superficie de suelo seco y desnudo. El modelo ajustara internamente el valor del albedo para los efectos de humedad del suelo, vegetación, cobertura de residuos y nieve.

El albedo del suelo para una superficie seca se estimó en la investigación por la ecuación propuesta por Baumer (1990).

$$\%Albedo = \frac{0.6}{e^{(0.4 \cdot mat.org.)}} \quad 6.$$

Donde, *mat.org.* = % materia orgánica

D. Nivel de saturación inicial

El nivel inicial de saturación (*SAT*) es el porcentaje de la porosidad ocupada por agua al comienzo de la simulación. La opción de simulación continua del modelo WEPP opera para un mínimo de un año comenzando el 1 de enero. Por ello, el contenido inicial de agua en el suelo se refiere al contenido de agua del 1 de enero del primer año de simulación. El rango de valor es de 0 a 100%.

Este parámetro es usado para indicar el contenido de agua del suelo de cada horizonte del suelo. El contenido total de agua del suelo (*SW*) y el contenido de agua disponible (*ST*) para la planta en cada horizonte es calculado por el WEPP usando las siguientes ecuaciones:

→ El contenido inicial de agua del suelo

$$(SW, m / horizonte) = (SAT \cdot POR \cdot RFG) \cdot DG \quad 7.$$

→ El contenido de agua disponible para la planta

$$(ST, m / horizonte) = ((SAT \cdot POR \cdot (1 - RFG) - THETDR) \cdot DG \quad 8.$$

Donde, POR = porosidad del horizonte [cm^3/cm^3],

RFG = corrección de la porosidad por el contenido de roca,

DG = espesor del horizonte [m],

$THETDR$ = contenido volumétrico de agua del suelo a 1500 kPa de tensión [cm^3/cm^3].

El contenido de agua del horizonte superior del suelo cambia diariamente dependiendo de la infiltración de las precipitaciones, del agua de riego y/o nieve derretida, evaporación del suelo y percolación hacia las capas inferiores. El contenido de agua del horizonte superior del suelo esta sujeto a cambios debido a la percolación, transpiración de las plantas, y/o flujo por drenaje.

El valor recomendado para el nivel de saturación inicial es de 70% con 33kPa (capacidad de campo) para la mayoría de los suelos. Siendo este valor el utilizado en la presente investigación.

E. Erodabilidad entre surco

La erodabilidad entre surco de base (K_i) refleja la susceptibilidad de un suelo al desprendimiento por impacto de la gota de lluvia y el flujo superficial.

Si el usuario no conoce la erodabilidad entre surco (K_i) del suelo, podrá calcular el mismo a través del modelo WEPP. Por otro lado, se puede estimar el valor (K_i) a través de la ecuación propuesta por Elliot *et al.* (1989) para suelos cultivados con 30% o más de arena en el horizonte superficial.

$$K_i = 2728000 + 192100 \cdot (\% \text{ Arena muy fina}) \quad 9.$$

El porcentaje de arena muy fina no debe exceder el 40%. Si el valor es mayor se debe utilizar 40%.

En la presente investigación, la erodabilidad entre surco fue estimada a través de la fórmula propuesta [9] y además se optó por que la misma fuera calculada por el modelo WEPP. Sin embargo, respecto a la erodabilidad calculada por fórmulas, es importante aclarar que los porcentajes de arena muy fina de los horizontes superficiales en las pendientes estudiadas son superiores al 40%.

F. Erodabilidad en surco

La erodabilidad base en el surco (K_r) refleja la susceptibilidad de un suelo al corte y desprendimiento por el flujo de agua en surco.

Si el usuario no conoce la erodabilidad en el surco (K_r), podrá calcular el mismo a través del modelo WEPP. Por otra parte, podrá estimar el valor (K_r) a través de la ecuación propuesta por Elliot *et al.* (1989) para suelos cultivados con 30% o más de arena en el horizonte superficial.

$$K_r = 0,00197 + 0,00030 \cdot (\% \text{ Arena muy fina}) + 0,003863 \cdot e^{-1,84 \cdot \text{Mat. Org.}} \quad 10.$$

Donde: *mat.org.* = % materia orgánica del suelo.

El valor del % arena muy fina no debe exceder el 40%, si el valor es mayor se debe utilizar 40%. Además, el porcentaje de materia orgánica debe ser mayor a 0,35%, y si el valor es menor debe usarse 0,35%.

La erodabilidad en surco fue calculada a través de la fórmula propuesta [10] y estimada por el modelo WEPP.

G. Corte crítico

El corte hidráulico crítico base (τ_c) es un valor umbral debajo del cual no ocurre el desprendimiento en el surco.

Si el usuario no conoce el valor (τ_c), podrá calcular el mismo a través del modelo WEPP. Por otro lado, podrá estimar el valor (τ_c) a través de la ecuación propuesta por Elliot *et al.* (1989) para suelos cultivados con 30% o más de arena en el horizonte superficial.

$$\tau_c = 2,67 + 0,065 \cdot (\% \text{ Arcilla}) - 0,058 \cdot \% \text{ Arena muy fina} \quad 11.$$

Al igual que la erodabilidad entre surco y en surco el porcentaje de arena muy fina no debe exceder el 40%. Si el valor es mayor se debe utilizar 40%. Además, el porcentaje de arcilla debe ser inferior al 40% y si el valor es mayor debe usarse 40%.

El corte hidráulico crítico base (τ_c) fue calculada a través de la fórmula propuesta [11] y estimada por el modelo WEPP.

H. Conductividad hidráulica efectiva

El parámetro clave para WEPP en términos de infiltración es la conductividad efectiva (K_e) de Green y Ampt. Este parámetro está relacionado a la conductividad saturada del suelo, pero es importante expresar que no es el mismo o igual en valor a la conductividad saturada del suelo. El segundo parámetro relacionado al suelo en el modelo de Green y Ampt es el potencial mátrico del frente de humectación. Este término es calculado internamente por WEPP como una función del tipo de suelo, contenido de humedad y densidad aparente, y no es una variable de entrada del modelo.

El valor de la conductividad efectiva (K_e) del suelo puede ser una variable de entrada del archivo de suelo. Si el usuario no conoce la conductividad efectiva del suelo, puede colocar el valor cero y el modelo WEPP calculará el valor basado en la ecuación que se presenta a continuación, para el caso de "tiempo variable".

El modelo corre en dos modos:

- a) Usando la **conductividad efectiva de referencia o base** (K_b) que el modelo ajusta automáticamente dentro de los cálculos de simulación continua como una función del manejo del suelo y de las características de las plantas; o
- b) Usando un valor de entrada **constante de conductividad efectiva** (K_e).

El archivo de suelo contiene una señal (cero ó uno) que el modelo usará para distinguir entre los dos modos. El valor "uno" indica que el modelo espera que el usuario entre el valor de K_b que es una función solamente del suelo, y que será internamente ajustada teniendo en cuenta las prácticas de manejo. El valor "cero" indica que el modelo esta esperando que el usuario entre el valor de K_e , el que no será internamente ajustada, y debe ser representativo de las características del suelo y de las practicas de manejo que se están modelando. Es esencial que la señal en el archivo de suelo sea consistente en conjunto con la entrada del valor de la conductividad efectiva para la capa superior del suelo.

La **conductividad efectiva de referencia o base** (K_b) puede ser estimada utilizando la siguiente ecuación para suelos con $\leq 40\%$ de contenido de arcilla.

$$K_b = -0.265 + 0.0086 \cdot (100 \cdot \% \text{ Arena})^{1.8} + 11.46 \cdot \text{CIC}^{-0.75} \quad 12.$$

Donde la capacidad de intercambio catiónico (CIC, meq/100g) del suelo debe ser siempre mayor que 1 meq/100g. Estas ecuaciones derivan de la optimización del modelo para medir la cantidad de escurrimiento con la curva número.

Para desarrollar las relaciones de estas ecuaciones, Alberts *et al.* (1995) utilizaron cuarenta y tres archivos de suelos. La eficiencia del modelo es una cuantificación de que tan bien predice el modelo el escurrimiento basado en

una tormenta individual. En cada uno de los lugares evaluados, el modelo estimó mejor los valores para tormentas individuales usando los valores de K_b estimados por la ecuación [12], mencionada anteriormente, que aquellas aproximadas por la curva número. Por ello, cuando se trata de la predicción de erosión es más importante predecir lo que ocurre con una tormenta individual que predecir el volumen total de escurrimiento, debido a que un número relativamente pequeño de tormentas intensas son las que causan mayor erosión.

Físicamente, el valor de K_b se muestra aproximado al valor de K_e para la primera tormenta luego de la labranza sobre barbecho.

Los valores de la **conductividad efectiva constante** (K_e) deben representar tanto al tipo de suelo como a las prácticas de manejo. El método de cálculo es una aproximación a la curva número para predecir el escurrimiento, y de hecho, el procedimiento de estimación de la K_e constante en el tiempo fue derivado usando optimizaciones de la curva número, entonces el volumen de escurrimiento predicho puede corresponder a la predicción de la curva número. Una de las diferencias entre este método respecto al de la curva número es que no es necesaria la corrección de humedad del suelo, ya que el WEPP toma exactas diferencias de humedad mediante ajustes internos del potencial mátrico del frente de humectación de la ecuación de Green y Ampt. La estimación de la **conductividad efectiva constante** (K_e) en el tiempo involucra dos pasos. En el primer paso se calcula K_e de un suelo en barbecho (K_{ef}). En el segundo paso la K_{ef} del suelo es ajustada basándose en las prácticas de manejo usando una relación de escurrimiento para obtener el valor de entrada K_{ec} .

Debido a la importancia que tiene la conductividad hidráulica en el proceso de erosión, en la presente investigación, se aplicó el modelo WEPP teniendo en cuenta varias opciones de este parámetro. Por un lado, la K_e

variable en el tiempo fue calculada por el modelo teniendo en cuenta las características del suelo y ajustada internamente por el mismo para las condiciones de manejo del suelo y las plantas. Por otra parte, usando la conductividad efectiva de base (K_b) que el modelo ajusta automáticamente dentro de los cálculos de simulación como una función del manejo del suelo y de las características de las plantas. Esta última opción fue elegida teniendo en cuenta que de acuerdo a lo observado por Albert *et al.* (1995) el modelo realiza una mejor predicción usando los valores de K_b cuando se evalúa la predicción de erosión en tormentas individuales.

Además, se efectuaron cálculos de estimación de predicción de la erosión hídrica laminar y el escurrimiento teniendo en cuenta la velocidad de infiltración básica obtenida a campo y ajustada por la ecuación de Kostiacov.

I. Horizontes del suelo

El número de horizontes del suelo depende de la variabilidad del suelo y de las propiedades físicas de los mismos. Pueden ser definidos más de 8 horizontes. Si las propiedades físicas, tales como la textura, no son muy diferentes entre dos capas, se recomienda solo la entrada de un horizonte. El modelo WEPP internamente redefine horizontes del suelo (aumentando o disminuyendo horizontes) en incrementos apropiados para las relaciones de infiltración y percolación.

J. Profundidad del horizonte

La profundidad de cada horizonte se toma desde la superficie hasta la base de cada horizonte del suelo. El rango es de 10 a 1200 mm.

K. Porcentaje de arena

Es el porcentaje de arena contenido en el horizonte del suelo. En el WEPP, el contenido de arena es usado para estimar los parámetros del suelo tales como densidad aparente, porosidad, curva de retención de agua, y la conductividad hidráulica efectiva. El rango es de 0 a (100 - % arcilla).

L. Porcentaje de arcilla

Es el porcentaje de arcilla contenido en el horizonte del suelo. En el WEPP, el contenido de arcilla es usado para estimar los parámetros del suelo, tales como, densidad aparente, porosidad, curva de retención de agua, y la conductividad hidráulica efectiva. El rango es de 0 a (100 - % arena).

LL. Porcentaje de materia orgánica

La materia orgánica en el suelo modifica las propiedades físicas de los mismos. La materia orgánica es generalmente responsable del incremento de la porosidad, mejora las relaciones agua-aire, y reduce la erosión por el viento y el agua. En el WEPP la materia orgánica es usada para calcular la densidad aparente, porosidad, curva de retención de agua, y los parámetros de erodabilidad.

M. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico es la cantidad de cationes adsorbidos sobre las partículas por unidad de masa del suelo bajo condiciones químicamente neutras (meq/100g). La capacidad de intercambio catiónico se usa en los parámetros de estimación de las ecuaciones de la conductividad hidráulica. El rango de valores es de 1 a 150.

N. Porcentaje de roca

En el modelo WEPP, los fragmentos de roca reducen el área de sección transversal del perfil del suelo y la conductividad hidráulica del suelo, la porosidad y el contenido de agua volumétrica.

En la construcción de las diferentes filas del archivo de suelo se utilizó la información de la descripción de los perfiles de suelos, los datos químicos, físico-químicos y físicos de los suelos de los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril y de las secciones de la pendiente El Vertedero, obtenida de acuerdo a metodología señalada en el punto 3.4. (Caracterización de los suelos) del presente Capítulo.

3.6.2.4. Entrada de datos de plantas y manejo

El archivo de manejo contiene toda la información que el WEPP necesita para describir las prácticas de manejo que ocurrirán durante la simulación del modelo. Asociado a este editor esta la información del manejo del cultivo.

La información del archivo de plantas – manejo esta relacionada a parámetros de las plantas (comunidades de pastizales y cultivos anuales y perennes), secuencia de labranzas y parámetros de los implementos utilizados, manejo de las plantas y residuos, condición inicial, contorno, drenaje subsuperficial y rotaciones de cultivos.

El archivo de manejo y plantas esta estructurado en las siguientes secciones:

A. Condición inicial

B. Base de datos de las plantas de cultivos (anual y perenne)

C. Base de datos de las operaciones de labranza

D. Contorno

E. Pastoreo

F. Adición o remoción de residuo

G. Riego

Se describen a continuación las secciones anteriormente enunciadas.

A. Condición inicial

La condición inicial de cultivo es la primera información requerida en la sección de manejo y esta relacionada a las condiciones existentes al 1 de enero. En una simulación continua, en la que generalmente se consideran varios años en las que el disturbio significativo del suelo y de los residuos es causado por las labranzas, el efecto de la condición inicial en la salida del modelo es mínimo. Sin embargo, en una simulación de tormenta simple se debe ingresar los valores mejor ajustados a las condiciones iniciales debido a que afectan la salida del modelo.

La base de datos de la "**condición inicial de cultivo**" requiere de la siguiente información:

► **Cultivo inicial**

El cultivo inicial es el nombre del cultivo previo a la simulación. En la pendiente Pozo del Carril y en la pendiente El Vertedero el cultivo antecesor a la simulación fue maíz y soja, respectivamente.

► **Densidad aparente**

Es la densidad aparente del suelo después de las labranzas y presenta un rango de 0,8 a 1,5. El WEPP usa la densidad aparente para estimar la densidad aparente actual en el primer día de la simulación. La densidad aparente se incrementara hacia un valor de densidad aparente consolidada en función del impacto de la lluvia y los días posteriores a la labranza.

Si el usuario no esta seguro del valor de densidad aparente debe introducir el valor cero. Otra opción puede ser correr el modelo y generar un archivo de salida de la condición inicial, el cual proveerá una buena estimación de la densidad aparente y de otros parámetros.

En la presente investigación se consideraron los valores de densidad aparente obtenidos al comienzo de la presente investigación en los diferentes sistemas de la pendiente Pozo del Carril y en las secciones de pendiente El Vertedero que se presentan en las Tablas 4.5.2. y 4.5.9. (Capítulo 4. ítem 4.5.).

► **Cobertura inicial del canopeo**

La cobertura inicial del canopeo es el porcentaje de la superficie con cobertura vegetal. El rango de valores es de 0 a 100%.

Los valores de cobertura inicial de canopeo en ambas pendientes fueron estimados de acuerdo a la metodología señalada en el ítem 3.2.

► ***Días desde la última labranza***

Son los días desde la última labranza antes de comenzar con la simulación. Se usa en la inicialización de los parámetros densidad aparente y erodabilidad.

El número de días desde la última labranza fue tomado del registro de las operaciones llevado a cabo en las pendientes.

► ***Días desde la última cosecha***

Son los días desde la última cosecha antes de comenzar con la simulación. Se usa en la inicialización de las curvas en función de la descomposición de residuo.

El número de días desde la última cosecha fue tomado, como en el punto anterior, del registro de las operaciones llevado a cabo en las pendientes.

► ***Profundidad congelamiento***

La profundidad del suelo congelado al comienzo de la simulación [cm]. Este valor fue cero ya que el área de estudio no presenta suelo congelado.

► ***Cobertura entre surco***

La cobertura entre surco es el porcentaje de la superficie entre surcos que esta cubierta por residuos como una visualización desde la cabecera. El valor es de 0 a 100%.

En el estudio la cobertura entre surco considerada fue estimada a campo por visualización.

► ***Residuo inicial de cultivo***

El residuo inicial del cultivo describe el sistema de cultivo previo. Representa el tipo de residuo de plantas que están presentes el primer día de

simulación. El tipo de planta es necesario ya que deben ser asignados los valores apropiados de los parámetros de descomposición del residuo actual. Para definir el residuo del sistema de cultivo se usa el tipo de manejo del cultivo para el cultivo que produjo el residuo presente en el campo. El mismo tiene opción de anual, perenne o barbecho.

Los cultivos considerados en esta investigación fueron anuales.

► ***Precipitación acumulada***

La precipitación acumulada es medida desde la labranza para determinar el contenido de humedad del suelo [mm]. Este valor es utilizado para iniciar la valoración de los parámetros densidad aparente, rugosidad y altura del surco. El valor de la lluvia acumulada puede ser generada por el WEPP para algunos periodos de años de simulación y crear una condición inicial como salida, y luego usa las condiciones existentes al final del periodo de simulación para las condiciones iniciales.

La precipitación acumulada fue calculada a partir de la información de la Estación Meteorológica Rodeo Viejo.

► ***Altura inicial de surco***

Es la altura inicial del surco después de la última labranza medida en centímetros. Es utilizada en el modelo para iniciar la valoración de la altura del surco en el primer día de simulación. La altura del surco (junto con el espaciamiento del surco) se usa para determinar la pendiente del borde del surco. Esto es importante en la determinación del desprendimiento y sedimentación entre surco aportado al surco.

La altura inicial del surco después de la última labranza fue medida a campo en los sitios estudiados.

► **Cobertura inicial del surco**

Es el porcentaje del área superficial del surco con cubierta. Es el porcentaje de la superficie en los canales del surco que esta cubierta por residuos visto desde la cabecera con un rango de 0 a 100%.

La cobertura del surco en las pendientes analizadas fue estimada a campo.

► **Rugosidad inicial del surco**

La rugosidad inicial del surco es la rugosidad después de la última labranza y es medida en centímetros. La rugosidad del suelo dentro del WEPP es usada para determinar el almacenamiento en las depresiones, la acumulación de nieve y la entrega de sedimento entre surco. El valor se usa para iniciar el valor de la rugosidad aleatoria en el primer día de simulación. La rugosidad aleatoria decrece exponencialmente desde un valor inmediatamente después de la labranza como una función de la lluvia acumulada desde la última y el contenido de limo del suelo. A cada implemento de labranza se le asigna un valor de rugosidad aleatoria después del paso del implemento.

La rugosidad del surco después de la última labranza, fue estimada de la observación directa a campo en las diferentes situaciones estudiadas.

► **Espaciamiento del surco**

Es el promedio del espaciamiento entre surcos [cm]. Es el espaciamiento promedio de los surcos o flujos concentrados. Por defecto el WEPP asume un valor de 100cm, basado en estudios experimentales de campo en suelos recién labrados.

En algunas simulaciones, el usuario puede desear introducir un valor del espaciamiento del surco; este valor debería ser más grande o igual al ancho del surco. Si se utiliza un valor de cero para el espaciamiento, el modelo toma un valor de 100cm.

En el presente estudio se tomó el valor promedio del espaciamiento entre surcos por la medición directa a campo en los diferentes sistemas de la pendiente Pozo del Carril y en las secciones de pendiente El Vertedero.

► **Tipo de ancho de surco**

El tipo de ancho de surco distingue entre temporario o permanente. Los surcos (pequeñas concentraciones de flujos) pueden ser temporarios cuando serán destruidos por la labranza o permanentes cuando no son destruidos por la misma. En muchas situaciones de cultivos los surcos por definición son temporarios, ellos son destruidos por la labranza y reaparecen en diferentes posiciones siguiendo las lluvias y el escurrimiento sobre suelos recientemente labrados. En algunas situaciones el usuario puede indicar que los surcos no son destruidos por la labranza y ellos están presentes en un lugar físico.

En las situaciones estudiadas se consideró un tipo de surco temporario.

► **Profundidad inicial de la nieve**

Es la profundidad de la nieve acumulada sobre la superficie al comienzo de la simulación [cm].

Este valor fue cero debido a que en el área de estudio durante el período de simulación no se registró precipitación nívea.

► **Profundidad inicial de deshielo**

Es la profundidad de suelo descongelado al comienzo de la simulación [cm].

Este valor fue cero ya que el área de estudio no presenta suelo congelado.

► **Profundidad labor secundaria**

Es la máxima profundidad desde la superficie del suelo hasta la capa secundaria por labranza expresada en centímetros [cm].

La profundidad de la labranza secundaria en los diferentes sistemas estudiados fue establecida de las observaciones de campo.

► **Profundidad labor primaria**

Es la máxima profundidad desde la superficie del suelo hasta capa primaria de labranza expresada en centímetros [cm].

La profundidad de la labranza primaria en los diferentes sistemas analizados fue estimada de las observaciones de campo.

► **Ancho inicial del surco**

Es el ancho de algún surco preexistente al comienzo de la simulación [cm]. Este parámetro es muy importante desde los anchos relacionado directamente con el ancho a la cantidad prevista de flujo hidráulico cortante actuante sobre el suelo en el surco y proveyendo la capacidad de transporte del sedimento. El WEPP puede internamente estimar el valor del ancho del surco como una función de descarga del flujo. Luego de una operación de labranza se podría esperar que algunos surcos fueran destruidos y que el ancho del surco fuera internamente recalculado dentro del WEPP como de valor cero.

El ancho inicial del surco preexistente tomado en las situaciones estudiadas fue cero debido a que no fue posible contar con este valor.

► **Masa total de raíces muertas**

Es el total de la masa de raíces muertas remanentes del cultivo previo [kg/m²] menos la descomposición.

La masa total de raíces muertas en las diferentes situaciones estudiadas fue cero por no disponer de esa información.

► **Masa inicial de residuo enterrado**

Es la masa total de residuo que ha sido enterrado por las operaciones de

labranza [kg/m^2].

Al igual que el punto anterior la masa inicial de residuo fue cero por no disponer de esa información.

En la presente investigación la construcción de la condición inicial se efectuó con la información del año anterior al comienzo de las simulaciones de las tormentas simples en las dos pendientes analizadas. Esto es debido a que los ciclos de tormentas estudiadas se desarrollan en dos años calendario, y de esa forma los eventos anteriores al 1 de enero están comprendidos en el primer ciclo del archivo construido.

Por otra parte, se observó en el archivo de entrada de plantas y prácticas de manejo, el inconveniente de poder introducir sólo una condición inicial al comienzo del periodo de simulación considerado y la imposibilidad de incorporar en el mismo las diferentes condiciones iniciales correspondientes a los ciclos de cultivos estudiados.

B. Base de datos de las plantas de cultivos

El modelo de crecimiento de cultivos del modelo WEPP es una modificación del modelo de crecimiento EPIC (Williams, 1989) el cual relaciona el estrés de agua y de temperatura sobre la producción de biomasa y los rendimientos de la cosecha. El componente de cultivos del WEPP fue diseñado para que los parámetros puedan ser ajustados en cada uno de los diferentes cultivos y sus variedades. Los componentes de crecimiento de cultivos no fueron propuestos para servir como un modelo de predicción de rendimientos, por ello el usuario está advertido de tomarlos con precaución cuando ajuste los valores de los parámetros para superar posibles errores. En casos donde los valores actuales de rendimiento-biomasa son muy diferentes de aquellos previstos por el WEPP o los parámetros no están disponibles para un cultivo en particular de interés, los parámetros de las plantas deberán ser ajustados con cuidado.

Cuando el cultivo de interés no está en la lista de opciones, se sugiere comenzar con los parámetros de cultivo de uno similar que exista en el archivo de manejo. Si esta opción no es factible, el Sistema de Base Inteligente de Parámetros de Cultivo (CPIDS) puede ser consultado para la asistencia en la parametrización.

Los parámetros de cultivo pueden ser también redefinidos para reflejar mejor el crecimiento y las condiciones estacionales locales. Este afinamiento simulará mejor las condiciones de crecimientos en el campo y no justificará ajuste en los rendimientos del cultivo.

En el modelo WEPP la base de datos de plantas está organizada por secciones.

A continuación se presentan los parámetros establecidos por el modelo en las diferentes secciones.

→ **Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha**

▶ ***Relación de la energía de la biomasa***

La relación de la energía de la biomasa de un cultivo es un parámetro para convertir energía a biomasa. Este refleja la relación de crecimiento potencial de un cultivo por unidad de radiación activa interceptada fotosintetizable [Kg/MJ].

Este parámetro puede cambiar mucho el valor del crecimiento, la incidencia del estrés durante la estación de crecimiento y el rendimiento en el modelo. Los datos del parámetro deben reflejar las condiciones sin estrés como serían por ejemplo, estrés por nutrientes, temperatura o agua.

▶ ***Grado - días de crecimiento para la emergencia***

Son las unidades de calor desde la siembra a la emergencia [°C/días]. Cuando la acumulación de grados de temperatura después de la siembra

alcanza este valor, la planta emerge y aparece biomasa.

El modelo WEPP considerará la emergencia de las plantas cuando el parámetro (días grados de emergencia) es alcanzado ó a los 14 días después de la siembra, el que se cumpla primero.

► **Grado - días para la estación de crecimiento**

Este valor representa la acumulación potencial de unidades calóricas ó grados de temperaturas crecientes desde la siembra a la madurez [°C/días]. Los grados de crecimiento comienzan a acumularse al momento de la siembra y una vez que se alcanza el parámetro (grados - días de crecimiento) el desarrollo de la planta se detiene y no se realiza el seguimiento hasta el comienzo de la caída de las hojas o la cosecha.

Si el usuario no conoce los días grado de crecimiento hasta la madurez del cultivo, debe ingresar el valor cero del parámetro y el modelo calculará el valor basado en la fecha de siembra y cosecha.

► **Espaciamiento de las plantas en el surco**

Es la distancia entre plantas [cm]. Este valor se utiliza para calcular el área basal de la población de plantas.

► **Diámetro de las plantas en madurez**

Es el diámetro de los tallos de las plantas en la madurez. Esta medida debe ser realizada en la base de los tallos cerca de la superficie del suelo [cm]. En el caso de los cultivos que no alcanzan la madurez hasta la cosecha, se usa el diámetro del tallo máximo.

El diámetro de las plantas en madurez debe reflejar la porción de los tallos en la base de la planta cerca de la superficie del suelo. Este parámetro se usa para iniciar la cantidad de residuos.

► **Altura del residuo post cosecha**

Es la altura del residuo en pie post cosecha o altura de corte [cm]. Este debe reflejar la cantidad del residuo en pie para convertirse en cobertura de la superficie.

Este parámetro es importante también en los cultivos perennes en una cosecha de corte, tales como, una cosecha para silo de los cultivos anuales.

► **Índice de cosecha**

El índice de cosecha es para cultivos sin estrés y es la relación del rendimiento del cultivo seco sobre la biomasa superficial [%]. Este parámetro de cultivo debe basarse en datos experimentales donde el estrés del cultivo haya sido minimizado para lograr su potencial de crecimiento.

El componente de desarrollo de cultivo del modelo WEPP usa el índice de cosecha y se ajustan al estrés hídrico para estimar el rendimiento del cultivo. El concepto del índice de cosecha fue originalmente desarrollado para cultivos de granos y ha sido extendido para cultivos de tubérculos y para aquellos donde la biomasa vegetativa es cosechada. El WEPP no usa el índice de cosecha para cultivos perennes con múltiples cortes. La biomasa cosechada es estimada como una función de la altura de corte y de altura de la canopia.

→ **Parámetros de temperatura y radiación**

► **Base diaria de la temperatura del aire**

Este parámetro es la base diaria de temperatura necesaria para el crecimiento de la planta [°C]. Cuando el promedio de temperaturas del aire excede la temperatura base de la planta se inicia el crecimiento. La temperatura base es estable para los cultivares dentro de cada especie. Por eso, no se recomienda cambiar este parámetro. Para compensar las variedades de cultivos con una estación de crecimiento corta o larga y diferentes localizaciones geográficas, se puede modificar la suma de grados de crecimiento hasta la maduración.

► **Temperatura óptima de crecimiento de la planta**

Es la temperatura del aire [°C] óptima para el crecimiento de la planta y es específico y estable para cultivares dentro de cada especie. Este parámetro se recomienda que no sea cambiado una vez que es determinado para un cultivar. Las diferencias en variedades y longitudes de madurez deben ser tenidas en cuenta en los grados de temperaturas crecientes hasta emergencia y madurez. El estrés de temperatura es una función de la temperatura óptima de crecimiento de la planta y ocurre cuando la temperatura del aire es significativamente mayor o menor a la temperatura óptima de crecimiento de la planta.

► **Temperatura máxima que inhibe el desarrollo de un cultivo**

Es la temperatura máxima [°C] que inhibe el desarrollo sólo para cultivos perennes. En los cultivos anuales el valor de este parámetro es cero.

► **Temperatura crítica mínima para un cultivo**

Es la temperatura mínima [°C] que inhibe el desarrollo de un cultivo perenne y causa la inactividad de la planta. En los cultivos anuales el valor de este parámetro es cero.

► **Coeficiente de extinción de la radiación**

El coeficiente de extinción de la radiación se utiliza para calcular la radiación fotosintética activa interceptada a partir de la radiación solar diaria y el índice de área foliar.

→ **Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces**

► **Coeficiente de cobertura de la canopia**

El coeficiente de cobertura de la canopia es usado para calcular la canopia como una función de la materia vegetal seca. Como el valor del coeficiente de cobertura de la canopia se incrementa, la relación del desarrollo de la cobertura de la canopia es una función del incremento de la biomasa.

► **Coefficiente de altura de la canopia**

El coeficiente de altura de la canopia se usa para calcular la altura.

Si es necesario estimar el valor del coeficiente de altura de la canopia para un cultivo que no esta disponible en la lista de cultivos del WEPP, se recomienda realizar un análisis de regresión entre los valores de biomasa y cobertura del canopeo y efectuar la transformación logarítmica de los datos.

► **Máxima altura de la canopia**

Es la máxima altura de la canopia [cm] y se usa para calcular la altura de la canopia.

► **Índice máximo de área foliar**

El índice máximo de área foliar es el índice de área foliar (I.A.F.) potencial máximo para un cultivo. Una vez que la cobertura de canopeo existe, el índice de área foliar (I.A.F) se ajusta usando el índice de área foliar potencial máximo y la biomasa vegetativa.

El índice de área foliar potencial máximo para muchos cultivos, tales como, maíz, soja, sorgo granífero, algodón y alfalfa es 0,5. Algunos cultivos tienen un valor de I.A.F. potencial máximo más alto, tales como 8 o 9, para trigo, avena y cebada. El índice de área foliar potencial máximo afecta el valor de desarrollo de la biomasa. Además, afectan la evaporación y transpiración excepto cuando el I.A.F. excede 3, el valor de transpiración de la planta es igual al valor de la evaporación potencial.

► **Profundidad máxima de raíces**

Es la máxima profundidad de raíces para un cultivo [cm]. La disminución de la humedad del suelo es actualizada para la profundidad de enraizamiento. Esta última es calculada a partir de la máxima profundidad de las raíces y la relación de acumulación días/grado de temperatura creciente desde la siembra a la madurez.

► **Relación entre biomasa radicular / biomasa aérea**

Es el cociente, en porcentaje, entre la biomasa radicular y la biomasa aérea presente en la superficie en seco. Esta relación es usada para actualizar la biomasa radicular total de las plantas usando el valor de biomasa diario actual. El incremento en la masa radicular es el producto del incremento diario por encima de la biomasa superficial y la relación entre biomasa de raíces / biomasa del suelo.

► **Masa máxima de raíces para un cultivo**

Es la masa máxima de raíces viva para un cultivo [kg/m^2]. Para los cultivos anuales el valor de masa máxima de raíces es uno.

→ **Parámetros de senescencia**

► **Porcentaje de crecimiento estacional cuando comienza a declinar el índice de área foliar**

Es el porcentaje de crecimiento estacional cuando el índice de área foliar comienza a declinar. Los grados de crecimiento acumulativo o unidades calóricas desde la siembra hasta que el índice de área foliar declina son divididos por los grados de crecimientos totales acumulados entre siembra y madurez del cultivo. El valor debe estar entre 0 a 100%.

El porcentaje de la estación de crecimiento para hortalizas y otros cultivos anuales que pueden ser cosechados, antes que el índice de área foliar comience a declinar, es 100%.

► **Período por encima del cual comienza la senescencia**

Es el número de días por encima del cual ocurre la senescencia para un cultivo particular. Durante este tiempo la cobertura de la canopia y la biomasa decrecen linealmente, usando para ello las fracciones remanentes de la cobertura de canopeo y de la biomasa viva, después de la senescencia, respectivamente.

► **Porcentaje de la canopia después de la senescencia**

El porcentaje de la cobertura de la canopia remanente después de la senescencia es un valor entre 0 y 100%. Si el cultivo no alcanza la senescencia antes de la cosecha el porcentaje de la canopia es 100. El porcentaje de la canopia remanente es utilizado para establecer la declinación diaria en la cobertura de canopeo después que la senescencia comienza.

► **Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia**

El porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia es un valor entre 0 y 100 %. El porcentaje se usa para determinar el decrecimiento en la biomasa viva durante el período de senescencia.

→ **Parámetros de residuos**

► **Coeficiente de conversión de masa de residuos**

El coeficiente es un parámetro usado para convertir la masa de residuos en un porcentaje de cobertura de superficie. Este coeficiente es específico del cultivo y representa la cantidad de superficie del suelo cubierta completamente por masa de residuos. El parámetro es extremadamente importante porque la rutina de erosión en el WEPP es muy sensible al porcentaje de superficie cubierta.

► **Factor de ajuste del residuo en pie**

El factor de ajuste es el porcentaje de residuos del día previo que quedó remanente para el corriente día, teniendo en cuenta el efecto del viento y la nieve sobre los residuos en pie. Este valor por defecto es 99%.

► **Constante de descomposición para calcular el cambio de la masa de la biomasa de la superficie**

La constante de descomposición se usa para calcular cambios de la masa de la biomasa de la superficie del suelo. Representa el valor máximo de residuo descompuesto que ocurre bajo condiciones consideradas optimas para la población microbiana del suelo. Dentro del modelo WEPP el valor de residuo

descompuesto se ajusta por un factor ambiental que tiene en cuenta los cambios diarios de temperatura y contenido de agua del suelo. Partiendo de que las condiciones ambientales difieren para los residuos en pie, muerto y enterado, estos se mantendrán separados para la estimación de la masa de residuos.

► **Constante de descomposición para calcular el cambio de la masa de la biomasa dentro del suelo**

La constante de descomposición se usa para calcular el cambio de la masa de la biomasa dentro del suelo. Esta constante es similar a la descrita en el punto anterior, pero es específico para la biomasa radicular.

► **Residuo frágil y no frágil**

Este valor describe cual de los dos tipos de residuos, frágil y no frágil, se usan en la simulación y son usados para estimar el residuo enterrado.

→ **Otros parámetros**

► **Tolerancia a la sequía de las plantas**

Este parámetro expresa la tolerancia específica de la planta a las condiciones de sequía. Es el porcentaje que la humedad del suelo debe disminuir para que ocurra el estrés hídrico, reduciendo la toma de agua y relacionado directamente con la porosidad total del suelo.

► **Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido**

Es un valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido. Si el valor de biomasa viva cae por debajo del valor crítico, no se permite el pastoreo. Si la biomasa es tan grande como el valor crítico se permite el pastoreo y se calcula la biomasa total removida y se actualiza la biomasa remanente.

► **Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas**

El máximo factor de fricción Darcy-Weisbach se usa para tener en cuenta el efecto de las plantas vivas sobre la rugosidad hidráulica.

Los valores asignados a los cultivos están basados en la forma en que son plantados los cultivos, perpendicular o paralelo a la corriente de agua. Para el caso de los cultivos sembrados en hileras anchas, tales como, el maíz o sembrados paralelos a la corriente de agua, el valor del factor debe ser cero (0). Cuando los cultivos son sembrados a maquina o en hileras angostas perpendiculares a la corriente de agua, el valor asignado al factor es de 2 o 3. Para gramíneas perennes y otras situaciones de pasturas el valor deber ser 12. Cuando el surco tiene más del 50% de la corriente obstruida por las plantas vivas, el valor deber ser al menos 3.

► **Rendimiento optimo de los cultivos bajo condiciones sin estrés**

El modelo de desarrollo de cultivo en el WEPP no tiene en cuenta la biomasa o variaciones en el rendimiento por nutrientes, pesticidas u otros factores de manejo. El WEPP estima un rendimiento del cultivo sin estrés y lo relaciona con rendimiento óptimo del cultivo bajo condiciones sin estrés. Esta relación se usa para los ajustes en la acumulación de la biomasa para simular rendimientos sin estrés. Durante la simulación el modelo aplica estrés de agua y de temperaturas en el incremento potencial diario de la biomasa.

Si el usuario no conoce el valor se recomienda ingresar un valor cero y el modelo calculará y usará un valor óptimo de crecimiento.

Para la elaboración de los archivos de cultivo se tomaron la mayoría de los valores sugeridos por la base de datos de cultivos del modelo WEPP por no disponer de la información. Sin embargo, algunos parámetros tales como, espaciamiento de las plantas en el surco, diámetro de las plantas en madurez, altura del residuo post cosecha, máxima altura de la canopia, profundidad

máxima de raíces, tipo de residuo y distancia entre surcos, se ajustaron a las condiciones locales.

Es importante destacar que el modelo no considera en el "tipo de operación" a realizar la aplicación de fertilizantes, como se desarrollará más adelante en el punto C. Por ello, se seleccionó en la base de datos de cultivos aquellos con alta y baja fertilización para simular en los diferentes tratamientos analizados, los sistemas que presentan o no fertilización. Sin embargo, el cultivo de girasol presenta una única opción en la base de datos de cultivo. Como hasta el momento no se dispone del ajuste de los parámetros del cultivo de girasol para poder diferenciar entre diferentes condiciones de fertilización y establecer el cambio en la base de datos de cultivos se utilizó la única opción existente en los diferentes tratamientos.

C. Base de datos de las operaciones de labranza

En el modelo WEPP la base de datos de operaciones de labranza está organizada por secciones.

A continuación se presentan los parámetros establecidos por el modelo en las diferentes secciones.

► Porcentaje de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo frágil

Es el valor de la intensidad de la labranza en áreas de entre surco para residuos frágiles como un porcentaje. La intensidad de la labranza es la cantidad de residuo enterrado por el paso de un implemento de labranza.

► Porcentaje de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo no frágil

Al igual que el ítem anterior pero en este caso el porcentaje está relacionado al cultivo no frágil.

► **Número de hileras del implemento de labranza**

Es el número de hileras del implemento de labranza utilizado.

► **Código del implemento**

El código del implemento indica el tipo de implemento de labranza utilizado en la operación. Este puede ser: sembradora, cultivador, u otros.

► **Posición del cultivador**

La posición del cultivador indica si el implemento esta colocado delante o detrás. Esta información se usa para computar la compactación del suelo.

► **Altura de la cresta después de la labranza**

Es la altura de la cresta inmediatamente después de la labranza [cm].

► **Intervalo de la cresta**

Es el intervalo de la cresta causado por implemento de labranza [cm].

► **Porcentaje de residuo en áreas de surco para cultivos frágiles**

Es la intensidad de labranza en los surcos para cultivos frágiles. La intensidad de la labranza es la cantidad de residuo enterrado por el paso de un implemento de labranza.

► **Porcentaje de residuo en áreas de surco para cultivos no frágiles**

Al igual que el ítem anterior pero en este caso, el porcentaje está relacionado al cultivo no frágil.

► **Rugosidad aleatoria después de la labranza**

Es el valor de la rugosidad aleatoria de la superficie del suelo después de la última labranza [cm]. Este valor es usado dentro del WEPP para determinar almacenamiento en las depresiones, acumulación de nieve, y aporte de sedimento entre surco.

► **Fracción del área superficial disturbada**

Es la cantidad del área superficial disturbada por la operación de labranza [%]. Este parámetro es usado para determinar el impacto de la operación sobre la rugosidad, densidad aparente y los días desde la última labranza. Esto además impacta a la erodabilidad ajustando a la consolidación después labranza.

► **Profundidad de la labranza**

Es la profundidad media de la labranza principal [cm].

► **Tipo de labranza**

Es el tipo de labranza considerada, primaria ó secundaria.

La construcción de la base de datos de operaciones de labranza realizadas en las pendientes estudiadas se efectuó ajustando todos los parámetros a las condiciones locales.

D. Contorno

El contorno es la combinación de la longitud y el gradiente de la pendiente, y la altura de las crestas, asociado con uno o más elementos de flujo superficial (OFE), o con una parcela en una simulación de pendiente. El contorno es una operación opcional y se usa cuando se desea simular los efectos de cultivo en contorno o cortando la pendiente.

A continuación se presentan los parámetros establecidos por el modelo en las diferentes secciones.

► **Pendiente**

El porcentaje de la pendiente en porcentaje [%].

► **Altura de la cresta**

Es la mínima altura de la cresta medida en metros. Esta altura es

medida perpendicular a la superficie del suelo.

► **Longitud de la hilera**

La longitud de la hilera medida en metros. Este valor es usado cuando la opción de contorno esta activada para determinar el flujo de descarga.

► **Espaciamiento entre hileras**

Es la distancia entre hileras o surcos del contorno medida en metros.

La operación de contorno se utilizó en la pendiente Pozo del Carril para simular la siembra, perpendicular a la pendiente, en los diferentes tratamientos y ciclos de cultivos analizados, ajustando todos los parámetros a las condiciones locales.

E. Pastoreo

La operación de pastoreo es una operación opcional de manejo.

A continuación se presentan los parámetros establecidos por el modelo en las diferentes secciones.

► **Comienzo pastoreo**

La fecha de comienzo en la cual los animales entran al sitio para cumplir el período de pastoreo. Cada ciclo de pastoreo en un año presenta un esquema por separado.

► **Finalización pastoreo**

La fecha de finalización del período de pastoreo en la cual los animales salen del sitio para cumplir el período de pastoreo. Al igual que el comienzo del ciclo de pastoreo la finalización de cada ciclo de pastoreo en un año presenta un esquema por separado.

► **Número de animales**

Es el número de animales considerados durante el período de pastoreo.

El peso y número de animales son usados para calcular la cantidad de forraje removido por el pastoreo.

► **Area de pastoreo**

El área sometida a pastoreo en metros cuadrados.

► **Peso de animal**

El peso promedio de los animales en kilogramos durante el pastoreo.

► **Digestibilidad**

Es la fracción de forraje disponible para el consumo de los animales. El rango de valores típicos es de cero (no digestible) a 1 (totalmente digestible).

La operación de pastoreo se efectuó en todos los ciclos estudiados de la pendiente Pozo del Carril, mientras que en la pendiente El Vertedero se realizó en los ciclos con cultivo de maíz y sorgo forrajero. Los parámetros requeridos por la base de datos se ajustaron a las condiciones locales.

F. Adición o remoción de residuo

La operación de remoción o adición de residuos es una operación opcional de manejo. Los parámetros establecidos por el modelo en las diferentes secciones de la operación se presentan a continuación.

► **Cantidad de residuo removido**

Es la cantidad de residuo removido y medido como un porcentaje del residuo total sobre el campo.

► **Operación de disturbio del suelo**

El usuario debe especificar si la operación disturba o no al suelo.

► **Disturbio del implemento**

Es el disturbio que produce el implemento utilizado en la aplicación. Este

es activado solo si la operación produce o no disturbio en el suelo.

En la presente investigación la remoción de residuos en el archivo de manejo y plantas se utilizó como reemplazo de la operación de herbicidas. Esto se debió a que el modelo WEPP no considera la posibilidad de utilizar dos o más veces consecutivas la aplicación de herbicidas. Es importante establecer que en todas las situaciones estudiadas es una práctica de rutina la aplicación de herbicidas pre-siembra, pre-emergente y post-emergente como control de las malezas, dependiendo del tipo de cultivo, como se presenta en las Tablas 2.6. y 2.8. (Capítulo 2, ítem 2.9.).

Por ello se consideró la aplicación de herbicidas pre-siembra como rutina del modelo WEPP y la remoción de residuos se utilizó para simular la aplicación de herbicida en pre-emergencia y post-emergencia en ambas pendientes analizadas. La remoción asignada en cada uno de los casos fue de un 10% y se consideró que la operación por el paso del equipo de aplicación del producto provoca disturbio en el suelo.

G. Riego

El modelo permite ingresar el riego al estimar la erosión de un sitio, ya sea una pendiente o una cuenca, además de discernir entre las pérdidas producidas por el riego de aquellas ocurridas por eventos naturales. El riego es una práctica poco extendida en la región y en las situaciones estudiadas en la presente investigación no es utilizada.

3.6.3. APLICACION DEL MODELO WEPP

Una vez construidas las bases de datos de los diferentes archivos de entrada que se requieren para el modo en pendientes del modelo WEPP, sobre clima, pendiente, suelo y manejo de cultivos y operaciones de labranza, como se indicara en el punto 3.6.2., se procede a través de una interfase que consta

de sucesivas pantallas (Figura 3.4.), a seleccionar cada una de las tormentas consideradas en los ciclos estudiados con las diferentes condiciones de pendiente, suelo y manejo, y se simula el proceso de erosión.

En la presente investigación se simuló independientemente, en la pendiente Pozo del Carril los doce tratamientos y en la pendiente El Vertedero las cuatro secciones, para todos los eventos considerados erosivos y en los que a través de la medición directa se registro lámina escurrida y sedimento. La estimación se efectuó considerando la erodabilidad entre surco (K_i), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva (K_e) del suelo calculados por el modelo WEPP, por ecuaciones y por último con la erodabilidad entre surco (K_i), erodabilidad base en el surco (K_r) y corte hidráulico crítico base (τ_c) del suelo calculados por el WEPP, y la velocidad de infiltración básica a campo.

La información de salida de la aplicación del modelo WEPP se presenta a través de una interfase visible, a lo largo del perfil de la pendiente con la ubicación y cantidad de sedimento desprendido y depositado en diferentes puntos de la misma, y en un cuadro donde contiene la cantidad de precipitación del evento considerado y la pérdida de suelo y el escurrimiento como se observa en la Figura 3.6.

Por otro lado, el modelo presenta información de salida por medio de una campo que contiene diferentes secciones, tales como, salida principal, resumen breve, cuadro de pérdida de suelo, síntesis por evento, resumen de elementos de flujo superficial, mensajes sobre la corrida del modelo e información sobre los datos de entrada de clima, pendiente, suelo y manejo.

El WEPP muestra una salida principal, estando la misma relacionada a la hidrología de la tormenta, tal como los parámetros de entrada y de salida de la infiltración y del escurrimiento; a los efectos de sitio como el área de pérdida

netas de suelo y la pérdida de suelo y deposición a lo largo de la pendiente; y a los efectos fuera de sitio con los promedios de sedimentos que abandonan el perfil, características de los sedimentos en cuanto a la distribución por tamaño de partícula y la relación de enriquecimiento de los sedimentos que salen del perfil.

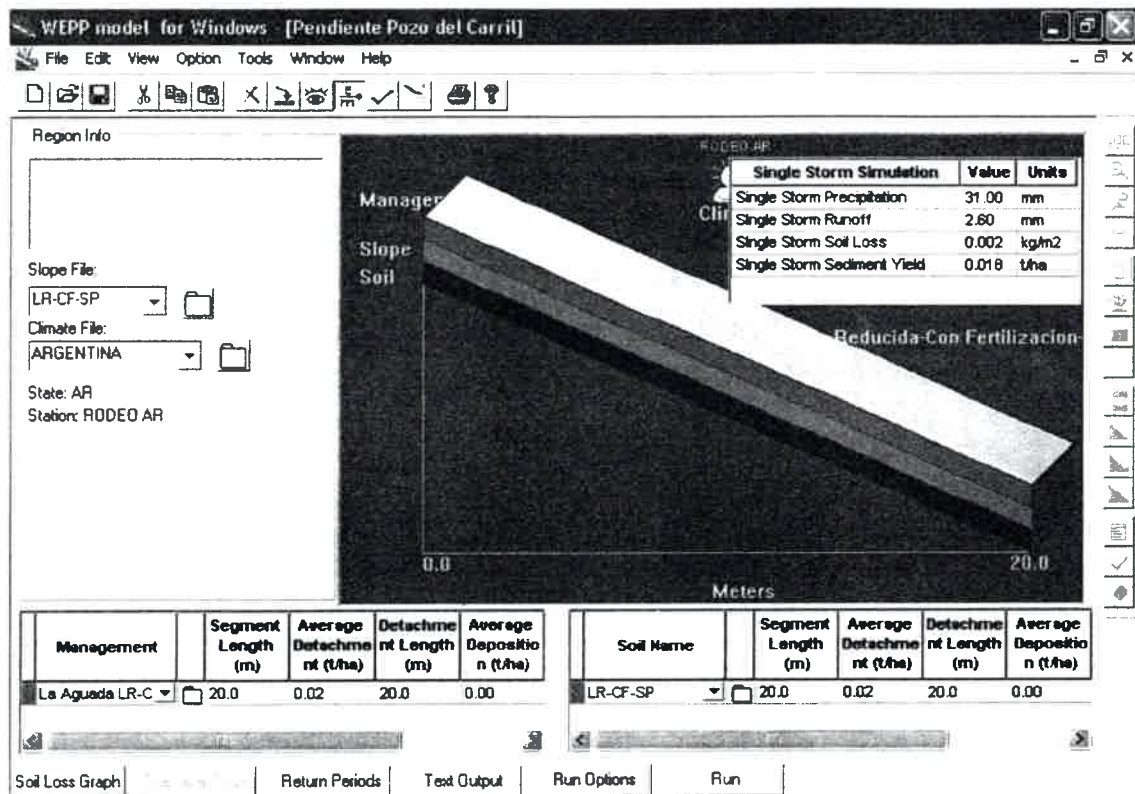


Figura 3.6. Salida grafica de la aplicación del modelo WEPP.

3.7. ANALISIS ESTADISTICO

Para comparar los resultados de las variables evaluadas entre las diversas situaciones consideradas, tanto en la pendiente Pozo del Carril como en la pendiente El Vertedero, se desarrollaron Análisis de la Varianza (ANOVA) (Sokal y Rohlf, 1995) incorporando en el modelo todos los factores analizados (año, fertilización, pastoreo y labranza en la pendiente Pozo del Carril y año y sección de la pendiente en la pendiente El Vertedero) y los términos correspondientes a las interacciones entre los factores considerados en cada

caso. Dado que se verificó una interacción significativa año x tratamiento en la pendiente Pozo del Carril y año x sección en la pendiente El Vertedero, se realizó un ANOVA simple para cada año con el objetivo de evaluar las diferencias en las variables analizadas entre cada tratamiento y cada sección dentro de cada año, respectivamente.

El análisis se desarrolló para las propiedades del suelo consideradas (carbono orgánico, densidad aparente, estabilidad de agregados al agua, diámetro medio ponderado, velocidad de infiltración y resistencia mecánica); la pérdida de suelo y el escurrimiento; y las propiedades del material recolectado (carbono orgánico, arena media, fina, arena muy fina, limo y arcilla).

Además, se efectuó una comparación de las pérdidas de suelo y el escurrimiento entre la siembra directa con fertilización y pastoreo, de la pendiente La Aguada, y la loma plana de la pendiente El Vertedero, mediante un ANOVA simple, considerando que ambas situaciones presentan condiciones similares con relación al tipo de suelo, pendiente, sistema de labranza, evento de precipitación, entre otras.

En los casos en que existieron diferencias significativas entre las variables analizadas, se efectuó el test *a posteriori* de Tukey con 0,05 como nivel de significación (Sokal y Rohlf, 1995). Las variables que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, fueron transformadas mediante el uso de la transformación de *Box-Cox* (Sokal y Rohlf, 1995).

Se realizaron análisis de correlación para evaluar el grado de asociación entre las propiedades evaluadas, las pérdidas de suelo y los escurrimientos evaluados por mediciones directas, las pérdidas de suelo y los escurrimientos estimados por modelo, y las dependencias entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos evaluados directamente y estimados por modelo, y las propiedades del sedimento recolectado, en los diferentes tratamientos de la

pendiente Pozo del Carril y en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero. Se utilizó para ello el coeficiente de correlación de Pearson (Sokal y Rohlf, 1995).

El análisis estadístico se realizó con el programa InfoStat (Universidad Nacional de Córdoba, 2005).

CAPITULO 4

RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos en la caracterización climática, de la cobertura vegetal, geomorfología, y de los suelos del área de estudio de la presente investigación, como así también, las mediciones directas de la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar, las características de los sedimentos producidos, la tasa de enriquecimiento y las estimaciones indirectas de la pérdida de suelo y el escurrimiento.

4.1. CARACTERIZACION CLIMATICA

A continuación se presenta la actualización de los parámetros climáticos establecidos por Cantú (1998) para la cuenca del arroyo La Colacha, y la información evaluada a partir de la incorporación de datos climatológicos de estaciones instaladas en el área de estudio de la presente investigación.

∨ Temperatura

En el Apéndice 1 (Tabla 1.1.) se presenta la información de la temperatura media mensual para la Estación Agrometeorológica de la U.N.R.C., período 1974-2003, y en la Figura 4.1. se muestra la distribución de la temperatura media mensual.

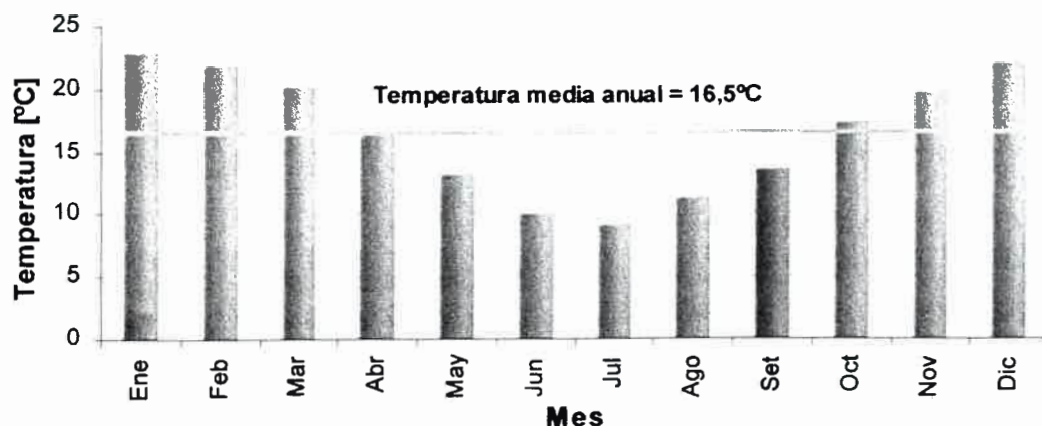


Figura 4.1. Distribución temperatura media mensual, Estación Agrometeorológica de la U.N.R.C., período 1974-2003.

En la Figura 4.1. se observa que la temperatura máxima media corresponde al mes de Enero (22,8 °C) y la temperatura mínima media al mes

-7,5°C en el mes de Julio y la temperatura máxima absoluta de 44°C en el mes de Diciembre. La temperatura media anual es de 16,5 °C para la Estación Agrometeorológica de la U.N.R.C.

La distribución de la temperatura media mensual para la Estación La Aguada (1994-2003) se presenta en la Figura 4.2. En el Apéndice 1 (Tabla 1.2.) se muestra la información de la temperatura media mensual.

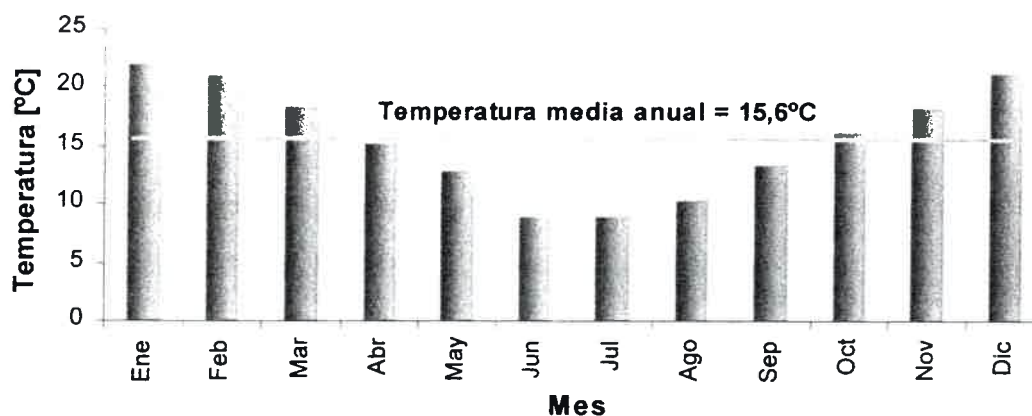


Figura 4.2. Distribución temperatura media mensual, Estación La Aguada (1994-2003).

En la Figura 4.2. se aprecia que la temperatura máxima media corresponde al mes de Enero (22,1 °C) y la temperatura mínima media al mes de Junio (8,9°C). En el período analizado la temperatura mínima absoluta es de -7,7°C en el mes de Agosto y la temperatura máxima absoluta de 40,2°C en el mes de diciembre. La temperatura media anual en la Estación La Aguada es de 15,6° C.

✓ Vientos

La dirección de los vientos de la Estación Los Chañares (1959-2003) se presenta en el Apéndice 1 (Tabla 1.3.) y en la Figura 4.3. se muestra la rosa de los vientos medio anual. En esta última se observa un amplio dominio de la dirección N (38,6%) seguido por la dirección NE (17,1%), y muy subordinadamente por la NO (8,4%), S (8,2%), SE (6,1%), SO (4,3%), O (3,8%), E (0,9%), con sólo 12,6% de días de calma.

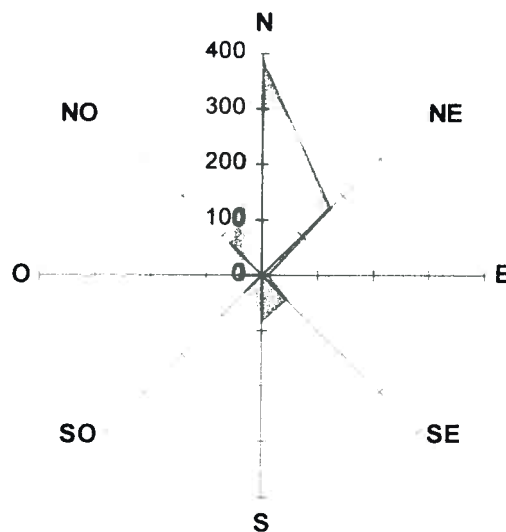


Figura 4.3. Rosa de los vientos medio anual, Estación Los Chañares (1959-2003).

La dirección del viento de la Estación Los Chañares con los promedios mensuales se presenta en el Apéndice 1 (Tabla 1.4.) y en las Figuras 4.4. y 4.5. se muestra la rosa de los vientos correspondiente a cada mes.

La rosa de los vientos mensual muestra que domina la dirección Norte en todos los meses, excepto en Enero y Junio, en los cuales es más frecuente la dirección NE. Por otra parte, los vientos del NE son también importantes en los meses de Febrero a Mayo y de Octubre a Diciembre. Se observa un aumento de la dirección NO en los meses de Julio a Agosto, como así también los del SO, y O aunque con menor valor. Los vientos del S muestran los mayores valores de Julio a Diciembre, así como los del SE de Abril a Noviembre. El mes de Enero presenta los días con menos calma (0,8%), mientras que Febrero el mes con más días calmos (4,8%).

Respecto a las intensidades en la Estación Los Chañares se han registrado valores de 80 km/h, con ráfagas que han superado los 100 km/h.

Considerando la Estación Rodeo Viejo (2000-2004) la velocidad promedio del viento es de 10,8 km/h con una intensidad máxima registrada en el período de 93,3 km/h. Los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre son

los más ventosos, mientras que Febrero, Abril y Mayo los menos rigurosos (Figura 4.6.).

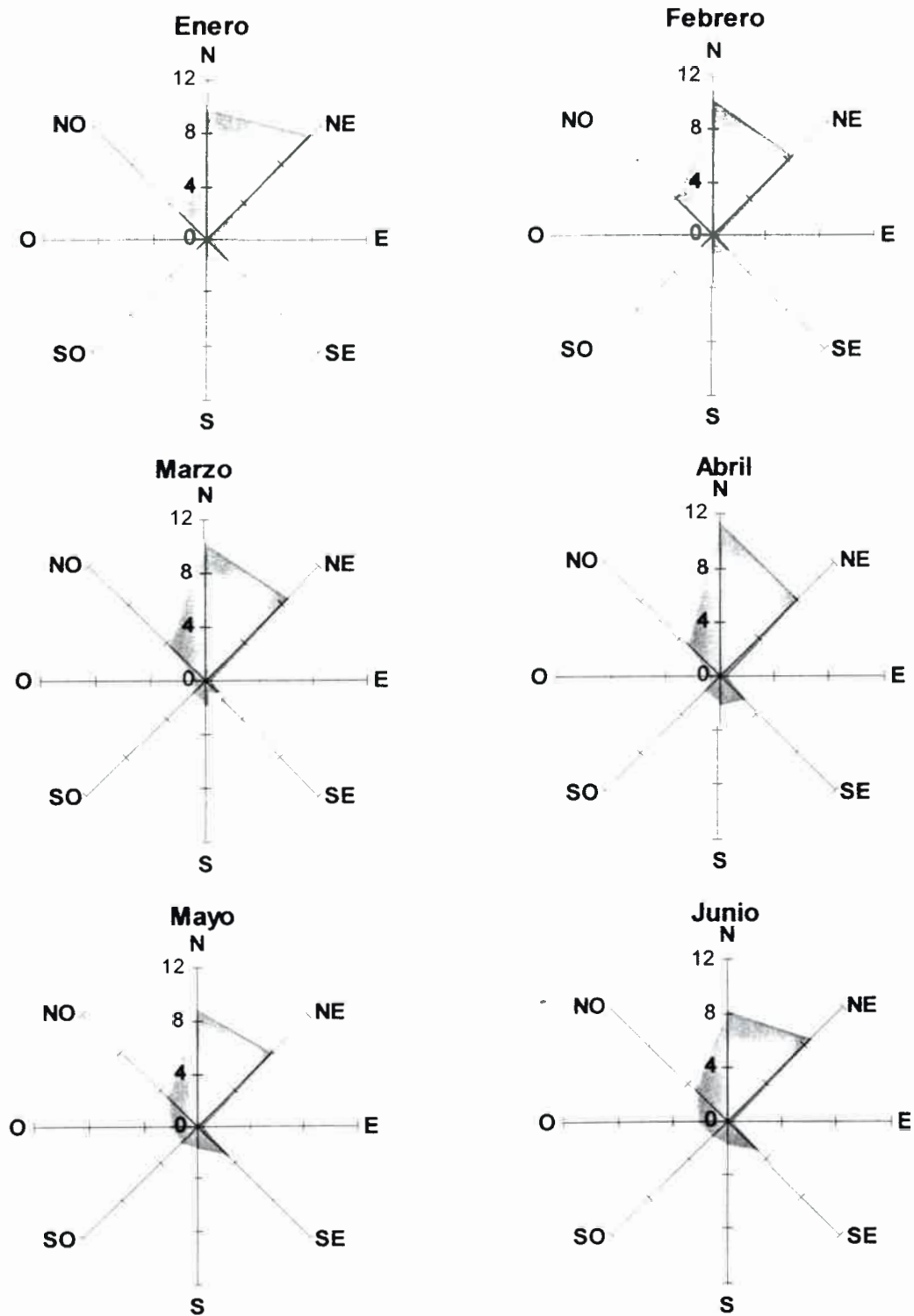


Figura 4.4. Rosa de los vientos mensual (Enero-Junio), Estación Los Chañares (1959-2003).

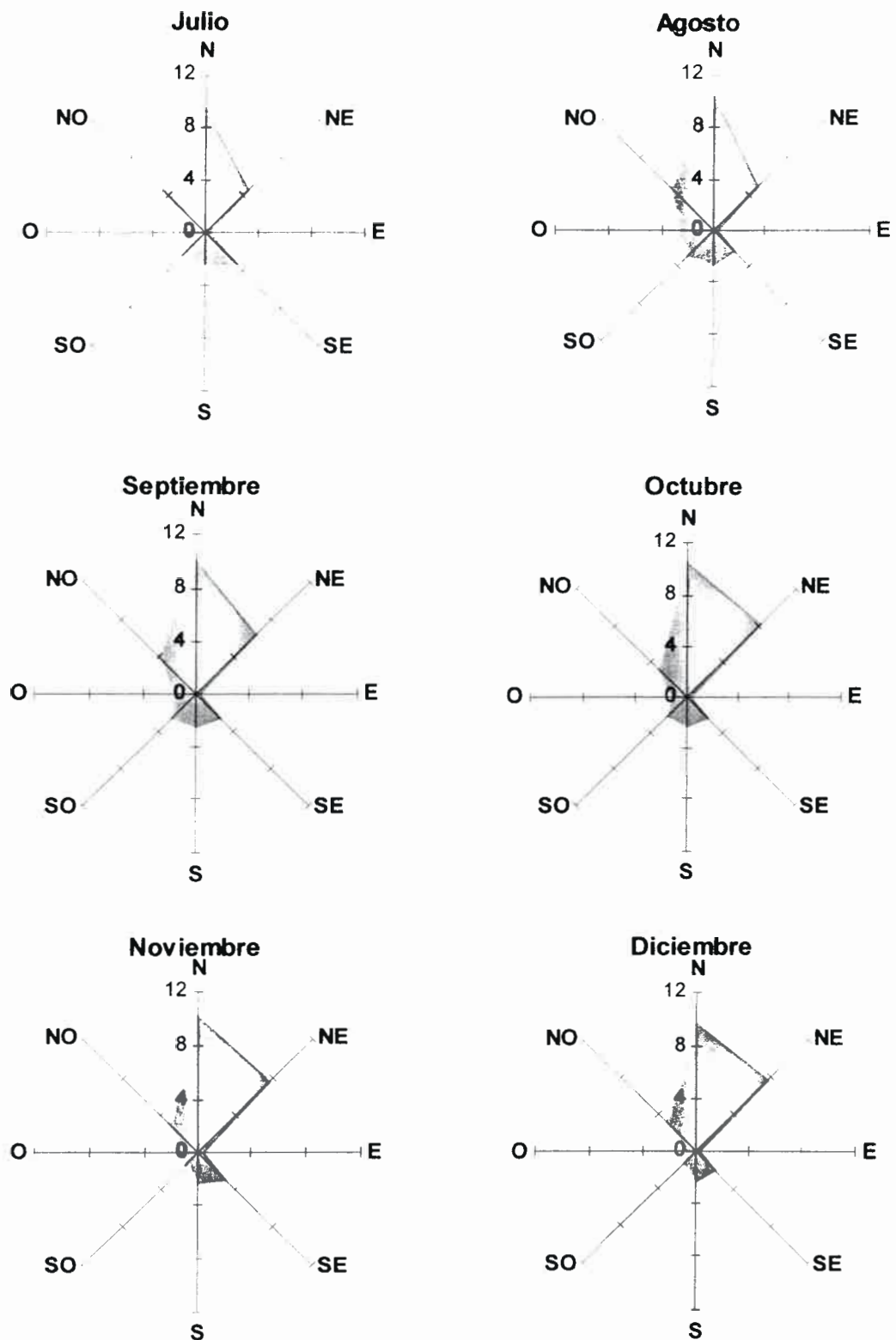


Figura 4.5. Rosa de los vientos mensual (Julio-Diciembre), Estación Los Chañares (1959-2003).

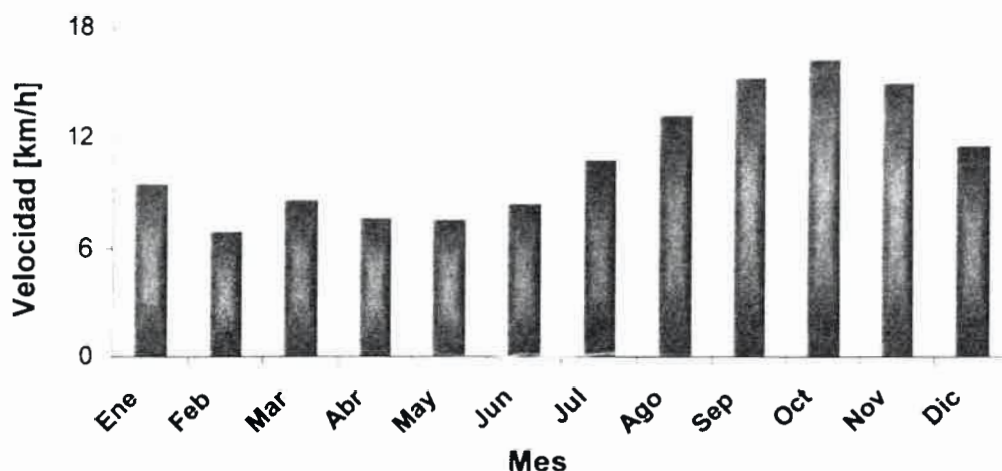


Figura 4.6. Distribución de la velocidad media mensual del viento, Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

La dirección dominante de los vientos de acuerdo a la Estación Rodeo Viejo es del NE (21,2%) seguido por los del NNE (14,9%), ENE (8,2%), N (7,9%) y muy subordinadamente por el resto de las componentes como se observa en la rosa de los vientos anual (Figura 4.7.) con sólo 10% de días de calma. En el Apéndice 1 (Tabla 1.5.) se presentan los valores de dirección anual de los vientos.

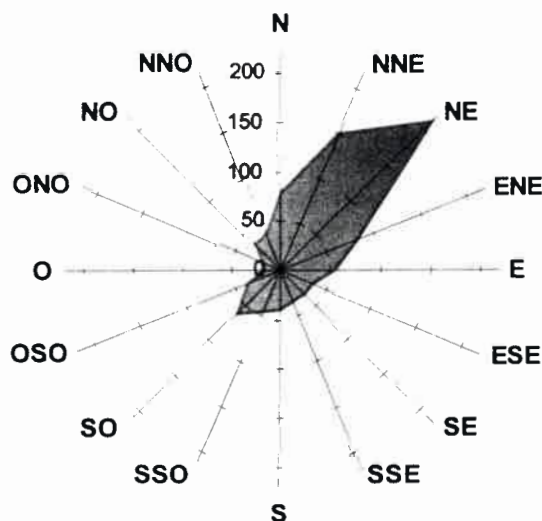


Figura 4.7. Rosa de los vientos anual, Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

La rosa de los vientos mensual correspondiente a la Estación Rodeo Viejo, se presenta en las Figuras 4.8. y 4.9., respectivamente. La dirección del viento con promedios mensuales se presenta en el Apéndice 1 (Tabla 1.6.).

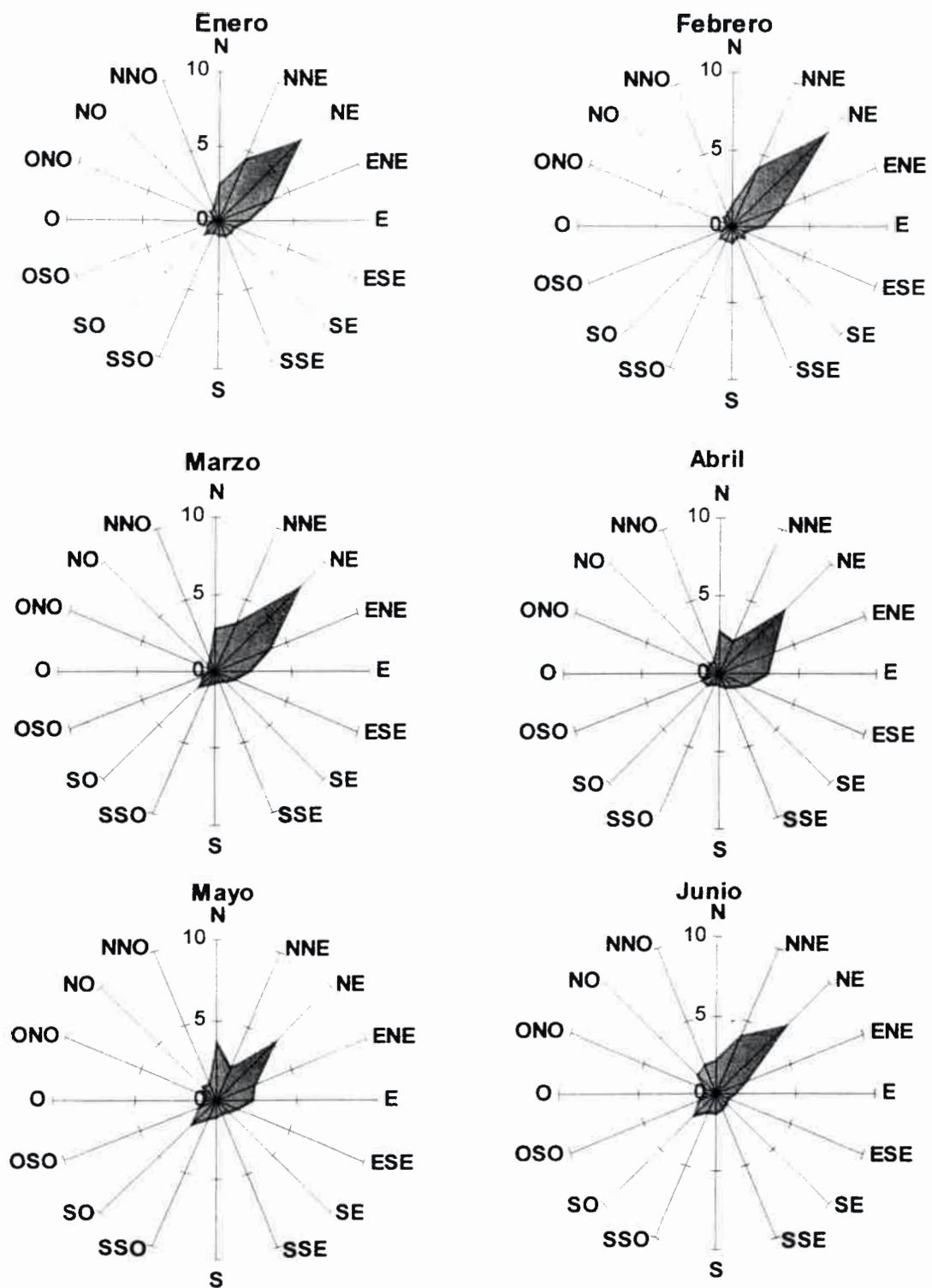


Figura 4.8. Rosa de los vientos mensual (Enero-Junio), Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

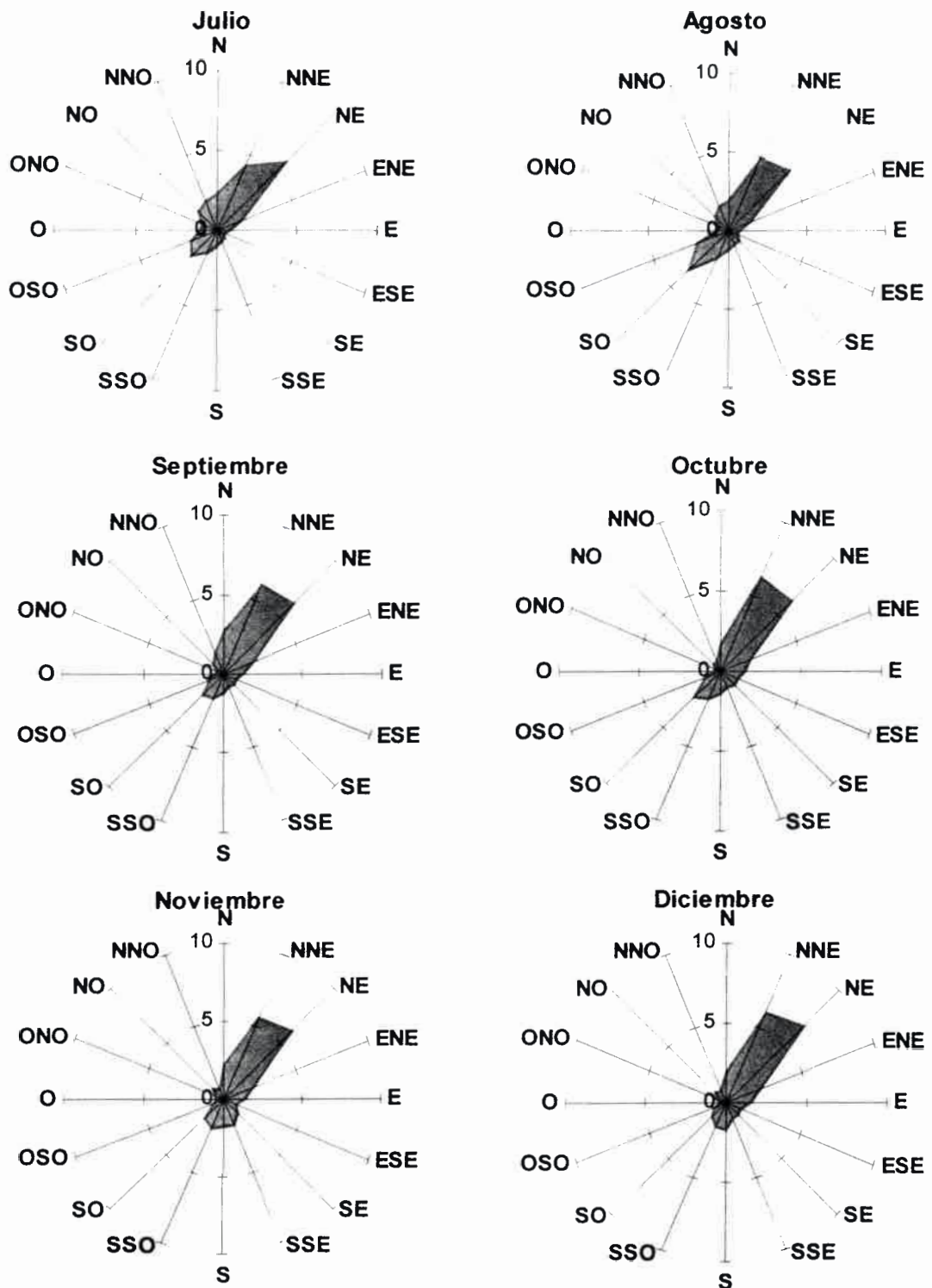


Figura 4.9. Rosa de los vientos mensual (Julio-Diciembre), Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

Como se observa en la rosa de los vientos mensual de la Estación Rodeo Viejo (Figura 4.8. y 4.9.), la dirección dominante es del NE en todos los

meses, seguida por los del NNE, excepto en los meses de Abril y Mayo, donde es más frecuente la dirección NE. Los vientos del ENE en los meses de Diciembre a Abril siguen en frecuencia a los del NE y NNE, como así también los de dirección SO en los meses de Agosto y Octubre. Los vientos del S muestran los mayores valores de Octubre a Diciembre, así como los del NO y NNO de Junio a Agosto, y del OSO en Julio y Agosto. Los meses de Agosto a Enero presentan la menor cantidad de días calmos, mientras que de Febrero a Mayo los meses con mayor cantidad de días calmos (Apéndice 1 y Tabla 1.6.).

Y Precipitación

La serie cronológica anual de las precipitaciones para la Estación Los Chañares (Serie 1941-2003) y La Aguada (Serie 1994-2003) se presentan en las Figuras 4.10. y 4.11.

La precipitación media anual en la Estación Los Chañares es de 947,9 mm, con una precipitación anual máxima de 1367 mm en el 2002 y mínima de 582 mm en 1970.

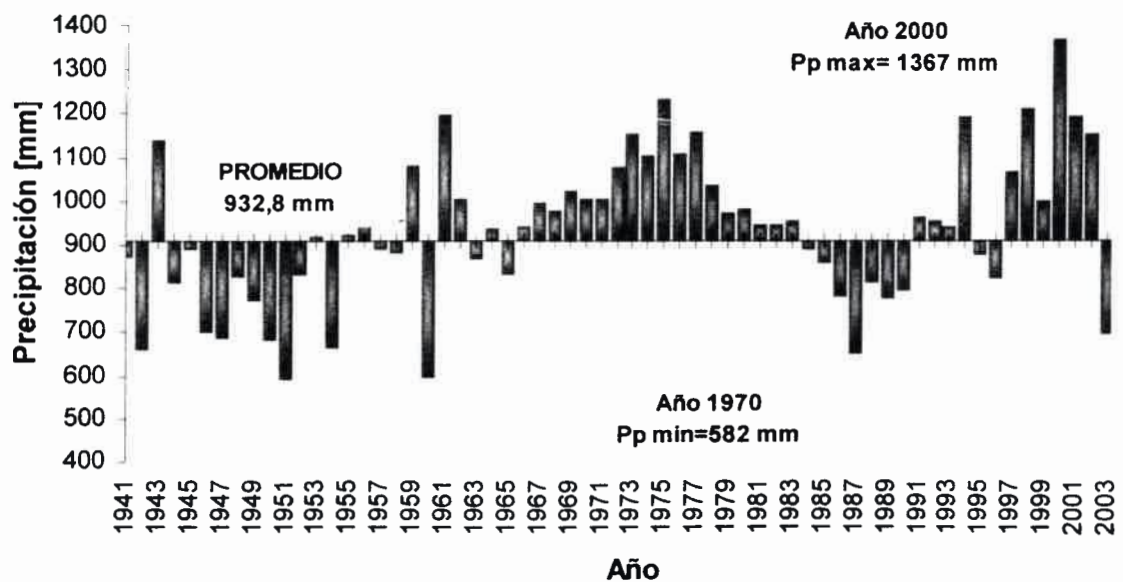


Figura 4.10. Serie cronológica anual, Estación Los Chañares (Serie 1941-2003).

En la Estación La Aguada la precipitación media anual es de 778,7 mm, mientras que la máxima precipitación anual es de 1075 mm en el año 1998 y la mínima de 617 mm en el 2003.

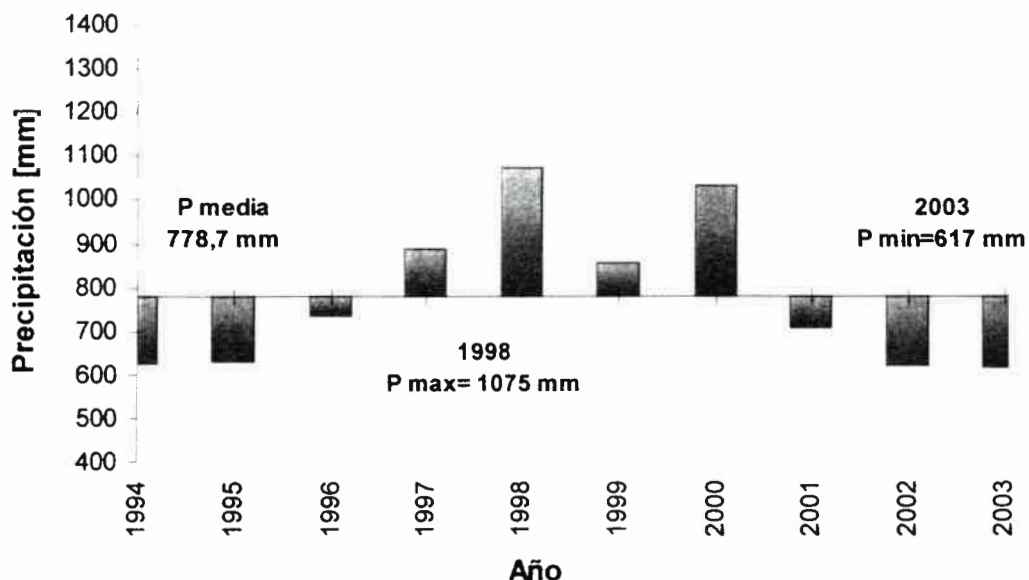


Figura 4.11. Serie cronológica anual, Estación La Aguada (Serie 1994-2003).

Las series cronológicas mensuales de las Estaciones Los Chañares (Serie 1940-2003) y La Aguada (Serie 1994-2003), se presentan en las Figuras 4.12. y 4.13., respectivamente.

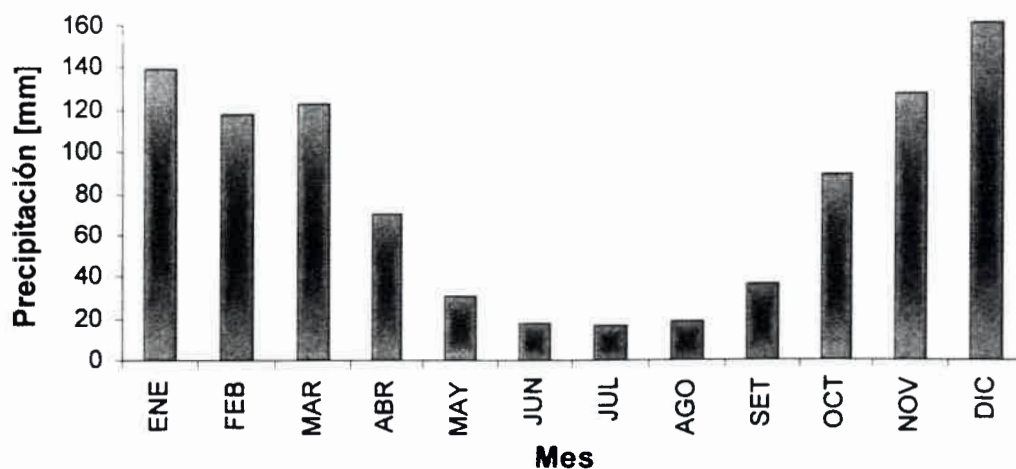


Figura 4.12. Serie cronológica mensual, Estación Los Chañares (1941-2003).

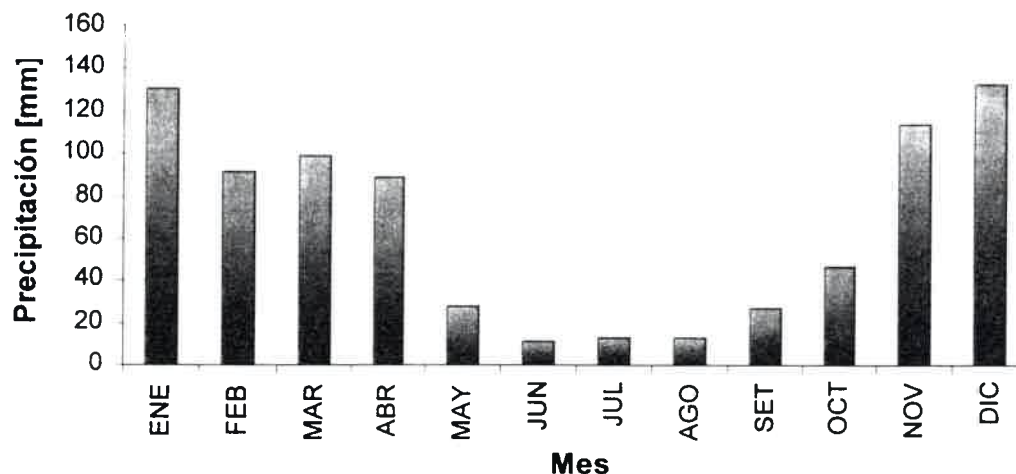


Figura 4.13. Serie cronológica mensual, Estación La Aguada (1994-2003).

La precipitación media y total para los meses de mayor y menor precipitación correspondiente a la Estación Los Chañares (Serie 1940-2003) se presentan en la Tablas 4.1. y 4.2., respectivamente. La distribución de los promedios mensuales muestra un 79,9% de lluvias acumuladas en primavera-verano (Octubre-Marzo) y un 20,1% en otoño-invierno (Abril-Septiembre). La relación entre los meses de mayor y menor precipitación da una concentración de 3,96.

Considerando los promedios mensuales de los tres meses consecutivos con mayor precipitación a partir de Diciembre, de acuerdo a la metodología explicada en el Capítulo 2 (ítem 3.1.), se obtiene un índice de concentración de 2,37. Mientras que tomando los promedios mensuales de los tres meses consecutivos de mayor precipitación (Noviembre a Enero) el índice de concentración de 2,46.

Para la Estación Los Chañares (serie 1941-2003) el mes más lluvioso es Diciembre con un promedio de 158,3 mm, mientras que el más seco es Julio con 16,7 mm de promedio.

Tabla 4.1. Precipitación media mensual meses de mayor precipitación, Estación Los Chañares (1941-2003).

Mes	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
P [mm]	87,0	124,8	158,3	137,1	116,2	120,8	744,2

Tabla 4.2. Precipitación media mensual meses de menor precipitación, Estación Los Chañares (1941-2003).

Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P [mm]	69,4	30,3	17,3	16,7	18,1	35,9	187,7

El índice de máxima, mínima y el índice de rango de la serie cronológica mensual y anual para la Estación Los Chañares se presenta en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Índice de máxima, y mínima mensual y anual, e índice de rango, Estación Los Chañares (1941-2003).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Imáx	2,37	2,31	2,62	3,56	4,85	3,18	9,16	5,14	4,57	3,17	2,22	1,88	1,47
Imín	0,23	0,15	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,64
Índice de rango anual= 0,44													

El índice anual de mínima es de 0,64 (593 mm, año 1951) y el de máxima de es 1,47 (1367 mm, año 2000). El índice de rango para la serie anual es de 0,44.

La precipitación media total para los meses de mayor y menor precipitación correspondiente a la Estación La Aguada (Serie 1994-2003) se muestra en las Tablas 4.4. y 4.5., respectivamente. La distribución de los promedios mensuales presenta un 83,1% (646,9 mm) de lluvias acumuladas en primavera-verano (Noviembre-Abril) y un 16,9% (131,8 mm) en otoño-invierno (Mayo-October). La relación entre los meses de mayor y menor precipitación presenta una concentración de 4,91.

Tabla 4.4. Precipitación media mensual y total meses de mayor precipitación, Estación La Aguada (1994-2003).

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P [mm]	116,5	124,8	134,2	90,5	96,8	84,1	646,9

Tabla 4.5. Precipitación media mensual y total meses de menor precipitación, Estación La Aguada (1994-2003).

Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Total
P [mm]	26,6	10,3	11,4	11,4	24,2	47,9	131,8

Considerando los promedios mensuales de los tres meses consecutivos con mayor precipitación a partir de Diciembre (349,5 mm), se obtiene un índice de concentración de 2,44, mientras que tomando los promedios mensuales de Noviembre a Enero (375,5 mm) el índice de concentración es 2,79. En la Estación La Aguada (serie 1994-2003) el mes más lluvioso es Enero con un promedio de 134,2 mm, y el más seco es Junio con 10,3 mm de promedio.

En la Tabla 4.6. se presenta el índice de máxima, mínima y el índice de rango de la serie cronológica mensual y anual para la Estación La Aguada.

Tabla 4.6. Índice de máxima, y mínima mensual y anual, e índice de rango, Estación La Aguada (1994-2003).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Imáx	1,63	2,04	2,27	1,77	2,59	2,33	3,77	4,82	3,10	1,63	1,66	1,65	1,38
Imín	0,34	0,25	0,42	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,09	0,22	0,79
Índice de rango anual= 0,57													

El índice anual de máxima de 1,38 (1075 mm, año 1998) y de mínima de 0,79 (617 mm año 2003). El índice de rango para la serie anual de La Aguada es de 0,57.

Y Evapotranspiración Potencial y Real

La evapotranspiración potencial anual (ETP) para la Estación Los Chañares es de 901,1 mm (Tabla 4.7.) representando el 96,7% del total de las precipitaciones.

Tabla 4.7. Evapotranspiración Potencial (ETP), Estación Los Chañares (1941-2003).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T°C	22,8	21,9	20,1	16,5	13,3	10,0	9,2	11,3	13,5	17,2	19,7	22,1
icm	10,0	9,4	8,2	6,1	4,4	2,9	2,5	3,4	4,5	6,5	7,9	9,5
C1	3,4	3,2	2,8	2,0	1,3	0,9	0,7	1,0	1,4	2,1	2,7	3,3
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
EP s/ajustar	130,3	95,8	90,3	55,0	35,3	22,0	21,5	32,5	43,6	75,9	95,5	126,3
C2	1,2	1,0	1,1	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2
EP ajustada	158,9	99,6	95,7	51,7	31,8	18,2	18,9	30,9	43,6	85,8	110,8	155,3
Evapotranspiración potencial anual = 901,3 mm												

En la Estación La Aguada la ETP anual es de 707,1 mm (Tabla 4.8.) alcanzando el 90,8 % del total de las precipitaciones.

La evapotranspiración real (ETR) obtenida por medio del balance hídrico modular se presenta en las Tablas 4.9. y 4.10. para la Estación Los Chañares y La Aguada, respectivamente.

Tabla 4.8. Evapotranspiración Potencial (ETP) Estación La Aguada (1994-2003).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T°C	22,1	21,0	18,3	15,3	13,0	8,9	9,0	10,4	10,7	13,1	14,7	17,0
icm	9,5	8,8	7,1	5,4	4,2	2,4	2,4	3,0	3,2	4,3	5,1	6,4
C1	3,3	3,3	2,6	2,0	1,5	0,9	0,9	1,1	1,2	1,6	1,9	2,3
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
EP s/ajustar	159,0	76,0	79,0	44,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,0	141,0	56,0
C2	1,2	1,0	1,1	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2
EP ajustada	194,0	79,0	83,7	41,4	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	62,2	163,6	68,9
Evapotranspiración potencial anual = 707,1 mm												

En Los Chañares la ETR es de 893,5 mm siendo aproximadamente el 95,9% de las precipitaciones medias, con lo cual en términos generales la región no presenta déficit hídrico.

Tabla 4.9. Balance hídrico modular, Estación Los Chañares (Serie 1941-2003).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
P	137,1	116,2	120,8	69,4	30,3	17,3	16,7	18,1	35,9	87,0	124,8	158,3	932,0
ETP	158,9	99,6	95,7	51,7	31,8	18,2	18,9	30,9	43,6	85,8	110,8	155,3	901,3
P-ETP	-22,0	17,0	25,0	18,0	-1,0	-1,0	-2,0	-13,0	-8,0	1,0	14,0	3,0	31,0
Reserva agua útil	129,0	146,0	150,0	150,0	149,0	148,0	146,0	133,0	127,0	128,0	142,0	145,0	
Variación reserva	-16,0	17,0	4,0	0,0	-1,0	-1,0	-2,0	-13,0	-6,0	1,0	14,0	3,0	
Exceso de agua	0,0	0,0	21,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0
Déficit	5,8	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	-0,3	1,7	0,0	0,0	0,0	7,9
ETReal	153,1	99,6	95,7	51,7	31,3	18,3	18,7	31,1	41,9	85,8	110,8	155,3	893,5

Tabla 4.10. Balance hídrico modular, Estación La Aguada (Serie 1994-2003).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
P	134,2	90,5	96,8	84,1	26,6	10,3	11,4	11,4	24,2	47,9	116,5	124,8	778,7
ETP	194,0	79,0	83,7	41,4	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	62,2	163,6	68,9	707,1
P-ETP	-60,0	11,0	13,0	43,0	12,0	10,0	11,0	11,0	24,0	-14,0	-47,0	56,0	70,0
Reserva agua útil	100,0	111,0	124,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	136,0	99,0	150,0	
Variación reserva	-50,0	11,0	13,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,0	-37,0	51,0	
Exceso de agua	0,0	0,0	0,0	17,0	12,0	10,0	11,0	11,0	24,0	0,0	0,0	5,0	90,0
Déficit	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	10,1	0,0	20,1
ETReal	184,2	79,0	83,7	41,4	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	61,9	153,5	68,9	687,0

La Estación La Aguada presenta una ETR=687 mm (Tabla 4.10.) con un 88,2 % de las precipitaciones anuales, coincidiendo con lo expresado en la Estación Los Chañares de no mostrar déficit hídrico.

✓ Balance hídrico modular

En las Tablas 4.9. y 4.10. se presenta el cálculo del balance hídrico y en las Figuras 4.14. y 4.15. puede observarse el balance hídrico modular para la Estación Los Chañares y La Aguada, respectivamente.

De acuerdo a lo expresado anteriormente la Estación Los Chañares no presenta déficit hídrico, sin embargo, en el balance hídrico modular, se observa déficit principalmente en verano, en el mes de Enero (5,8 mm) y en otoño-invierno en el mes de Mayo (0,5 mm), Julio (0,2 mm) y Septiembre (1,7 mm) (Figura 4.14.).

Por otro lado, el balance hídrico modular de la Estación La Aguada muestra déficit en los meses de Noviembre (10,1 mm) y Enero (9,8 mm) con un valor de 19,9 mm y en el mes de Octubre un 0,2 mm (Figura 4.15.).

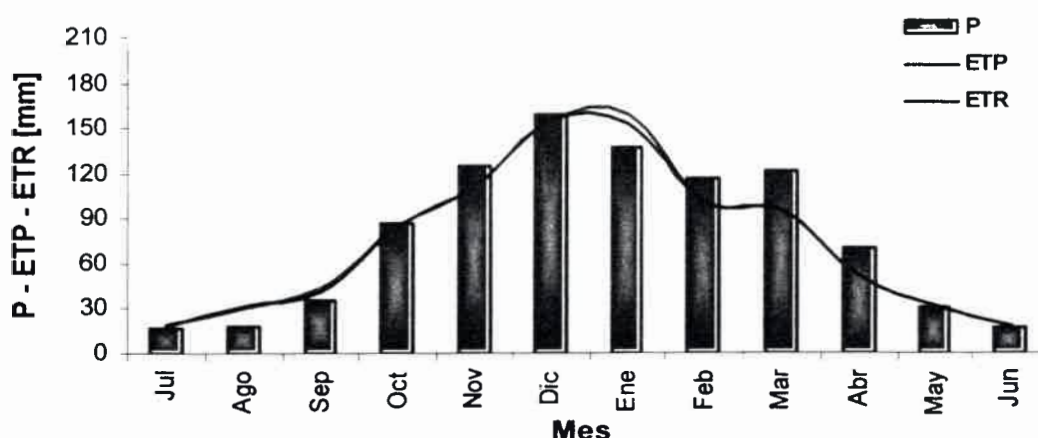


Figura 4.14. Balance hídrico modular, Estación Los Chañares (Serie 1941-2003).

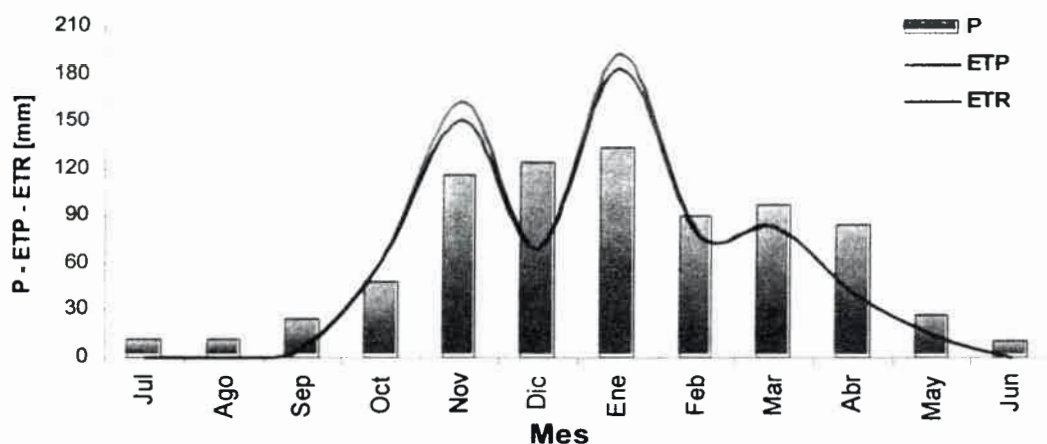


Figura 4.15. Balance hídrico modular, Estación La Aguada (Serie 1994-2003).

Y Balance hídrico seriado

El balance hídrico seriado calculado con la información de las Estaciones Los Chañares y La Aguada se presenta en el Apéndice 1 (Tablas 1.7. y 1.8.).

En las Figuras 4.16. a la 4.21. se presentan los balances hídricos seriados correspondientes a la Estación Los Chañares.

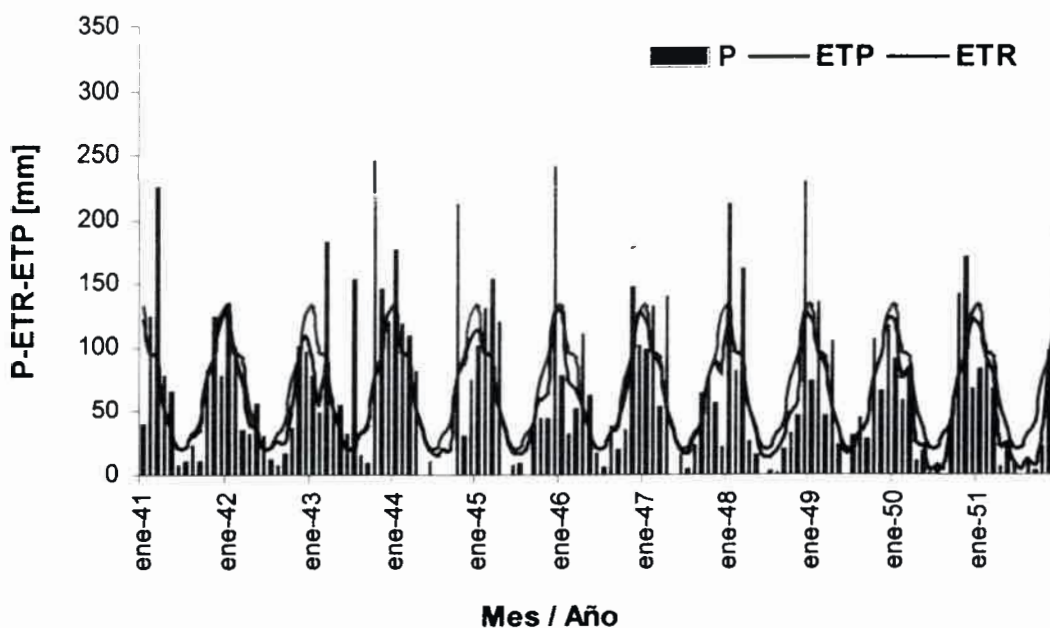


Figura 4.16. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (Serie 1941-1951).

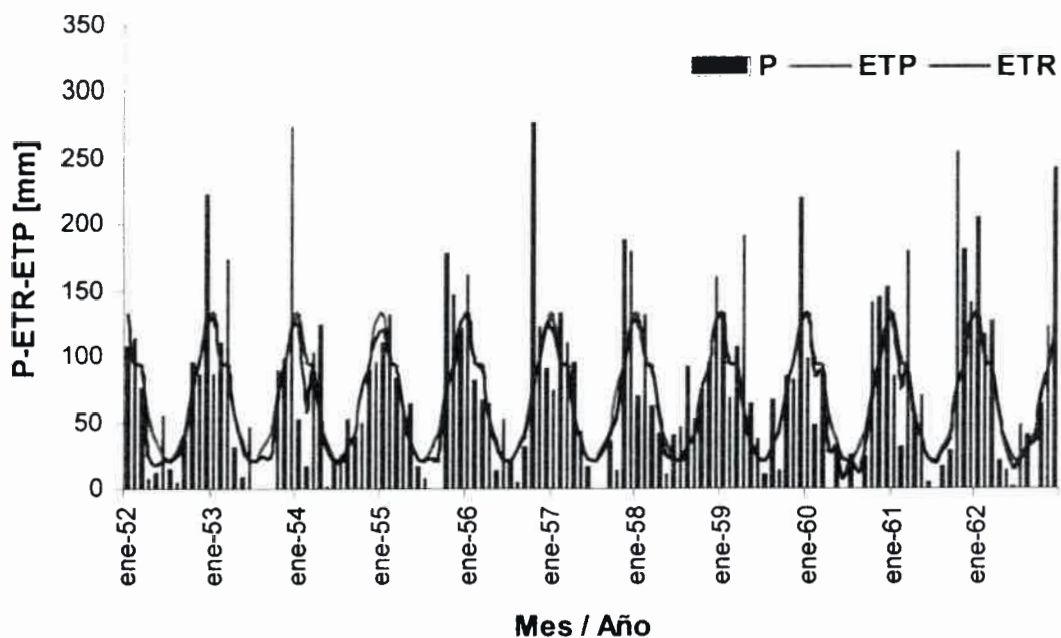


Figura 4.17. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (Serie 1952-1962).

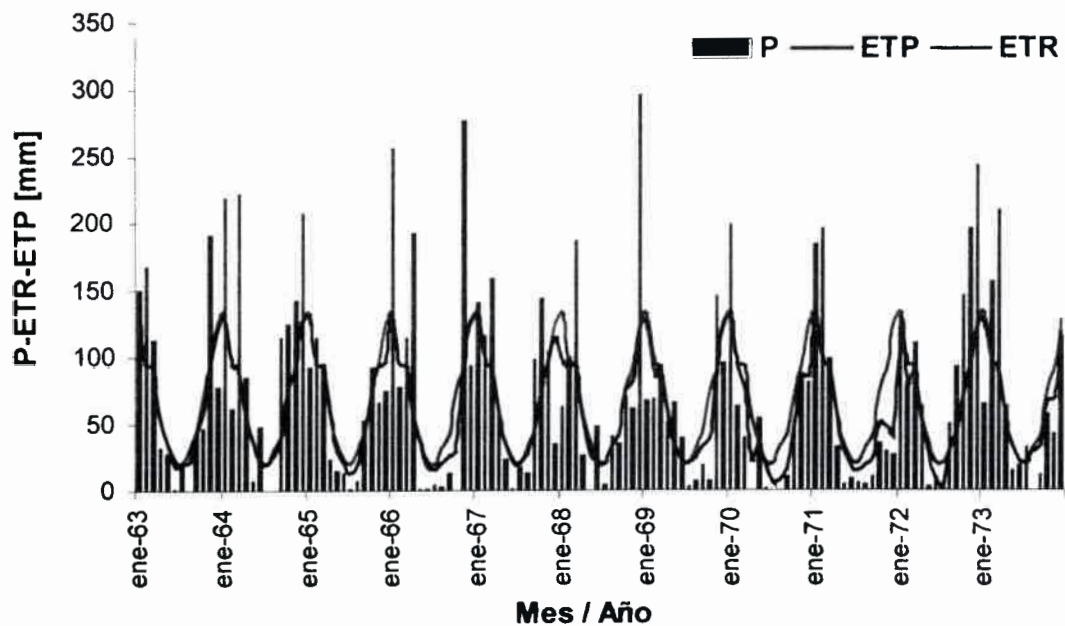


Figura 4.18. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (Serie 1963-1973).

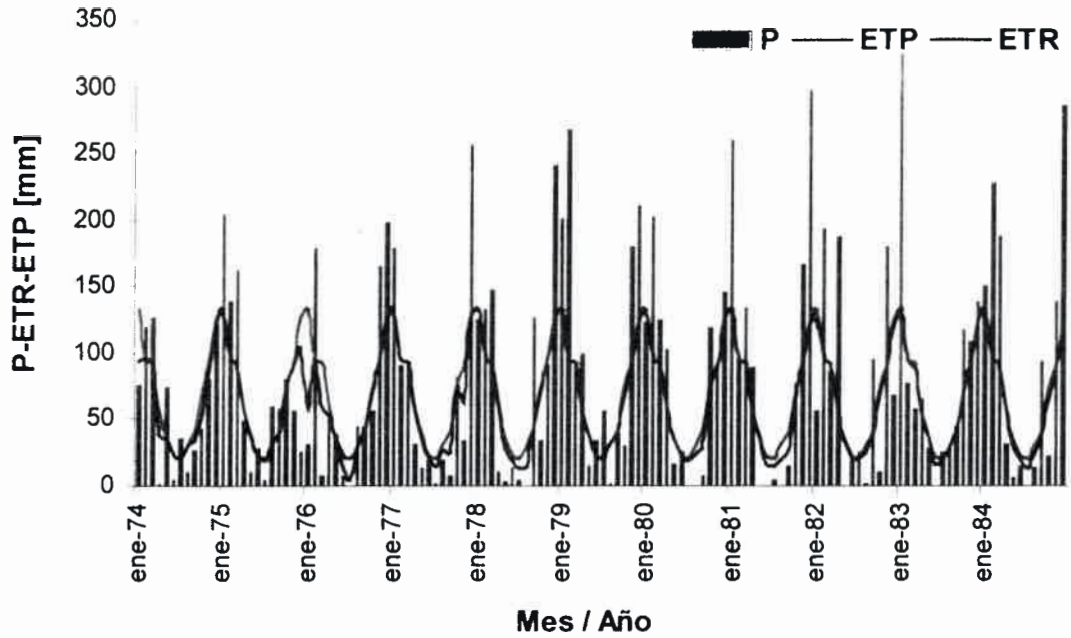


Figura 4.19. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (Serie 1974-1984).

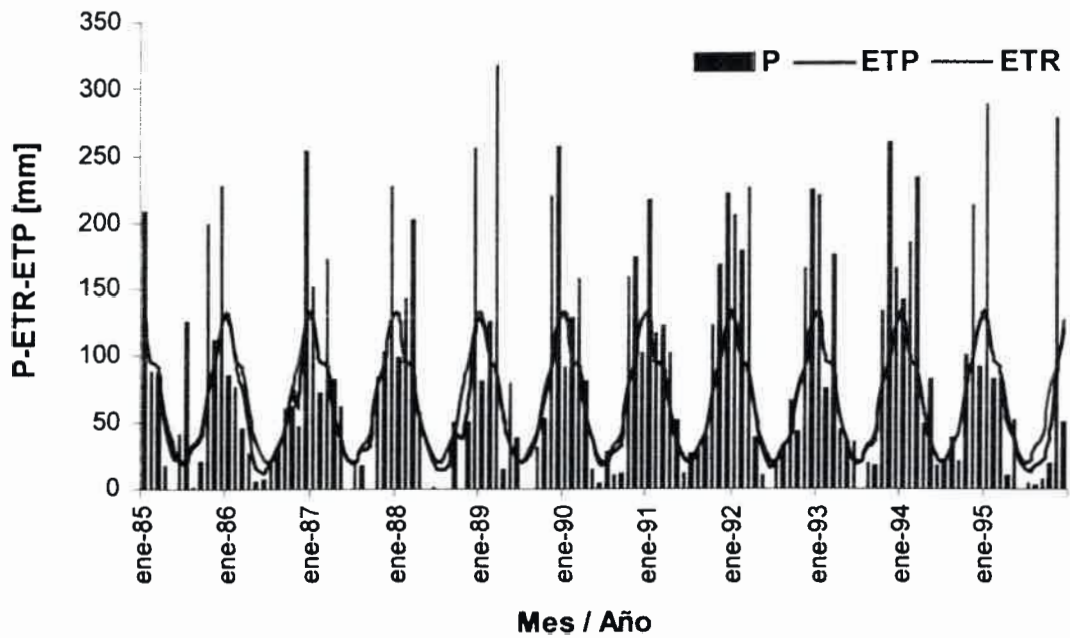


Figura 4.20. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (Serie 1985-1995).

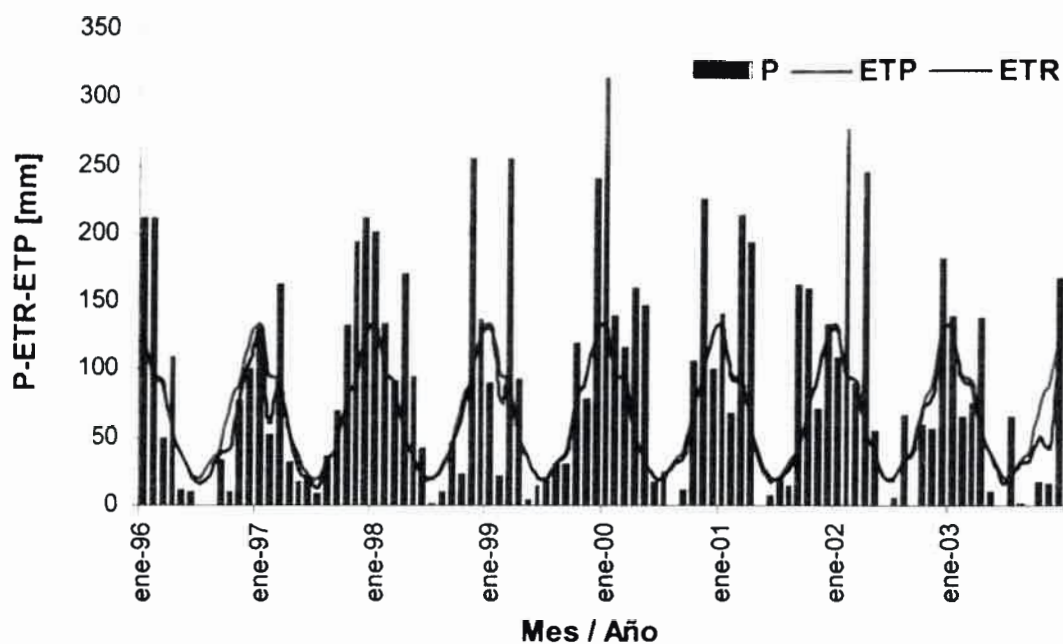


Figura 4.21. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (Serie 1996-2003).

El balance hídrico seriado correspondiente a la Estación La Aguada se presenta en la Figura 4.22.

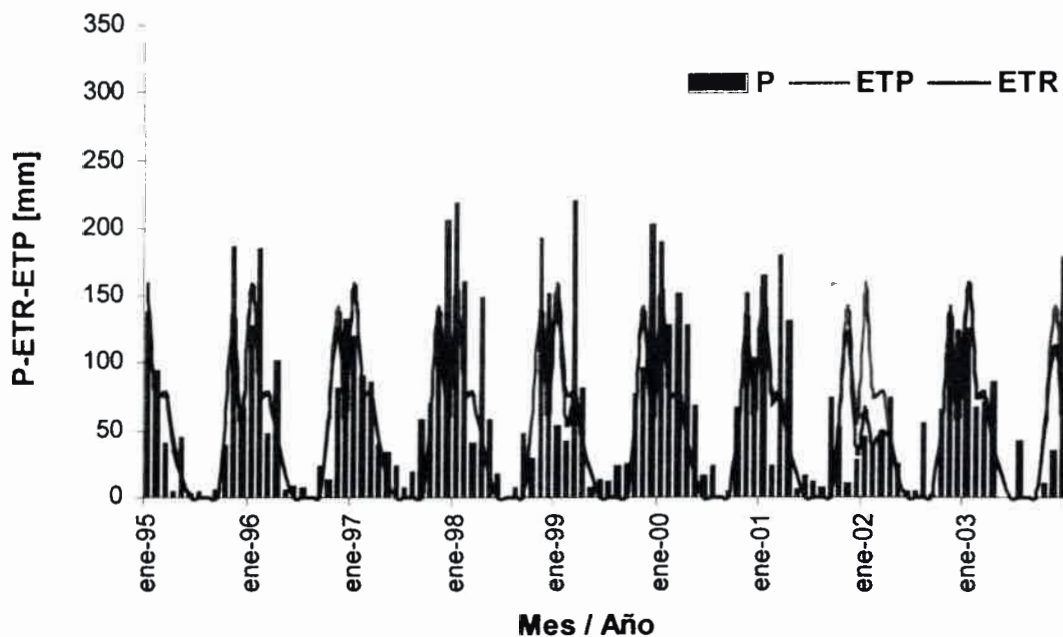


Figura 4.22. Balance hídrico seriado, Estación La Aguada (Serie 1995-2003).

El Esgurrimiento como excedente en el balance hídrico seriado de la Estación Los Chañares, se muestra en las Figuras 4.23. al 4.26.

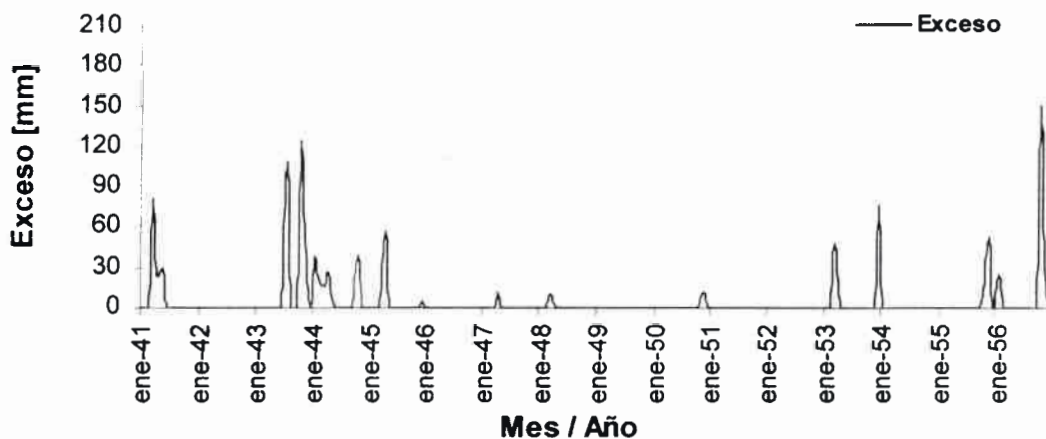


Figura 4.23. Esgurrimiento de excedentes hídricos, Estación Los Chañares (Serie 1941-1956).

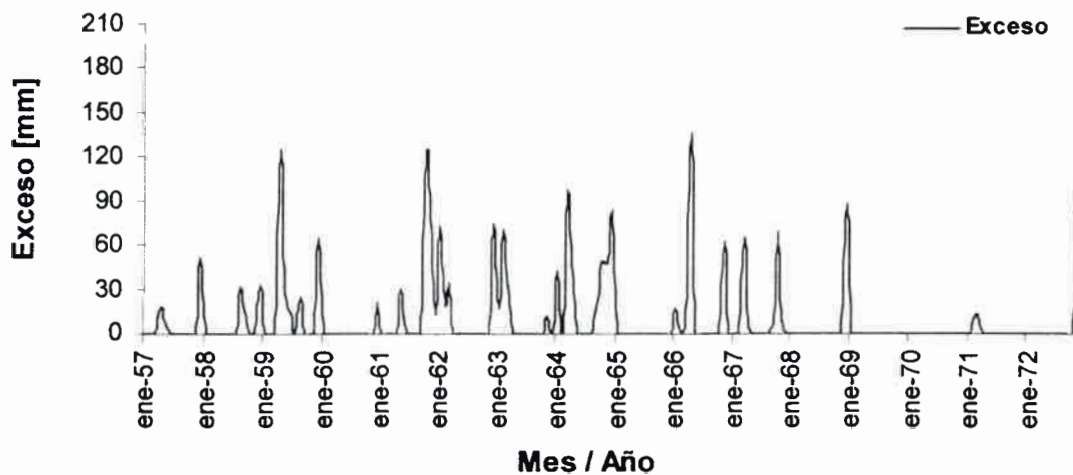


Figura 4.24. Esgurrimiento de excedentes hídricos, Estación Los Chañares (Serie 1957-1972).

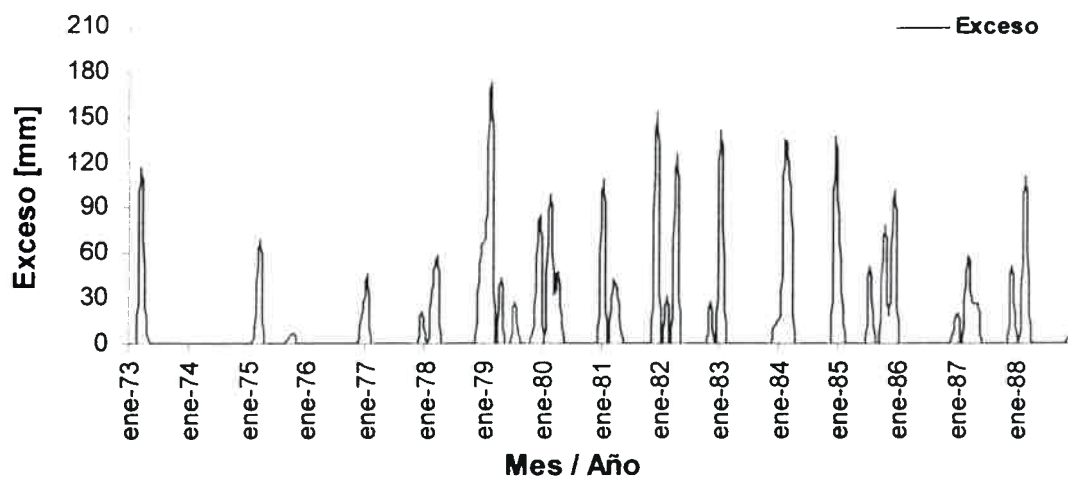


Figura 4.25. Esguerrimieuto de excedentes hídricos, Los Chañares (Serie 1973-1988).

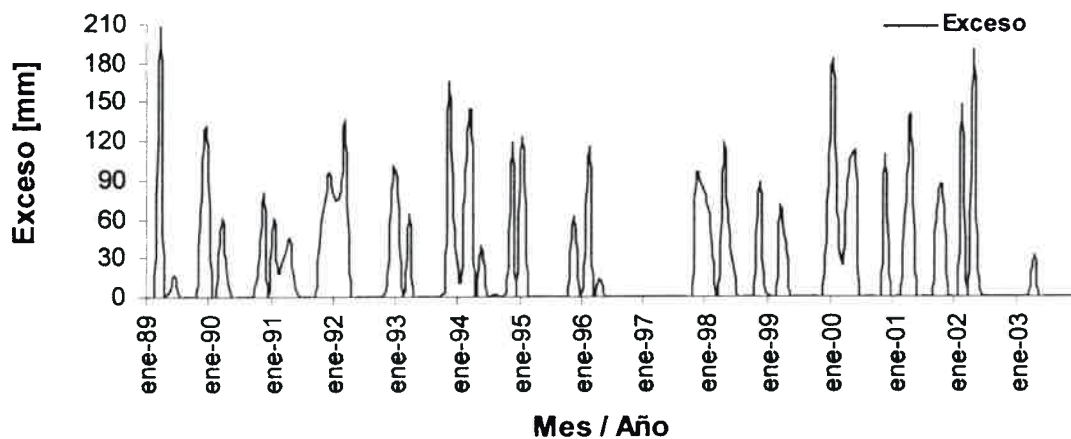


Figura 4.26. Esguerrimieuto de excedentes hídricos, Estación Los Chañares (Serie 1989-2003).

En la Figura 4.27. se presenta el Esguerrimieuto como excedente del balance hídrico seriado correspondiente a la Estación La Aguada.

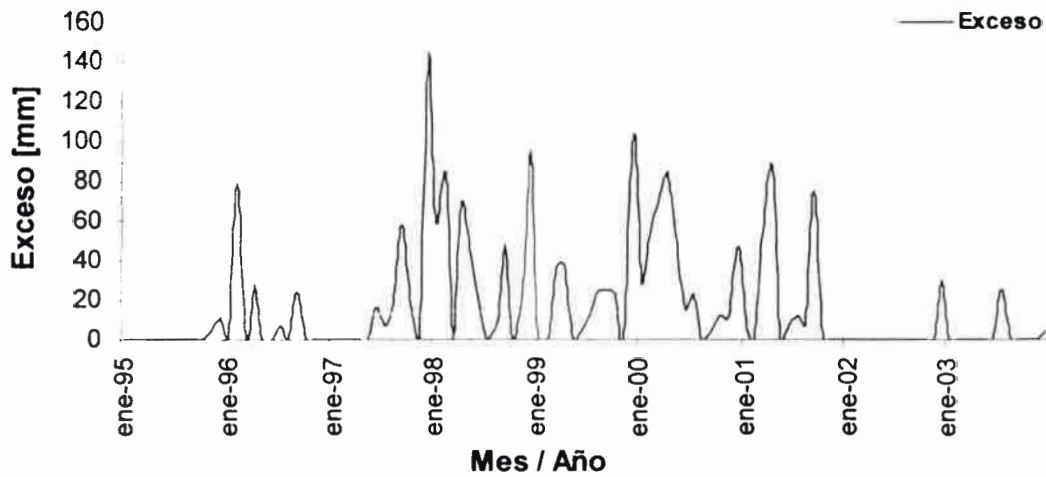


Figura 4.27. Ecurrimiento de excedentes hidricos, Estación La Aguada (Serie 1994-2003).

El índice mensual de sequía para la Estación Los Chañares se presenta en las Figuras 4.28 a la 4.33., respectivamente.

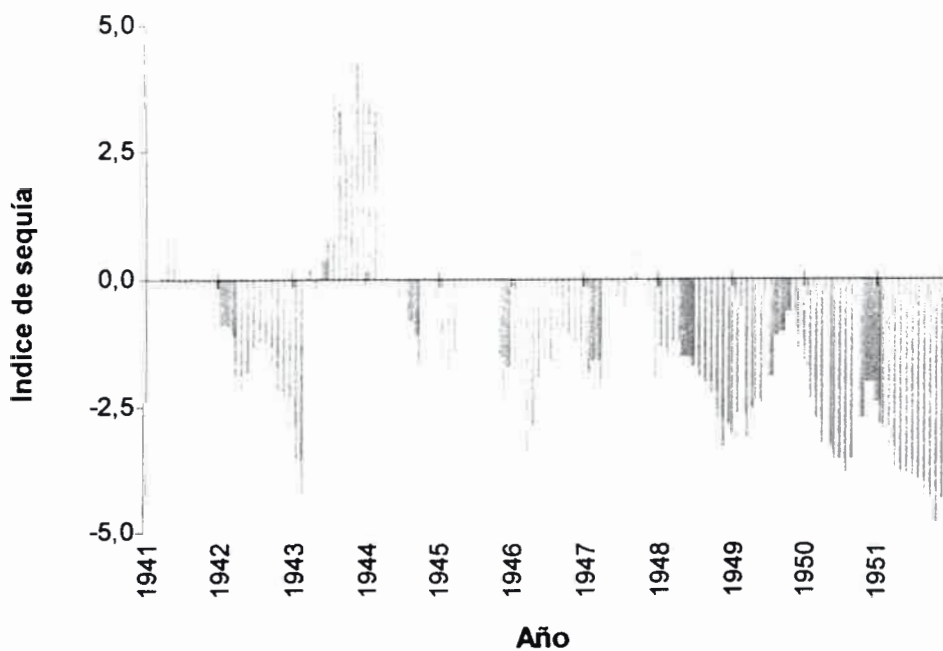


Figura 4.28. Índice mensual de sequía, Estación Los Chañares (Serie 1941-1951).

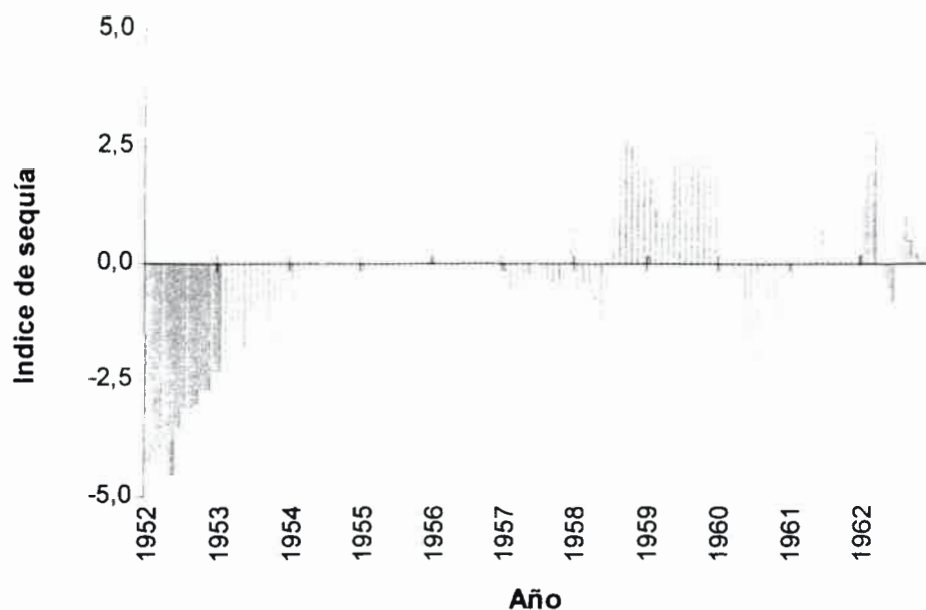


Figura 4.29. Índice mensual de sequía, Estación Los Chañares (Serie 1952-1962).

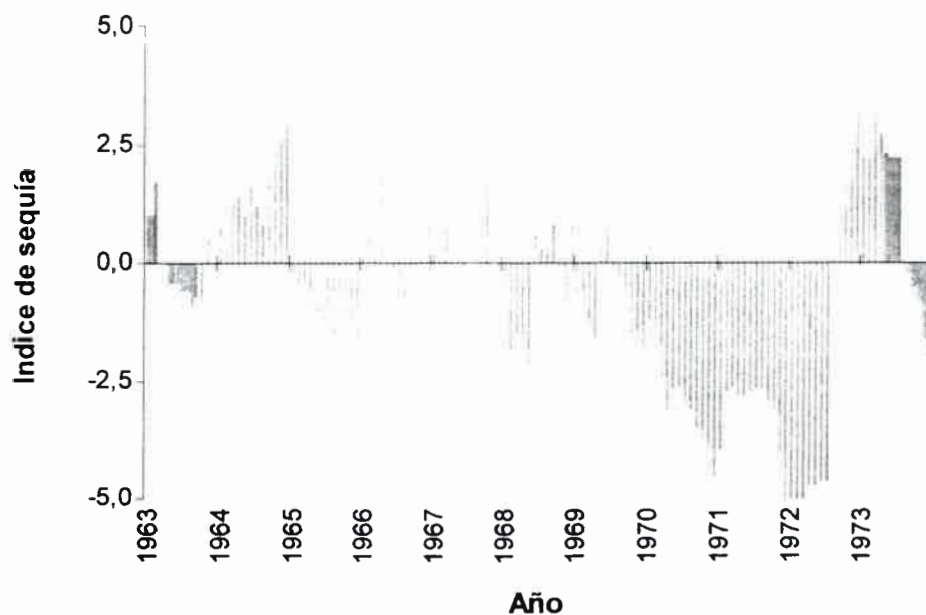


Figura 4.30. Índice mensual de sequía, Estación Los Chañares (Serie 1963-1973).

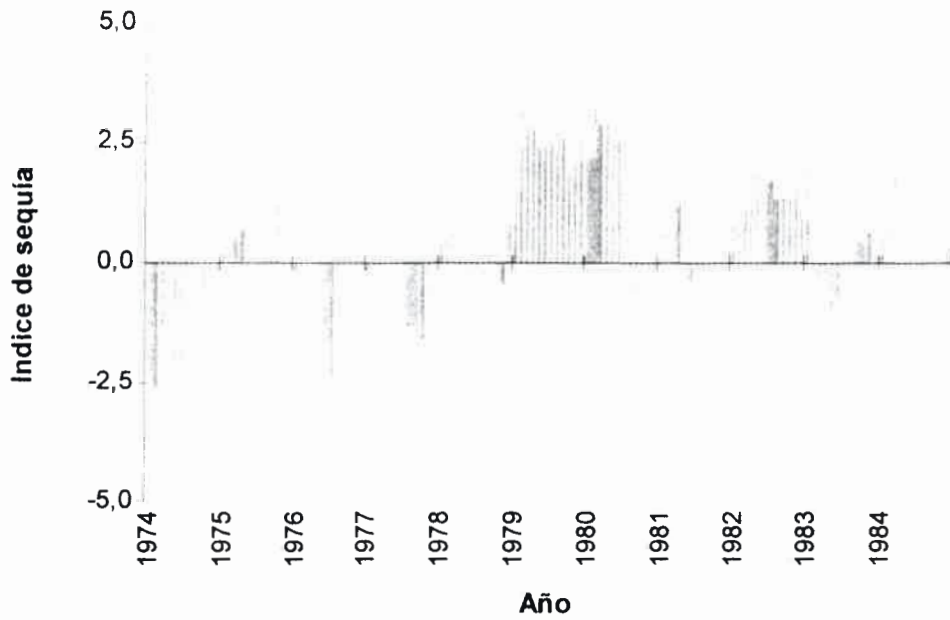


Figura 4.31. Índice mensual de sequía, Estación Los Chañares (Serie 1974-1984).

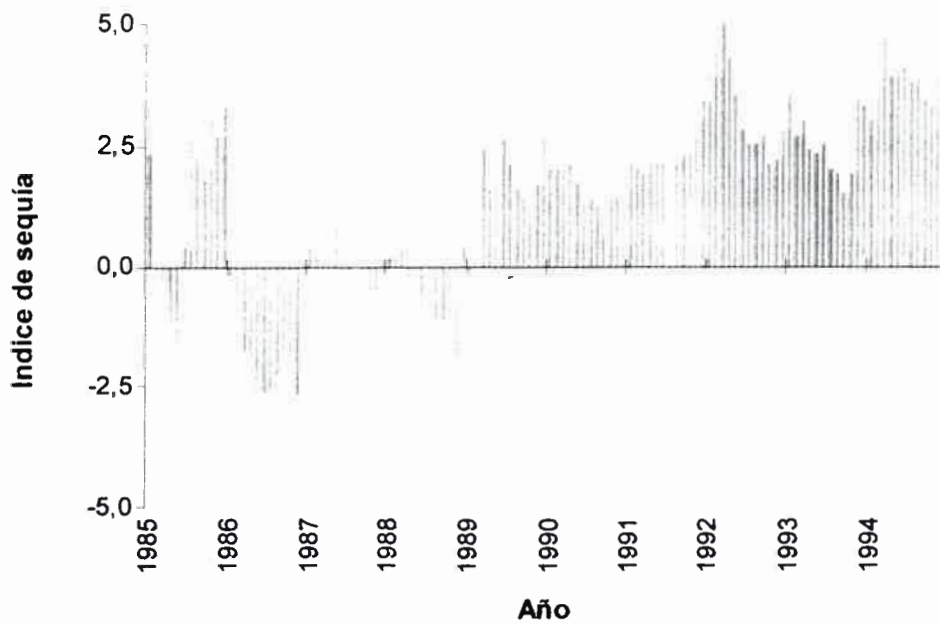


Figura 4.32. Índice mensual de sequía, Estación Los Chañares (Serie 1985-1994).

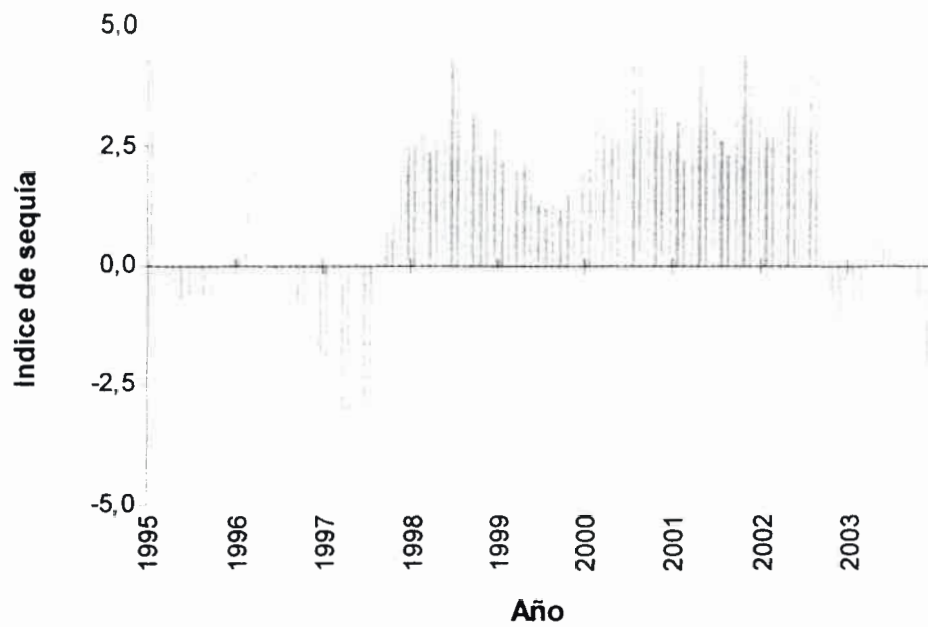


Figura 4.33. Índice mensual de sequía, Estación Los Chañares (Serie 1995-2003).

En la Figura 4.34. se muestra el índice mensual de sequía para la Estación La Aguada.

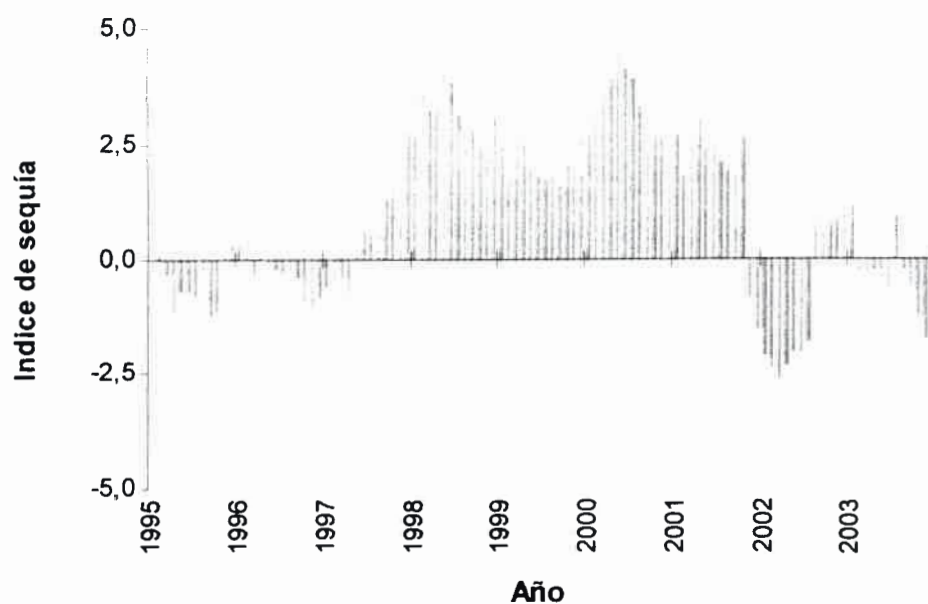


Figura 4.34. Índice mensual de sequía, Estación La Aguada (Serie 1995-2003).

Y Análisis de las tormentas erosivas

Las mediciones directas y las estimaciones indirectas de la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar, se efectuaron en los ciclos correspondientes al período 1999-2003 en la pendiente El Vertedero, mientras que en la pendiente Pozo del Carril en el período 2000-2003.

La presente investigación como se mencionara anteriormente, se efectuó bajo lluvia natural y de acuerdo a la observación directa, o a través del registro de las diferentes estaciones instaladas en el área de estudio y por datos de informantes calificados, se observó que las mismas presentan una gran variabilidad espacial. Por ejemplo, se observó en reiteradas oportunidades cambios en el volumen e intensidad de la tormenta en menos de 1000 metros de distancia, como así también, en distancias algo mayores que pudieron comprobarse por los registros de las estaciones meteorológicas y de recolección pluviométrica en campos particulares.

Las principales tormentas consideradas potencialmente erosivas en los ciclos estudiados se presentan en la Tabla 4.11. La duración total de los eventos fue muy variable alcanzando hasta 82 horas como puede observarse en la Tabla 4.11. Por otro lado, se han observado eventos compuestos por una tormenta (II Evento, Figura 4.38.), dos (III Evento, Figura 4.37.) o más (III Evento, Figura 4.35.; IV Evento, Figura 4.37.).

A través de la minuciosa tarea de campo se comprobó que en tormentas con volúmenes inferiores a 15 milímetros los colectores no captaron lámina de agua ni de sedimento.

En las Figuras 4.35. a 4.38. se muestra la distribución en el tiempo de los diferentes eventos considerados en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Eventos considerados en el periodo de estudio (1999-2003).

Ciclo	Evento			
	I	II	III	IV
1999 - 2000	18/12/1999	27/12/1999	8 al 11/01/2000	19/02/2000
	Pp= 42,4 mm	Pp= 63,4 mm	Pp total=130,6 mm	Pp= 80 mm
	Dur=6,75 h	Dur=11 h	Dur=80 h	Dur=24 h
	Imax= 15,2 mmh ⁻¹	Imax= 19,2 mmh ⁻¹	Imax= 68,8 mmh ⁻¹	Imax= 98,4 mmh ⁻¹
2000 - 2001	3 al 7/01/01	25 al 26/01/01	10 al 11/03/01	21 al 23/03/01
	Pp= 80,6 mm	Pp= 39,4 mm	Pp= 20 mm	Pp total= 64,8 mm
	Dur=82 h	Dur=6 h	Dur=23 h	Dur=41,30 h
	Imax= 68 mmh ⁻¹	Imax= 39,2 mmh ⁻¹	Imax= 18,4 mmh ⁻¹	Imax= 41,6 mmh ⁻¹
2001 - 2002	20/12/2001	16 al 18/02/02	17/03/2002	8 al 10/04/02
	Pp= 55,6 mm	Pp= 74,6 mm	Pp= 20 mm	Pp= 135 mm
	Dur=20 h	Dur=36 h	Dur=6 h	Dur=70 h
	Imax= 55,2 mmh ⁻¹	Imax= 28,8 mmh ⁻¹	Imax= 23,2 mmh ⁻¹	Imax= 71,2 mmh ⁻¹
2002 - 2003	15 al 17/01/02	15/12/2002	21/01/2003	10/02/2003
	Pp= 101 mm	Pp= 35 mm	Pp= 23,4 mm	Pp= 31 mm
	Dur=35 h	Dur=1,5 h	Dur=6 h	Dur=2,5 h
	Imax= 72 mmh ⁻¹	Imax= 63,2 mmh ⁻¹	Imax= 40,8 mmh ⁻¹	Imax= 52 mmh ⁻¹

Pp: precipitación; Dur: duración; Imáx.: intensidad máxima.

En el ciclo 1999-2000 se observa que los dos primeros eventos presentan bajas intensidades (Figura 4.35.), sin embargo, el segundo evento muestra mayor duración, y un menor tiempo en alcanzar la mayor intensidad (45 minutos).

El tercer evento comienza con un período de muy baja precipitación e intensidad y luego de 8,30 horas de calma se observa un ciclo constituido principalmente por tres tormentas. La primera y segunda tormenta están separadas entre ellas por un período de 4 horas, presentando la segunda mayor duración (6,30 horas), cantidad (50,2mm) e intensidad máxima (68,8mmh⁻¹) y menor tiempo en alcanzar la máxima intensidad de la tormenta. La tercera tormenta comienza a las 3 horas de finalizada la anterior y presenta respecto a las otras dos una menor cantidad de precipitación (22 mm), duración (3 horas), intensidad (Imáx=38,4 mmh⁻¹) y mayor tiempo al pico (2,30 horas).

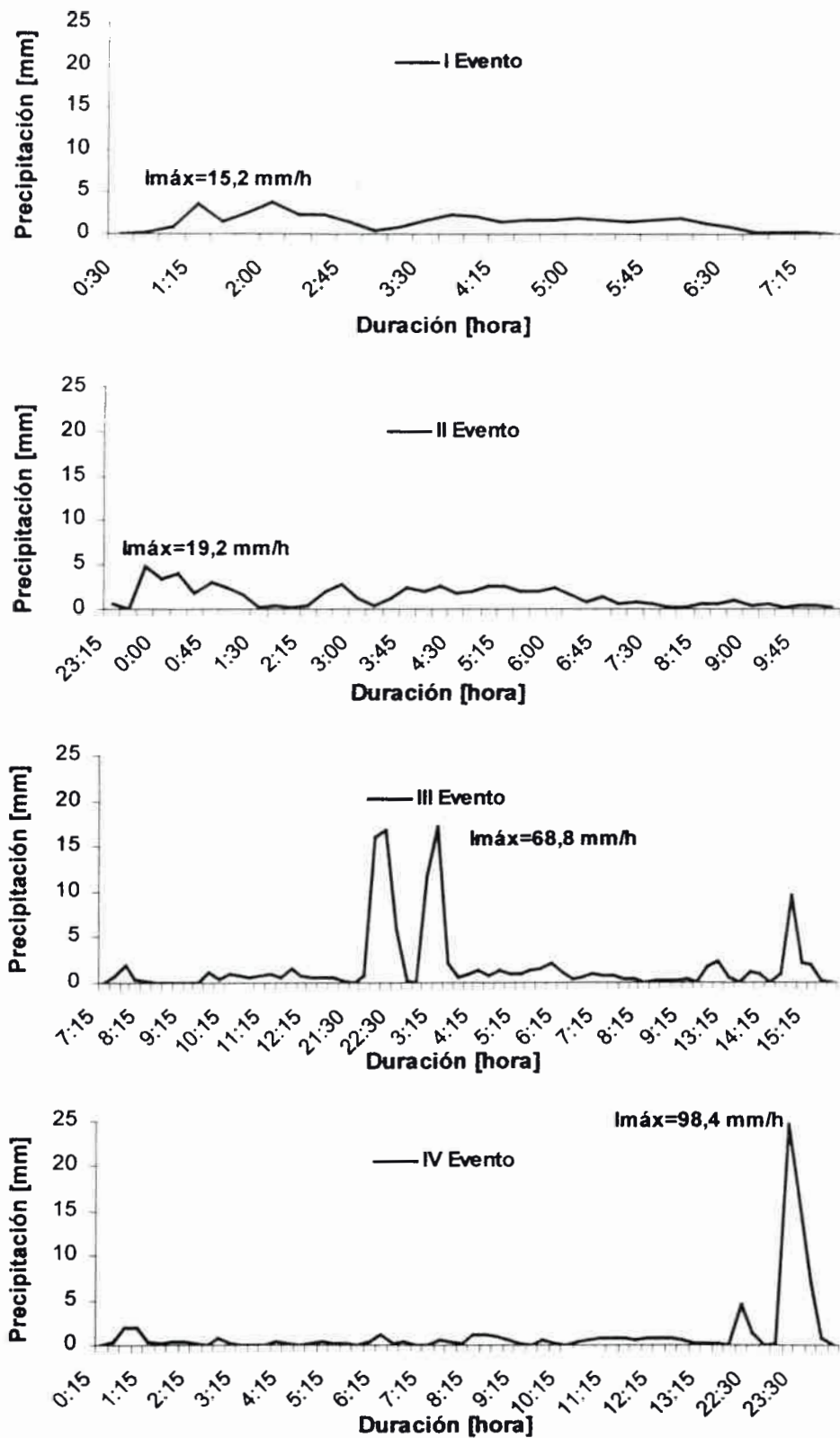


Figura 4.35. Distribución temporal de los diferentes eventos del ciclo 1999-2000 (tiempo de resolución 15 minutos).

El cuarto evento presenta una duración de 24 horas y esta caracterizado por una precipitación de baja intensidad y cantidad durante las primeras 19 horas. Luego de un período sin lluvia se produce la tormenta principal al final del evento, cuya precipitación de 50mm representa el 63% del total del mismo con una intensidad muy alta ($98,4\text{mmh}^{-1}$), siendo esta última la mayor intensidad registrada en el período 1999-2000 (Figura 4.35.).

En el ciclo 2000-2001 se observa que el primer evento tiene una duración de 82 horas, y se caracteriza por comenzar con una tormenta de 4,30 horas de duración, precipitación total de 37,8mm y compuesta por dos picos cuya intensidad máxima es de $24,8\text{mmh}^{-1}$. Posteriormente, continúan 3 días con precipitación intermitente y comienza una tormenta con una duración de 12 horas, una precipitación total de 39,2mm e intensidad máxima de 68mmh^{-1} , alcanzada a los 30 minutos de comenzar la tormenta con una pendiente de ascenso y descenso muy abrupta y simétrica (Figura 4.36.).

El segundo evento está compuesto por una tormenta de 39,4mm con una duración de 6 horas y una intensidad máxima ($39,2\text{mmh}^{-1}$) alcanzada a los 30 minutos de inicio de la misma. La disminución de la intensidad se produce en forma abrupta continuando con baja precipitación hasta finalizar la tormenta.

El tercer evento del ciclo presenta una duración de 23 horas con una precipitación total de 20mm, constituido principalmente por dos tormentas de muy baja intensidad y volumen. La primera de ellas muestra la máxima intensidad ($18,4\text{mmh}^{-1}$) a las 12 horas de haber comenzado el evento.

El cuarto evento tiene una duración de 41,30 horas con un volumen de precipitación de 88,2mm y distribuida en varias tormentas. El evento comienza con una tormenta de baja intensidad a los 30 minutos de iniciada ($I_{\text{máx}}=18,4\text{mmh}^{-1}$). El segundo pico se produce a las 4,45 horas del comienzo del evento con una precipitación de 35mm y una intensidad máxima de $41,6\text{mmh}^{-1}$. A partir de esta última tormenta el evento continúa hasta su finalización con intensidades muy bajas durante 24 horas.

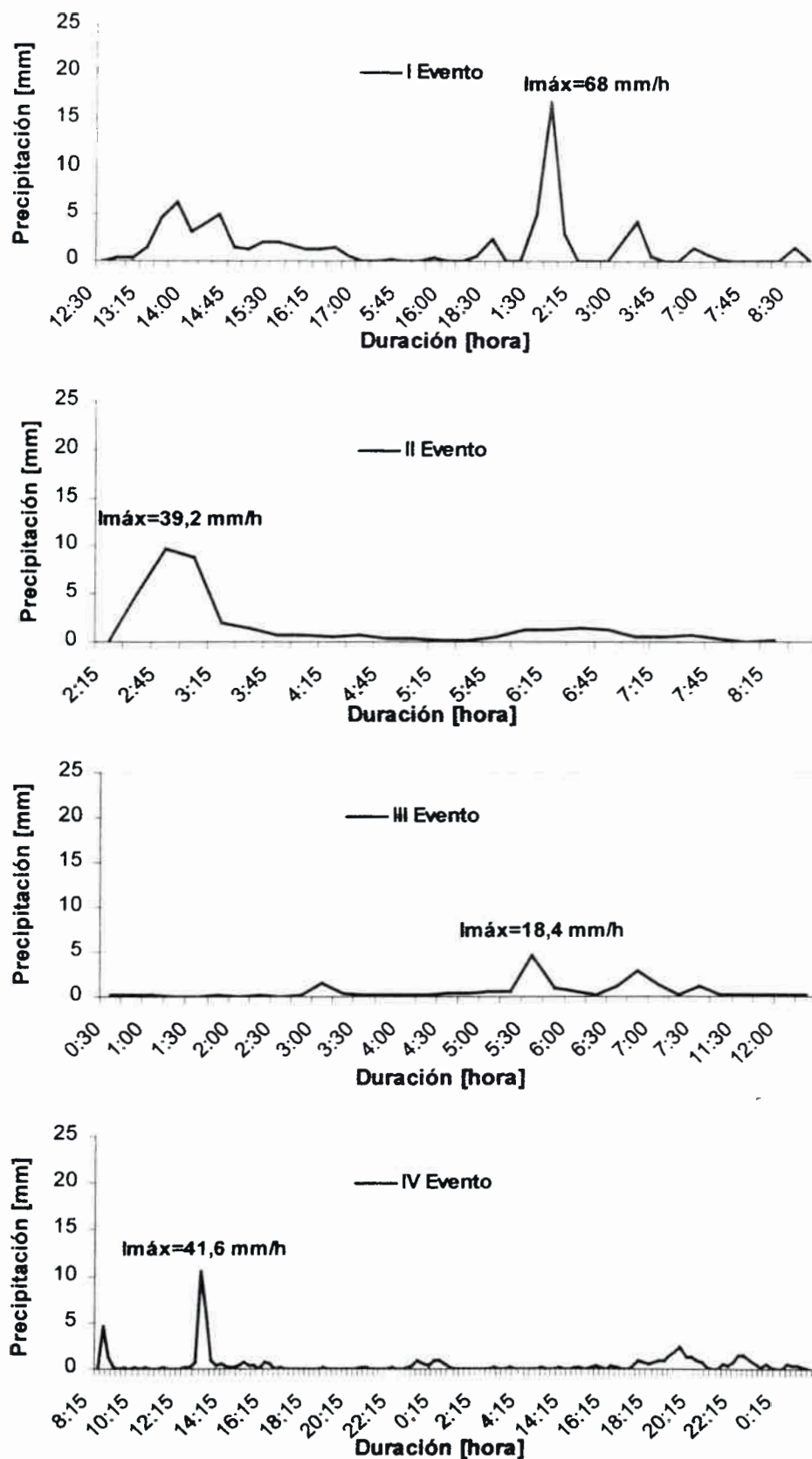


Figura 4.36. Distribución temporal de los diferentes eventos del ciclo 2000-2001 (tiempo de resolución 15 minutos).

El ciclo 2001-2002 comienza con un evento que presenta una duración de 20 horas con una precipitación total de 55,6mm y compuesto principalmente por dos tormentas. La primera y más relevante del evento, alcanza su intensidad máxima ($55,2\text{mmh}^{-1}$) a las 14,30 horas de iniciada la precipitación con un volumen de 35,2mm, y con un intervalo de 45 minutos comienza la segunda tormenta de 10mm con una intensidad máxima de $19,2\text{mmh}^{-1}$ que disminuye muy lentamente hasta la finalización del evento.

El segundo evento tiene una duración de 36 horas con un volumen total precipitado de 74,6mm y compuesto por varias tormentas de baja intensidad. A 1,45 horas de iniciado el evento ocurre la tormenta más importante con una intensidad máxima de $28,8\text{mmh}^{-1}$ alcanzada en forma abrupta, mientras que el descenso esta constituido por varios picos. El evento continúa con una precipitación muy baja hasta que en las últimas 7 horas aparecen varios picos cuya intensidad máxima es de 12mmh^{-1} (Figura 4.37.).

El tercer evento esta constituido por una precipitación total de 20,4mm y desarrollado en 6 horas. Lo más relevante de este evento es que esta constituido por dos tormentas muy bien definidas con intensidades muy similares y separadas entre sí por un intervalo de 30 minutos. La primera tormenta alcanza una intensidad de $20,8\text{mmh}^{-1}$ a los 30 minutos de iniciado el evento y presenta una forma simétrica, mientras que la segunda desarrolla la máxima intensidad ($23,2\text{mmh}^{-1}$) en forma de meseta. El evento finaliza con una precipitación muy baja hasta desaparecer definitivamente.

El cuarto evento presenta una duración de 70 horas con una precipitación total de 135mm y constituido principalmente por cuatro tormentas que entre sí presentan precipitaciones intermitentes. Lo más relevante es que los dos picos más importante presentan igual intensidad máxima ($71,2\text{mm h}^{-1}$) aunque el primero ocurre a las 14,5 horas de iniciado el evento, mientras que el segundo a las 28 horas. Luego un tercer pico con una de intensidad de $52,8\text{mmh}^{-1}$ y antes de finalizar el evento se produce otra tormenta con una intensidad de $26,4\text{mmh}^{-1}$ (Figura 4.37.).

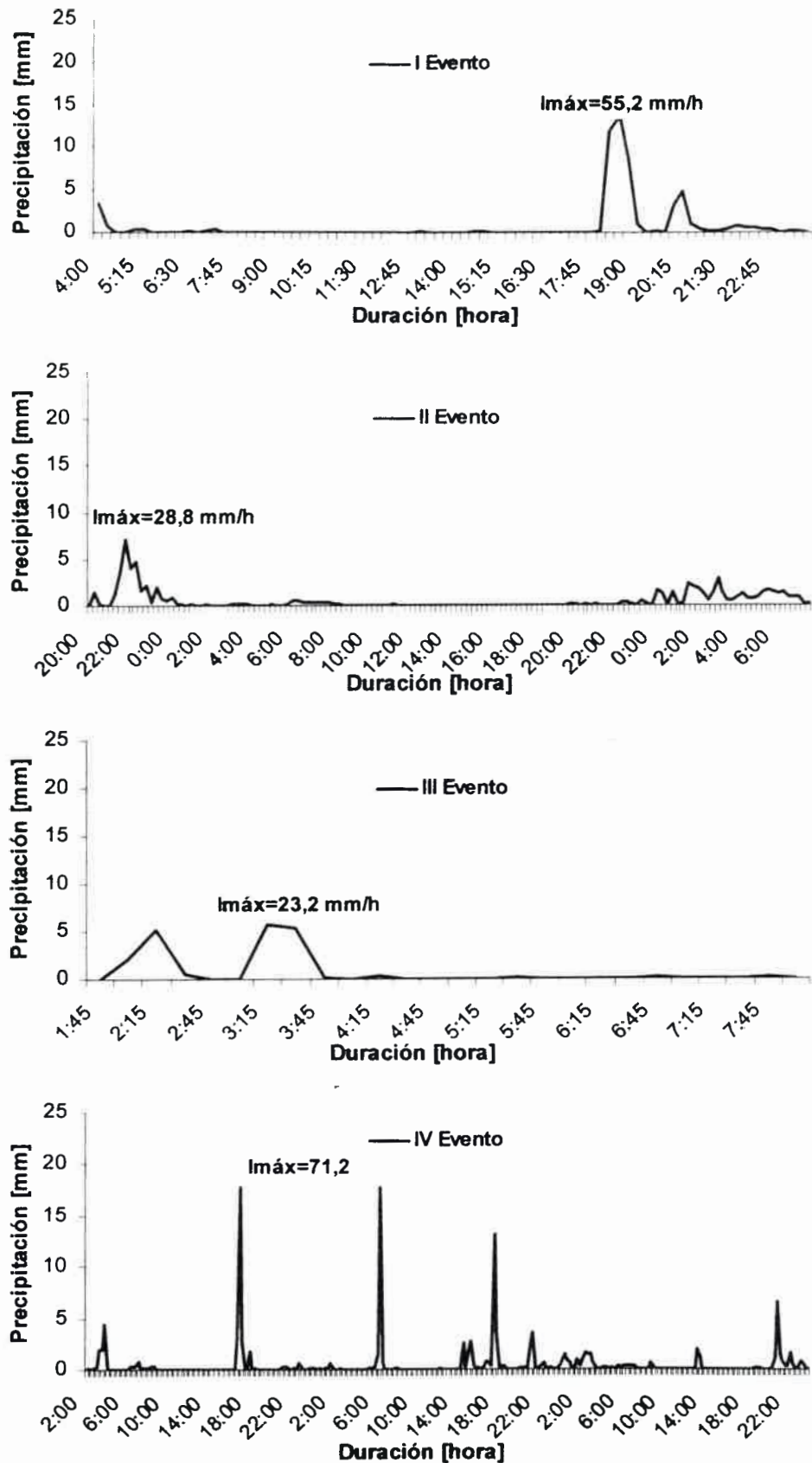


Figura 4.37. Distribución temporal de los diferentes eventos del ciclo 2001-2002.

El ciclo 2002-2003 se inicia con un evento cuya precipitación total es de 101mm y esta constituido principalmente por tres tormentas. La primera de ellas esta conformada por tres picos cuya máxima intensidad ($I_{m\acute{a}x}=72\text{mmh}^{-1}$) se produce a las 2 horas de comenzada la precipitación. El volumen total de precipitación de la tormenta es de 62,8mm. Posteriormente con un intervalo de 24 horas se produce la segunda tormenta, de menor intensidad respecto a la anterior ($54,4\text{mmh}^{-1}$) con una forma simétrica y una precipitación muy inferior (29mm). El evento finaliza con una tormenta de muy baja intensidad ($I_{m\acute{a}x}=16,8\text{mmh}^{-1}$) (Figura 4.38.).

El segundo evento esta constituido por una sola tormenta de 1,30 horas de duración con una precipitación de 35mm que alcanza su máxima intensidad ($63,2\text{mmh}^{-1}$) a los 30 minutos de iniciada la misma para luego descender con una forma más tendida hasta finalizar el evento.

El tercer evento esta constituido por una tormenta con una precipitación de 23,4 mm, una duración de 6 horas, cuya intensidad máxima ($40,8\text{mmh}^{-1}$) la presenta a las 2,15 horas del comienzo del evento.

El último evento del ciclo esta compuesto por una única tormenta de 31mm de precipitación y de 2,15 horas de duración, cuya máxima intensidad (52mmh^{-1}) se alcanza en los primeros 15 minutos de comienzo del evento.

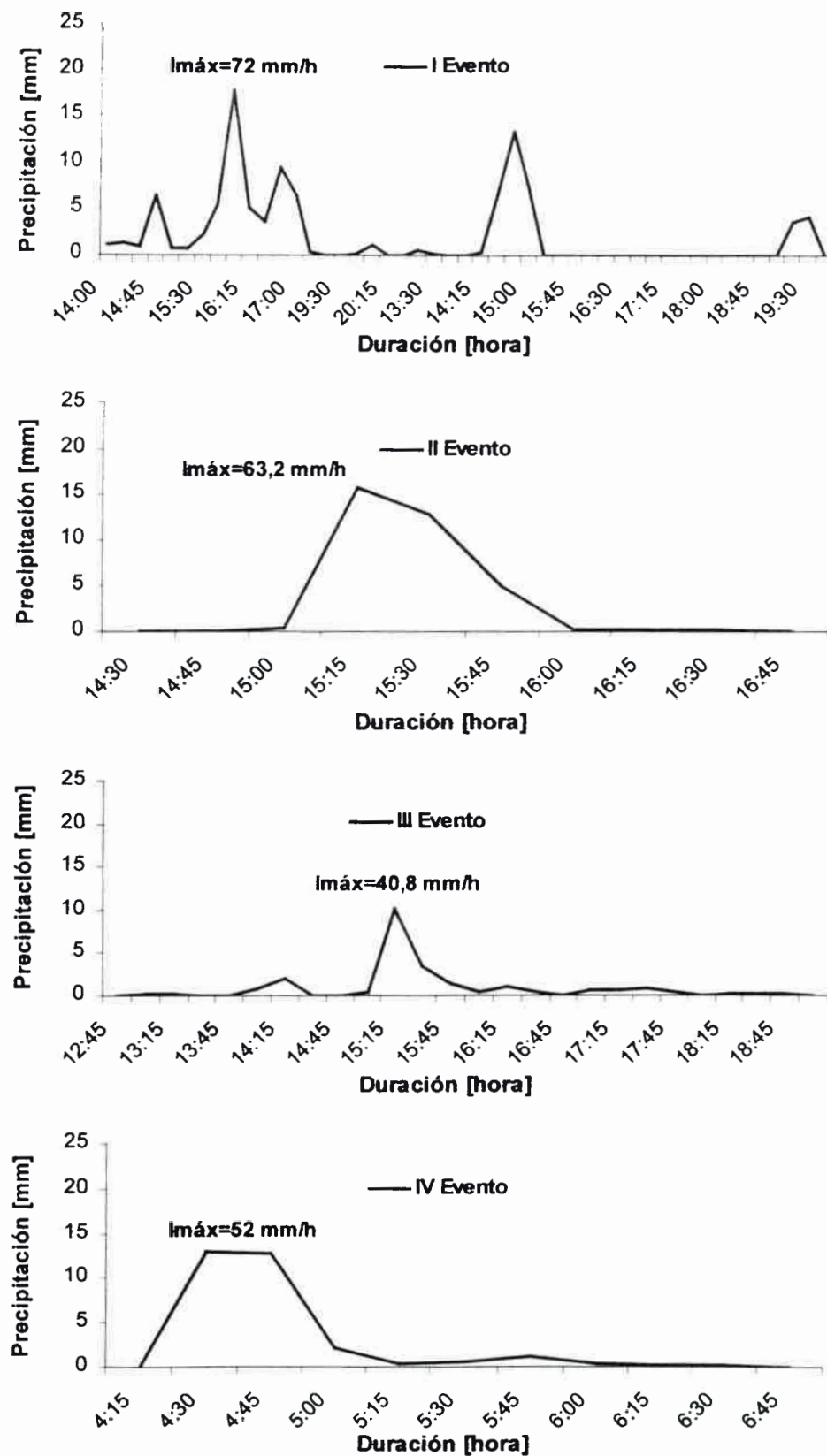


Figura 4.38. Distribución temporal de los diferentes eventos del ciclo 2002-2003 (tiempo de resolución 15 minutos).

4.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL

Se presenta a continuación la caracterización de la cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril y en las distintas secciones de la Pendiente El Vertedero, en los momentos en los cuales se produjeron los eventos más importantes de cada ciclo.

4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

➤ *Evaluación en el ciclo 2000-2001*

En las Tablas 4.2.1., 4.2.2. y 4.2.3. se presenta el estado del cultivo girasol y la cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la siembra directa, labranza reducida y convencional, en los eventos considerados en el ciclo, respectivamente.

Tabla 4.2.1. Estado del cultivo de girasol y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la siembra directa, en los eventos del ciclo 2000-2001, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de girasol	Cobertura vegetal [%]
SD/CF/SP	07-01-01	Etapa floración	100
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	60
	11-03-01	Cosecha	12
	21-03-01	Cosecha	4
SD/SF/SP	07-01-01	Etapa floración	70
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	35
	11-03-01	Cosecha	7
	21-03-01	Cosecha	2
SD/CF/CP	07-01-01	Etapa floración	95
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	55
	11-03-01	Cosecha	10
	21-03-01	Cosecha	4
SD/SF/CP	07-01-01	Etapa floración	60
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	30
	11-03-01	Cosecha	7
	21-03-01	Cosecha	2

La Figura 4.2.1. muestra la cobertura de girasol en la SD/SF/SP en el primer evento del ciclo 2000-2001, en la pendiente Pozo del Carril.



Figura 4.2.1. Cobertura de girasol en la SD/SF/SP en el primer evento del ciclo 2000-2001, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.2.2. Estado del cultivo de girasol y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la labranza reducida, en los eventos del ciclo 2000-2001, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de girasol	Cobertura vegetal [%]
LR/CF/SP	07-01-01	Etapa floración	100
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	60
	11-03-01	Cosecha	12
	21-03-01	Cosecha	4
LR/SF/SP	07-01-01	Etapa floración	90
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	45
	11-03-01	Cosecha	7
	21-03-01	Cosecha	2
LR/CF/CP	07-01-01	Etapa floración	100
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	60
	11-03-01	Cosecha	12
	21-03-01	Cosecha	4
LR/SF/CP	07-01-01	Etapa floración	80
	26-01-01	Etapa madurez fisiológica	40
	11-03-01	Cosecha	7
	21-03-01	Cosecha	2

En la Figura 4.2.2. se aprecia la cobertura de girasol en la SD/SF/CP y LR/CF/CP en el segundo evento del ciclo 2000-2001, pendiente Pozo del Carril.



Figura 4.2.2. Cobertura de girasol en la SD/SF/CP y LR/CF/CP en el segundo evento del ciclo 2000-2001, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.2.3. Estado del cultivo de girasol y porcentaje de cobertura en los diferentes tratamientos de la labranza convencional, en los eventos del ciclo 2000-2001, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de girasol	Cobertura vegetal [%]
LC/CF/SP	07-01-01	Etapla floración	95
	26-01-01	Etapla madurez fisiológica	55
	11-03-01	Cosecha	15
	21-03-01	Cosecha	5
LC/SF/SP	07-01-01	Etapla floración	70
	26-01-01	Etapla madurez fisiológica	30
	11-03-01	Cosecha	7
	21-03-01	Cosecha	2
LC/CF/CP	07-01-01	Etapla floración	95
	26-01-01	Etapla madurez fisiológica	50
	11-03-01	Cosecha	12
	21-03-01	Cosecha	4
LC/SF/CP	07-01-01	Etapla floración	50
	26-01-01	Etapla madurez fisiológica	25
	11-03-01	Cosecha	7
	21-03-01	Cosecha	2

➤ Evaluación en el ciclo 2001-2002

Las Tablas 4.2.4., 4.2.5. y 4.2.6. presentan el estado del cultivo maíz y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la siembra directa, labranza reducida y convencional, en los eventos del ciclo 2001-2002, respectivamente.

Tabla 4.2.4. Estado del cultivo de maíz y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la siembra directa, en los eventos del ciclo 2001-2002, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
SD/CF/SP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	100
	17-03-02	Etapa grano pastoso	100
	09-04-02	Etapa grano duro	80
SD/SF/SP	20-12-01	Etapa vegetativa	40
	16-02-02	Etapa reproductiva	60
	17-03-02	Etapa grano pastoso	60
	09-04-02	Etapa grano duro	50
SD/CF/CP	20-12-01	Etapa vegetativa	50
	16-02-02	Etapa reproductiva	100
	17-03-02	Etapa grano pastoso	100
	09-04-02	Etapa grano duro	75
SD/SF/CP	20-12-01	Etapa vegetativa	35
	16-02-02	Etapa reproductiva	55
	17-03-02	Etapa grano pastoso	55
	09-04-02	Etapa grano duro	40

La Figura 4.2.3. muestra la cobertura de maíz en la siembra directa con y sin fertilización y sin pastoreo, y la labranza reducida con fertilización sin fertilización en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en la pendiente Pozo del Carril.

En la Figura 4.2.4. se presenta la cobertura de maíz en la labranza convencional sin fertilización y con pastoreo del último evento del ciclo 2001-2002 en la pendiente.

Tabla 4.2.5. Estado del cultivo de maíz y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la labranza reducida, en los eventos del ciclo 2001-2002, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
LR/CF/SP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	100
	17-03-02	Etapa grano pastoso	100
	09-04-02	Etapa grano duro	80
LR/SF/SP	20-12-01	Etapa vegetativa	50
	16-02-02	Etapa reproductiva	85
	17-03-02	Etapa grano pastoso	85
	09-04-02	Etapa grano duro	65
LR/CF/CP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	100
	17-03-02	Etapa grano pastoso	100
	09-04-02	Etapa grano duro	75
LR/SF/CP	20-12-01	Etapa vegetativa	50
	16-02-02	Etapa reproductiva	80
	17-03-02	Etapa grano pastoso	80
	09-04-02	Etapa grano duro	60

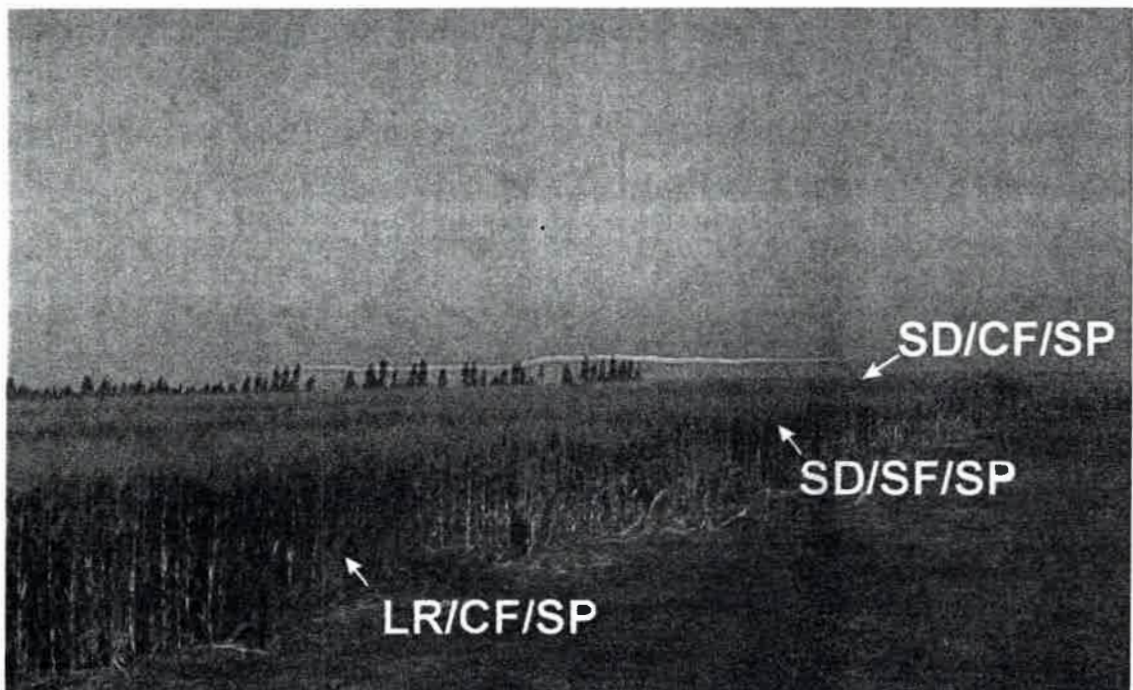


Figura 4.2.3. Cobertura de maíz en la SD/CF/SP, SD/SF/SP y LR/CF/SP en el segundo evento del ciclo 2001-2002, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.2.6. Estado del cultivo de maíz y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la labranza convencional, en los eventos del ciclo 2001-2002, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
LC/CF/SP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	100
	17-03-02	Etapa grano pastoso	100
	09-04-02	Etapa grano duro	80
LC/SF/SP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	80
	17-03-02	Etapa grano pastoso	80
	09-04-02	Etapa grano duro	65
LC/CF/CP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	100
	17-03-02	Etapa grano pastoso	100
	09-04-02	Etapa grano duro	75
LC/SF/CP	20-12-01	Etapa vegetativa	55
	16-02-02	Etapa reproductiva	75
	17-03-02	Etapa grano pastoso	75
	09-04-02	Etapa grano duro	60



Figura 4.2.4. Cobertura de maíz en la LC/SF/CP en el último evento del ciclo 2001-2002, pendiente Pozo del Carril.

➤ Evaluación en el ciclo 2002-2003

En las Tablas 4.2.7., 4.2.8. y 4.2.9. se presenta el estado del cultivo maíz y cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la siembra directa, labranza reducida y convencional, en los eventos del ciclo 2002-2003, respectivamente.

En las Figuras 4.2.5. y 4.2.6 se muestra la cobertura de maíz en la labranza reducida con fertilización y sin pastoreo (LR/CF/SP), y en la labranza convencional sin fertilización y con pastoreo (LC/SF/CP), en el tercer evento del ciclo 2002-2003, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.2.7. Estado del cultivo de maíz y porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes tratamientos de la siembra directa, en los eventos del ciclo 2002-2003, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
SD/CF/SP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	30
	17-01-03	Estado acuoso	100
	10-02-03	Etapa grano pastoso	100
SD/SF/SP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	20
	17-01-03	Estado acuoso	60
	10-02-03	Etapa grano pastoso	60
SD/CF/CP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	25
	17-01-03	Estado acuoso	95
	10-02-03	Etapa grano pastoso	95
SD/SF/CP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	20
	17-01-03	Estado acuoso	55
	10-02-03	Etapa grano pastoso	55



Figura 4.2.5. Cobertura de maíz en la LR/CF/SP en el tercer evento del ciclo 2002-2003, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.2.8. Estado del cultivo de maíz y porcentaje de cobertura en los diferentes tratamientos de la LR en los eventos del ciclo 2002-2003, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
LR/CF/SP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	30
	17-01-03	Estado acuoso	95
	10-02-03	Etapa grano pastoso	95
LR/SF/SP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	25
	17-01-03	Estado acuoso	80
	10-02-03	Etapa grano pastoso	80
LR/CF/CP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	30
	17-01-03	Estado acuoso	90
	10-02-03	Etapa grano pastoso	90
LR/SF/CP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	25
	17-01-03	Estado acuoso	75
	10-02-03	Etapa grano pastoso	75

Tabla 4.2.9. Estado del cultivo de maíz, tipo y porcentaje vegetal en los diferentes tratamientos de la LR, en los eventos del ciclo 2002-2003, pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
LC/CF/SP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	30
	17-01-03	Estado acuoso	85
	10-02-03	Etapa grano pastoso	85
LC/SF/SP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	25
	17-01-03	Estado acuoso	75
	10-02-03	Etapa grano pastoso	75
LC/CF/CP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	30
	17-01-03	Estado acuoso	80
	10-02-03	Etapa grano pastoso	80
LC/SF/CP	15-11-02	Etapa vegetativa	10
	15-12-02	Etapa vegetativa	25
	17-01-03	Estado acuoso	70
	10-02-03	Etapa grano pastoso	70



Figura 4.2.6. Cobertura de maíz en la LC/SF/CP en el tercer evento del ciclo 2002-2003, pendiente Pozo del Carril.

4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

➤ Evaluación en el ciclo 1999-2000

En la Tabla 4.2.10. se presenta el estado del cultivo maíz y cobertura vegetal de la pendiente El Vertedero, en los eventos del ciclo 1999-2000.

En la Figura 4.2.7. se muestra la cobertura de maíz en el último evento del ciclo 1999-2000 en la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.2.10. Estado del cultivo de maíz, tipo y porcentaje de cobertura en los eventos del ciclo 1999-2000, en la pendiente El Vertedero.

Evento	Estado del cultivo de maíz	Cobertura vegetal [%]
18-12-99	Etapa vegetativa	35
26-12-99	Etapa vegetativa	40
08-01-00	Etapa floración	60
19-02-00	Etapa grano pastoso	100



Figura 4.2.7. Cobertura de maíz en el cuarto evento del ciclo 1999-2000, pendiente El Vertedero.

➤ **Evaluación en el ciclo 2000-2001**

La Tabla 4.2.11. muestra el estado del cultivo soja y la cobertura vegetal de la pendiente El Vertedero, en los eventos del ciclo 2000-2001.

La Figura 4.2.8. muestra la cobertura de soja en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.2.11. Estado del cultivo de soja y porcentaje de cobertura de la pendiente El Vertedero, en los eventos del ciclo 2000-2001.

Evento	Estado del cultivo de soja	Cobertura vegetal [%]
07-01-01	Etapa vegetativa	35
26-01-01	Etapa floración	75
11-03-01	Etapa llenado de grano	35
21-03-01	Etapa madurez de cosecha	10



Figura 4.2.8. Cobertura de soja en el segundo evento del ciclo 2000-2001, pendiente El Vertedero.

➤ **Evaluación en el ciclo 2001-2002**

En la Tabla 4.2.12. se presenta el estado del cultivo de sorgo y la cobertura vegetal de la pendiente El Vertedero, en los eventos del ciclo 2001-2002.

La Figura 4.2.9. muestra la cobertura de sorgo en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.2.12. Estado del cultivo de sorgo, tipo y porcentaje de cobertura en los eventos del ciclo 2001-2002, en la pendiente El Vertedero.

Evento	Estado del cultivo de sorgo	Cobertura vegetal [%]
20-12-01	Etapa vegetativa	3
16-02-02	Etapa vegetativa	80
17-03-02	Etapa vegetativa	60
09-04-02	Etapa vegetativa	75

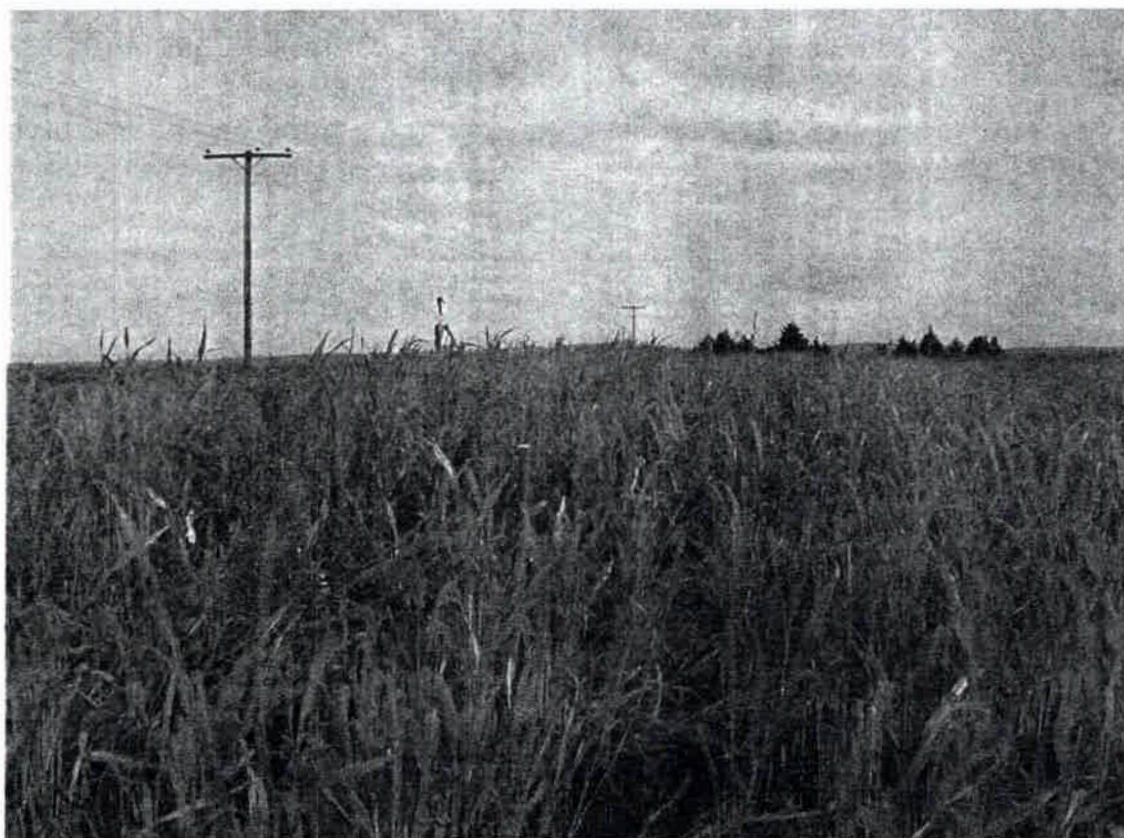


Figura 4.2.9. Cobertura de sorgo en el tercer evento del ciclo 2001-2002, pendiente El Vertedero.

➤ **Evaluación en el ciclo 2002-2003**

La Tabla 4.2.13. muestra el estado del cultivo de soja y la cobertura vegetal de la pendiente El Vertedero, en los eventos del ciclo 2002-2003.

En la Figura 4.2.10. se presenta la cobertura de soja en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.2.13. Estado del cultivo de soja, tipo y porcentaje de cobertura en los eventos del ciclo 2002-2003, en la pendiente El Vertedero.

Evento	Estado del cultivo de soja	Cobertura vegetal [%]
15-11-02	Etapa vegetativa	4
15-12-02	Etapa vegetativa	5
17-01-03	Etapa llenado de grano	75
10-02-03	Etapa llenado de grano	85



Figura 4.2.10. Cobertura de soja en el tercer evento del ciclo 2002-2003, pendiente El Vertedero.

4.3. GEOMORFOLOGIA

Se presenta a continuación la caracterización geomorfológica de los sitios experimentales seleccionados en la presente investigación. Los mismos de acuerdo a lo establecido Cantú (1998) forman parte de la Subunidad Pendientes.

4.3.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

La pendiente Pozo del Carril en conjunto tiene una forma convexa en la parte superior, linear en la parte media y cóncava en la parte baja con un contorno ligeramente convexo. La medición de la pérdida de suelo y el escurrimiento se realizó en la parte superior de la pendiente donde presenta una forma linear (Figura 4.3.1.) con una longitud de 300 metros y un ancho de 150 metros.



Figura 4.3.1. Vista pendiente parte superior Pozo del Carril.

La pendiente presenta un gradiente hacia el oeste que varía del 0,92% en la parte superior, 1,17% en el sector intermedio y de 1,43% en la parte inferior, como se muestra en el perfil topográfico de la Figura 4.3.2.

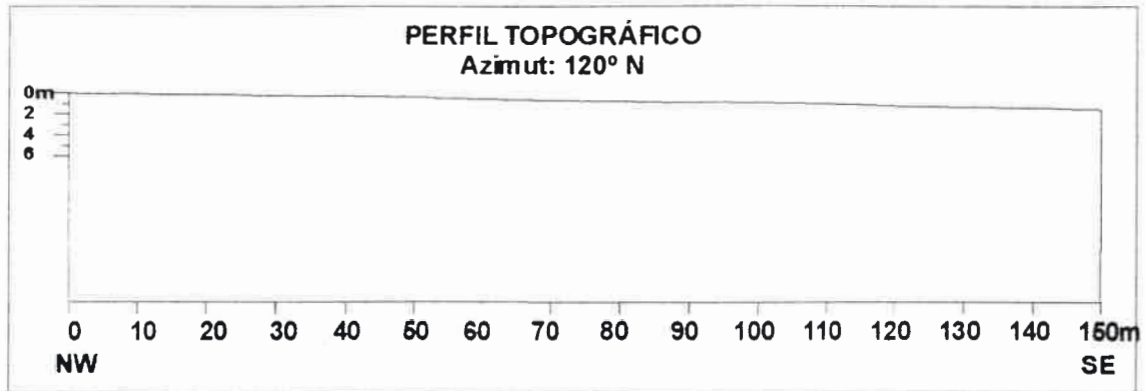


Figura 4.3.2. Perfil topográfico pendiente Pozo del Carril.

La pendiente esta conformada por sedimentos loésicos arenosos muy finos pertenecientes a la Fm La Oscura (Cantú, 1992) depositados en el Holoceno medio a alto, que determina la formación de un suelo de escaso desarrollo a lo largo de la misma con diferencias en el espesor del solum y del horizonte A.

Desde el punto de vista morfodinámico son importantes los procesos de erosión hídrica y en menor grado la eólica. A través de una minuciosa tarea de campo, posterior a diferentes eventos de precipitación, se observó dispersión de las partículas finas de la superficie del suelo, depositación de las mismas en microdepresiones formadas durante la lluvia, formación de pequeños canales entrecruzados, muy difusos, e interrumpidos en algunos casos por la cobertura vegetal formando remolinos. Como así también, la presencia de surcos permanentes y no permanentes, siendo estos últimos desdibujados en la mayoría de los casos por la labranza. En la parte final de la pendiente y en forma transversal a la misma se desarrolla una cárcava como se aprecia en la Figura 4.3.3.



Figura 4.3.3. Vista pendiente Pozo del Carril con la cárcava al pie de loma.

A partir de fotografías aéreas de diferentes años y escalas, imágenes satelitales, información calificada del área y de campo se observa en el tiempo la presencia permanente de surcos y una cárcava. En el borde sur de la pendiente con dirección E-O se observa un surco y otro en el lado norte en sentido NE-SO. Este último surco es muy activo con marcada profundización, desbordes de material e inclusive pequeñas ollas de sufusión cuando las precipitaciones son de gran volumen e intensidad y la superficie se encuentra desprovista de vegetación y preparada para la siembra. Además, la cárcava al pie de la pendiente muestra en la actualidad un proceso de sedimentación en la base resultado del proceso de corte y deslizamiento, y caída de material local por el proceso de erosión lateral, como así también, por el sedimento transportado por flujo superficial de las áreas circundantes.

El proceso de erosión eólica es principalmente deflación del horizonte superficial del suelo, cuando este se encuentra con escasa a nula cobertura

vegetal a fines de invierno y primavera, y por otro lado, procesos de acumulación.

4.3.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

Geomorfológicamente, la pendiente presenta un gradiente hacia el Este, con una longitud de aproximadamente 120 metros y un ancho de 50 metros (Figura 4.3.4.). La pendiente El Vertedero muestra en conjunto una forma convexa en la parte superior, linear en la parte media y cóncava en la base. La parte superior es una loma plana con un gradiente de 0,4%, la media loma presenta un gradiente de 2,7% y en el pie de la loma de 1,8%, de acuerdo a lo que muestra en la Figura 4.3.5.

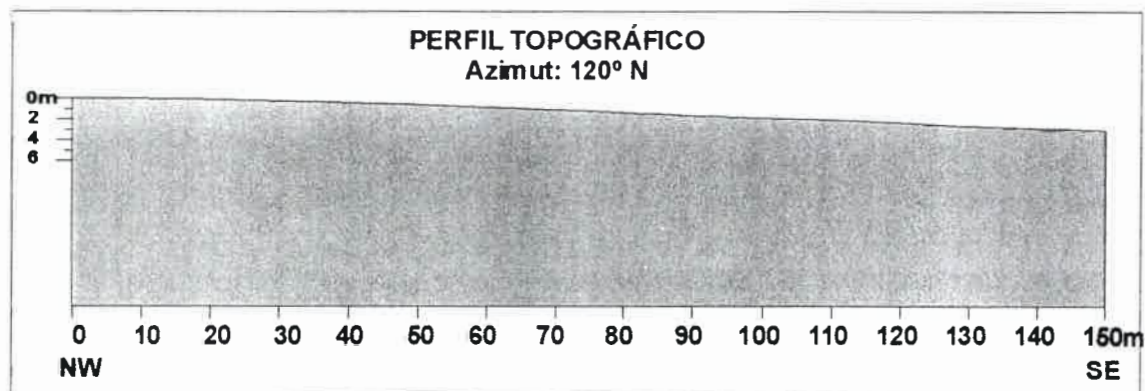


Figura 4.3.4. Perfil topográfico pendiente Pozo del Carril.

La pendiente El Vertedero al igual que la pendiente Pozo del Carril esta constituida por sedimentos arenosos muy finos de edad holocena de la Formación Laguna Oscura (Cantú, 1992) en la que se desarrolla un suelo de baja evolución pedogenética que en la parte superior de la pendiente presenta mayor espesor el horizonte A.

Morfodinámicamente esta pendiente presenta importantes procesos de erosión hídrica y subordinamente los procesos eólicos. Se observa dispersión de las partículas finas de la superficie del suelo, depositación del material en microdepresiones, principalmente al pie de pendiente, y una mayor cantidad de

surcos temporarios a lo largo de la pendiente principal debido a que las tareas de labranza se realizan en esa dirección.



Figura 4.3.5. Vista pendiente El Vertedero.

Al final de la pendiente y transversalmente a la misma se observa una cárcava de más de 30 años (López, comunicación personal) con la cabecera principal parcialmente activa y la sección más baja estabilizada, mientras que una cabecera secundaria en retroceso, muy activa, en la parte inferior de la pendiente (Figura 4.3.6.).

La erosión eólica afecta especialmente la capa superficial del suelo por deflación en períodos con escasa a nula cobertura vegetal y por otro lado, la incorporación de material por depositación.



Figura 4.3.6. Cabecera secundaria de cárcava en retroceso en la pendiente El Vertedero.

4.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

A continuación se presenta la caracterización de los suelos y de las propiedades del horizonte superficial en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril, y en las distintas secciones de la Pendiente El Vertedero, respectivamente.

4.4.1. CARACTERIZACION DE LOS PERFILES DE SUELO

4.4.1.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

A lo largo de la pendiente Pozo del Carril se ha desarrollado un suelo poco profundo (solum de 65 cm), de bajo desarrollo, franco arenoso, con permeabilidad moderada y bien drenado a algo excesivamente drenado.

En la Figura 4.4.1.1. se muestra el perfil representativo del suelo desarrollado en la pendiente Pozo del Carril.

En las Tablas 4.4.1.1., 4.4.1.3. y 4.4.1.5. se presentan las descripciones morfológicas de los perfiles representativos bajo la siembra directa (SD), labranza reducida (LR) y labranza convencional (LC) desarrollados en la pendiente. Las Tablas 4.4.1.2., 4.4.1.4. y 4.4.1.6. muestran las propiedades químicas, físico-químicas y físicas de los perfiles representativos bajo los diferentes sistemas de labranza de la pendiente.

Los perfiles descritos (Tablas 4.4.1.1., 4.4.1.3 y 4.4.1.5) y caracterizados anteriormente (Tablas 4.4.1.2., 4.4.1.4. y 4.4.1.6) corresponden Taxonómicamente a un Hapludol típico, limoso grueso, illítico, térmico.

Es importante destacar que las propiedades químicas, físico-químicas y físicas de los suelos en los diferentes tratamientos muestran cierta variabilidad en el horizonte superficial de acuerdo a la historia de manejo de cada sistema como se muestran en las Tablas 4.4.1.7. a la 4.4.1.9.

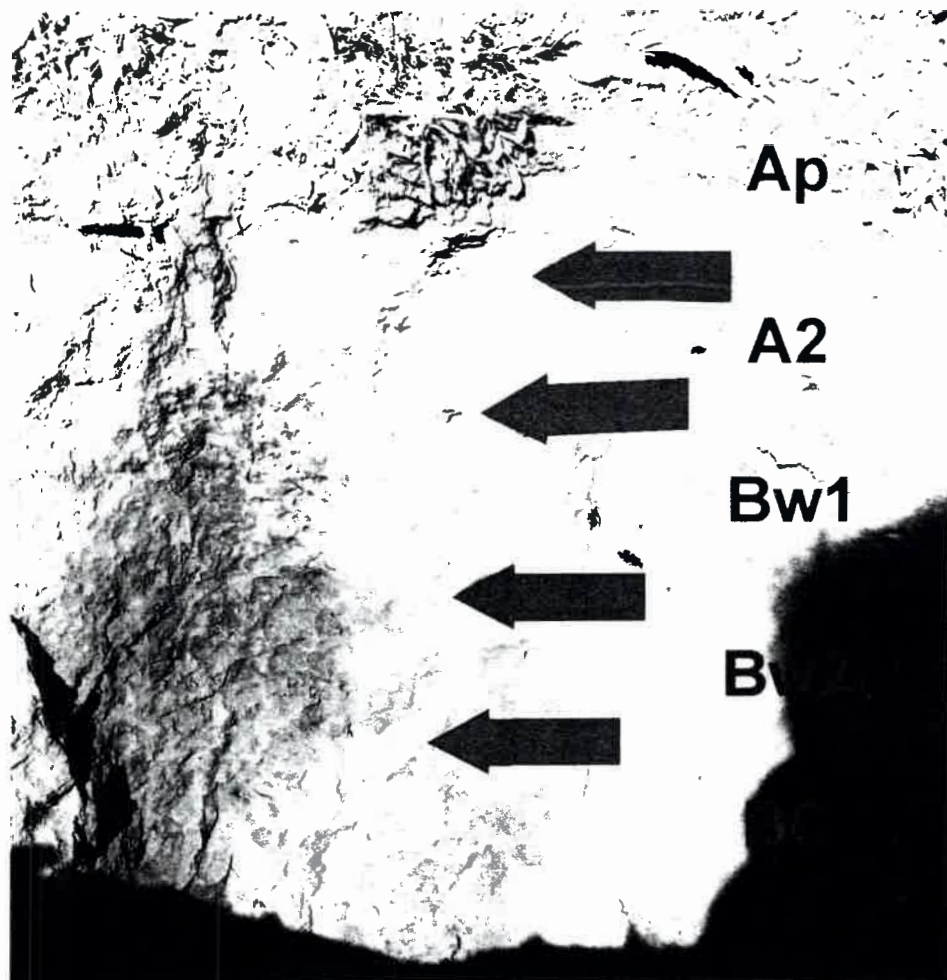


Figura 4.4.1.1. Perfil representativo del suelo desarrollado en la pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.4.1.1. Características morfológicas del suelo desarrollado bajo la siembra directa (SD), pendiente Pozo del Carril.

Ap (0-8 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares gruesos moderados con laminación; duro, firme; seco; límite inferior abrupto y suave.

Se ha observado que después de 4 años la estructura es laminar gruesa fuerte, dura y firme.

A2 (8-14 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares gruesos moderados que rompen a bloques angulares menores; duro, firme; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; límite inferior abrupto y suave.

Bw1 (14-29 cm); color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares y prismas simples irregulares, muy gruesos que rompen a bloques angulares y prismas simples gruesos y medios, moderados; ligeramente duro, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; abundantes lamelas discontinuas y onduladas arcillo-húmicas de 2 a 3 mm de espesor, horizontales y subhorizontales que en ciertos puntos se entrecruzan; seco; límite inferior abrupto y suave.

Bw2 (29-41 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en prismas simples irregulares gruesos, moderados que rompen a prismas y bloques menores; blando, friable; escasos barnices arcillo-húmicos, finos sobre las caras de agregados; fresco; límite inferior claro y suave.

BC (41-65 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en prismas simples y bloques subangulares, finos, moderados a débiles que rompen a bloques menores débiles; blando en seco, muy friable en húmedo; fresco; límite inferior claro y suave.

C (65-85 cm); color pardo (10YR 4/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares irregulares muy finos y muy débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior abrupto y suave.

Ck (85+ cm); color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura masiva; blando, friable; fresco a húmedo; alto contenido de carbonatos libres.

Tabla 4.4.1.2. Propiedades químicas, fisico-químicas y físicas del suelo desarrollado en Siembra directa (SD), pendiente Pozo del Carril.

Horizonte	Ap	A2	Bw1	Bw2	BC	C	Ck
Profundidad (cm)	0-8	8-14	14-29	29-41	41-65	65-85	85 +
Carbono orgánico (%)	0,92	0,56	0,53	0,72	0,24	0,12	-
Nitrógeno total (%)	0,10	0,08	0,08				-
Relación C/N	9,2	7,00	6,63				-
Arcilla < 2 m (%)	17,48	12,30	12,50	14,80	13,02	14,50	14,30
Limo, 2-50 m (%)	30,32	25,20	26,10	24,30	25,20	29,60	29,80
Arena muy fina, 50-100 m (%)	52,80	61,50	55,60	60,40	60,80	55,30	55,30
Arena fina, 100-250 m (%)	0,60	0,70	2,20	0,50	0,80	0,60	0,40
Arena media, 250-500 m (%)	0,25	0,30	3,10	-	0,10	0,10	0,20
Arena gruesa, 500-1000 m (%)	0,08	0,10	0,50	-	-	0,40	-
Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)	0,01	0,10	-	-	0,20	-	-
pH en agua (1 : 2,5)	6,00	6,57	6,82	6,88	7,09	8,08	8,32
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>							
Ca ⁺⁺	6,80	7,65	8,33	8,96	9,02	8,59	-
Mg ⁺⁺	2,52	1,60	1,60	1,71	1,95	2,04	-
Na ⁺	0,38	0,43	0,30	0,30	0,29	0,26	0,25
K ⁺	2,07	1,98	1,57	1,61	1,60	1,58	1,46
Suma de bases (meq/100 g)	11,77	11,66	11,8	12,58	12,9	12,44	-
CIC (meq/100 g)	12,03	11,30	10,53	12,90	11,20	11,00	10,50
Saturación con bases (%)	98	100	100	100	100	100	-

Tabla 4.4.1.3. Características morfológicas perfil del suelo desarrollado bajo la labranza reducida (LR), pendiente Pozo del Carril.

Ap (0-14 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares gruesos moderados con laminación; duro, friable; seco; límite inferior abrupto y suave.

Bw1 (14-31 cm); color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares y prismas simples irregulares, muy gruesos que rompen a bloques angulares y prismas simples gruesos y medios, moderados; ligeramente duro, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; escasas lamelas discontinuas y onduladas arcillo-húmicas de 1 a 2 mm de espesor, horizontales y subhorizontales que en ciertos puntos se entrecruzan; escasos barnices arcillo-húmicos, finos sobre las caras de los agregados; seco; límite inferior abrupto y suave.

Bw2 (31-42 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en prismas simples irregulares gruesos, moderados que rompen a prismas y bloques menores; blando, friable; muy escasos barnices arcillo-húmicos, finos sobre las caras de agregados; fresco; límite inferior claro y suave.

BC (42-65 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en prismas simples y bloques subangulares, finos, moderados a débiles que rompen a bloques menores débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior claro y suave.

C (65-85 cm); color pardo (10YR 4/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares irregulares muy finos y muy débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior abrupto y suave.

Ck (85-+ cm); color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura masiva; blando, friable; fresco a húmedo; alto contenido de carbonatos libres.

Tabla 4.4.1.4. Propiedades químicas, fisico-químicas y físicas del perfil desarrollado en la labranza reducida (LR), pendiente Pozo del Carril.

<i>Horizonte</i>	<i>Ap</i>	<i>Bw1</i>	<i>Bw2</i>	<i>BC</i>	<i>C</i>	<i>Ck</i>
<i>Profundidad (cm)</i>	0-14	14-31	31-42	42-65	65-85	85-+
<i>Carbono orgánico (%)</i>	0,95	0,73	0,72	0,24	0,12	-
<i>Nitrógeno total (%)</i>	0,10	0,07				-
<i>Relación C/N</i>	9,50	10,43				-
<i>Arcilla < 2 m (%)</i>	19,57	12,65	14,85	13,00	14,65	14,39
<i>Limo, 2-50 m (%)</i>	27,77	26,10	24,30	25,20	29,60	29,80
<i>Arena muy fina, 50-100 m (%)</i>	53,29	55,60	60,40	60,80	55,30	55,30
<i>Arena fina, 100-250 m (%)</i>	0,29	2,20	0,50	0,80	0,60	0,40
<i>Arena media, 250-500 m (%)</i>	0,19	3,10	-	0,10	0,10	0,20
<i>Arena gruesa, 500-1000 m (%)</i>	0,04	0,50	-	-	0,40	-
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)</i>	0,06	-	-	0,20	-	-
<i>pH en agua (1 : 2,5)</i>	6,81	6,72	6,80	7,10	8,05	8,38
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>						
<i>Ca⁺⁺</i>	7,25	8,53	9,01	9,06	8,76	-
<i>Mg⁺⁺</i>	2,84	2,81	2,31	1,99	2,01	-
<i>Na⁺</i>	0,50	0,51	0,3	0,29	0,26	0,25
<i>K⁺</i>	2,39	1,41	1,63	1,6	1,58	1,46
<i>Suma de bases (meq/100 g)</i>	12,98	13,26	13,25	12,94	12,61	-
<i>CIC (meq/100 g)</i>	10,69	10,57	12,90	11,20	11,00	10,50
<i>Saturación con bases (%)</i>	100	100	100	100	100	-

Tabla 4.4.1.5. Características morfológicas perfil del suelo desarrollado bajo la labranza convencional (LC), pendiente Pozo del Carril.

Ap (0-15 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares medios y finos, débiles, con laminación; duro, friable; seco y dentro de los bloques; fresco; límite inferior abrupto y suave.

Bw1 (15-30 cm); color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares y prismas simples irregulares, muy gruesos que rompen a bloques angulares y prismas simples gruesos y medios, moderados; ligeramente duro, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; escasas lamelas discontinuas y onduladas arcillo-húmicas de 1 a 2 mm de espesor, horizontales y subhorizontales que en ciertos puntos se entrecruzan; escasos barnices arcillo-húmicos, finos sobre las caras de los agregados; seco; límite inferior abrupto y suave.

Bw2 (30-43 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en prismas simples irregulares gruesos, moderados que rompen a prismas y bloques menores; blando, friable, muy escasos barnices arcillo-húmicos, finos sobre las caras de agregados fresco; límite inferior claro y suave.

BC (43-66 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en prismas simples y bloques subangulares, finos, moderados a débiles que rompen a bloques menores débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior claro y suave.

C (66-85 cm); color pardo (10YR 4/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares irregulares muy finos y muy débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior abrupto y suave.

Ck (85+ cm); color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura masiva; blando, friable; fresco a húmedo; alto contenido de carbonatos libres.

Tabla 4.4.1.6. Propiedades químicas, físico-químicas y físicas del suelo desarrollado en la labranza convencional (LC), pendiente Pozo del Carril.

Horizonte	Ap	Bw1	Bw2	BC	C	Ck
Profundidad (cm)	0-15	15-30	30-43	43-66	66-85	85-+
Carbono orgánico (%)	0,93	0,89	0,72	0,24	0,12	-
Nitrógeno total (%)	0,10	0,09	-	-	-	-
Relación C/N	9,30	9,89	-	-	-	-
Arcilla < 2 m (%)	16,65	14,40	13,3	12,40	13,50	13,30
Limo, 2-50 m (%)	34,58	25,10	26,50	27,40	29,60	29,80
Arena muy fina, 50-100 m (%)	49,80	59,90	59,50	59,30	55,30	55,30
Arena fina, 100-250 m (%)	0,42	0,50	0,50	0,80	0,60	0,40
Arena media, 250-500 m (%)	0,05	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20
Arena gruesa, 500-1000 m (%)	0,03	-	-	0,1	0,4	-
Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)	0,02	-	-	-	-	-
pH en agua (1 : 2,5)	6,68	6,73	6,77	6,98	8,08	8,40
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>						
Ca ⁺⁺	7,53	9,00	8,98	9,02	8,79	-
Mg ⁺⁺	3,34	2,75	1,71	2,00	2,04	-
Na ⁺	0,39	0,50	0,30	0,29	0,26	0,25
K ⁺	2,03	1,85	1,61	1,60	1,58	1,46
Suma de bases (meq/100 g)	13,29	14,10	12,30	12,91	12,67	-
CIC (meq/100 g)	11,67	10,97	12,90	11,20	11,00	10,50
Saturación con bases (%)	100	100	100	100	100	-

Tabla 4.4.1.7. Propiedades químicas, físico-químicas y físicas del horizonte Ap en los diferentes tratamientos de la Siembra directa (SD), con fertilización-sin pastoreo (CF-SP), sin fertilización-sin pastoreo (SF-SP), con fertilización-con pastoreo (CF-CP) y sin fertilización-con pastoreo (SF-CP), pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	CF-SP	SF-SP	CF-CP	SF-CP
<i>Profundidad horizonte Ap (cm)</i>	0-8	0-8	0-8	0-8
<i>Carbono orgánico (%)</i>	0,75	1,11	0,92	0,90
<i>Nitrógeno total (%)</i>	0,11	0,10	0,09	0,08
<i>Relación C/N</i>	6,82	11,10	10,22	11,25
<i>Arcilla < 2 m (%)</i>	22,77	18,00	17,04	12,10
<i>Limo, 2-50 m (%)</i>	23,13	33,18	31,6	33,36
<i>Arena muy fina, 50-100 m (%)</i>	53,25	49,86	52,52	55,58
<i>Arena fina, 100-250 m (%)</i>	1,30	0,41	0,30	0,39
<i>Arena media, 250-500 m (%)</i>	0,82	0,06	0,05	0,07
<i>Arena gruesa, 500-1000 m (%)</i>	0,25	0,03	0,02	0,03
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)</i>	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>pH en agua (1 : 2,5)</i>	5,95	6,12	5,75	6,15
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>				
<i>Ca⁺⁺</i>	6,60	7,40	6,53	6,67
<i>Mg⁺⁺</i>	1,60	2,13	2,73	3,60
<i>Na⁺</i>	0,11	0,49	0,46	0,45
<i>K⁺</i>	2,43	1,82	2,10	1,92
<i>Suma de bases (meq/100 g)</i>	10,74	11,84	11,82	12,64
<i>CIC (meq/100 g)</i>	11,87	10,80	12,37	13,07
<i>Saturación con bases (%)</i>	100	100	96	97

Tabla 4.4.1.8. Propiedades químicas, fisico-químicas y físicas del horizonte Ap en los diferentes tratamientos de la Labranza Reducida (LR), con fertilización-sin pastoreo (CF-SP), sin fertilización-sin pastoreo (SF-SP), con fertilización-con pastoreo (CF-CP) y sin fertilización-con pastoreo (SF-CP), pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	CF-SP	SF-SP	CF-CP	SF-CP
<i>Profundidad horizonte Ap (cm)</i>	0-14	0-14	0-14	0-14
<i>Carbono orgánico (%)</i>	0,93	1,00	0,84	1,04
<i>Nitrógeno total (%)</i>	0,11	0,09	0,09	0,09
<i>Relación C/N</i>	8,45	11,11	9,33	11,55
<i>Arcilla < 2 m (%)</i>	19,76	20,38	16,89	21,23
<i>Limo, 2-50 m (%)</i>	30,58	21,63	29,84	29,03
<i>Arena muy fina, 50-100 m (%)</i>	50,87	56,93	54,46	50,9
<i>Arena fina, 100-250 m (%)</i>	0,18	0,43	0,26	0,27
<i>Arena media, 250-500 m (%)</i>	0,11	0,22	0,36	0,08
<i>Arena gruesa, 500-1000 m (%)</i>	0,03	0,08	0,02	0,02
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)</i>	0,01	0,20	0,02	0,01
<i>pH en agua (1 : 2,5)</i>	6,85	6,91	6,76	6,71
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>				
<i>Ca⁺⁺</i>	7,05	7,81	7,60	6,53
<i>Mg⁺⁺</i>	4,03	2,40	2,01	2,93
<i>Na⁺</i>	0,47	0,48	0,59	0,46
<i>K⁺</i>	2,96	2,26	2,21	2,12
<i>Suma de bases (meq/100 g)</i>	14,51	12,95	12,41	12,04
<i>CIC (meq/100 g)</i>	10,60	12,40	9,07	10,70
<i>Saturación con bases (%)</i>	100	100	100	100

Tabla 4.4.1.9. Propiedades químicas, fisico-químicas y físicas del horizonte Ap en los diferentes tratamientos de la Labranza Convencional (LC), con fertilización-sin pastoreo (CF-SP), sin fertilización-sin pastoreo (SF-SP), con fertilización-con pastoreo (CF-CP) y sin fertilización-con pastoreo (SF-CP), pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	CF-SP	SF-SP	CF-CP	SF-CP
<i>Profundidad horizonte Ap (cm)</i>	0-15	0-15	0-15	0-15
<i>Carbono orgánico (%)</i>	0,86	0,81	1,09	0,95
<i>Nitrógeno total (%)</i>	0,10	0,09	0,10	0,10
<i>Relación C/N</i>	8,60	9,00	10,90	9,50
<i>Arcilla < 2 m (%)</i>	17,65	18,36	19,16	11,42
<i>Limo, 2-50 m (%)</i>	34,15	37,89	33,91	32,36
<i>Arena muy fina, 50-100 m (%)</i>	49,4	44,63	48,06	57,11
<i>Arena fina, 100-250 m (%)</i>	0,26	0,53	0,34	0,53
<i>Arena media, 250-500 m (%)</i>	0,05	0,06	0,04	0,06
<i>Arena gruesa, 500-1000 m (%)</i>	0,02	0,04	0,02	0,04
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)</i>	0,01	0,03	0,02	0,03
<i>pH en agua (1 : 2,5)</i>	6,67	6,85	6,54	6,66
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>				
<i>Ca⁺⁺</i>	7,53	7,67	7,33	7,60
<i>Mg⁺⁺</i>	6,40	2,04	2,33	2,60
<i>Na⁺</i>	0,32	0,42	0,41	0,39
<i>K⁺</i>	2,58	1,83	1,92	1,78
<i>Suma de bases (meq/100 g)</i>	16,83	11,96	11,99	12,37
<i>CIC (meq/100 g)</i>	10,13	11,80	12,07	12,67
<i>Saturación con bases (%)</i>	100	100	99	98

4.4.1.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

A lo largo de la pendiente El Vertedero se ha desarrollado un suelo de bajo desarrollo pedogenético, poco profundo con un solum de 40 centímetros, limoso grueso, permeabilidad moderada y bien drenado a algo excesivamente drenado.

En la Figura 4.4.1.2. se muestra el perfil representativo del suelo desarrollado en la pendiente El Vertedero.

En las Tablas 4.4.1.10. y 4.4.1.12. se presentan las descripciones morfológicas de los perfiles de suelo representativos en la pendiente.

Tabla 4.4.1.10. Características morfológicas perfil del suelo desarrollado en la loma plana y alta de la pendiente El Vertedero.

Ap (0-8 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo a pardo oscuro (10YR 4/2) en seco; franco arenoso; estructura laminar gruesa fuerte que rompe a bloques angulares menores; duro en seco, firme en húmedo; seco; límite inferior abrupto, suave.

Se ha observado después de 4 años una estructura laminar media a fina fuerte, dura y firme.

A2 (8-19 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura laminar gruesa, moderados que rompe a bloques angulares menores; duro en seco, firme; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; seco; límite inferior abrupto, suave.

Bw (19-30 cm); color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares aplanados y bloques subangulares medios, moderados que rompen a bloques menores, finos, moderados; ligeramente duro, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; escasas lamelas discontinuas y onduladas arcillo-húmicas de 1 a 2 mm de espesor, horizontales y subhorizontales que en ciertos puntos se entrecruzan; seco; límite inferior claro, suave.

BC (30-40 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares, finos, moderados a débiles que rompen a bloques menores débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior claro y suave.

C (40 + cm); color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura masiva; blando, muy friable; fresco.

Las Tablas 4.4.1.11. y 4.4.1.13 muestran las propiedades químicas, físico-químicas y físicas de los suelos, correspondientes al perfil descrito en la loma plana a alta, y en la loma media a baja, respectivamente.

Tabla 4.4.1.11. Propiedades químicas, físico-químicas y físicas del suelo desarrollado en la loma plana y loma alta, pendiente El Vertedero.

Horizonte	Ap	A2	Bw	BC	C
<i>Profundidad (cm)</i>	0-8	8-19	19-30	30-40	40 +
<i>Carbono orgánico (%)</i>	0,97	0,94	0,91	0,69	0,58
<i>Nitrógeno total (%)</i>	0,10	0,09	0,09	0,08	-
<i>Relación C/N</i>	9,70	10,44	10,11	8,63	-
<i>Arcilla < 2 m (%)</i>	13,88	12,51	12,89	11,40	10,20
<i>Limo, 2-50 m (%)</i>	26,24	26,32	26,89	24,12	22,80
<i>Arena muy fina, 50-100 m (%)</i>	61,04	60,81	59,89	63,80	66,09
<i>Arena fina, 100-250 m (%)</i>	0,33	0,35	0,30	0,36	0,45
<i>Arena media, 250-500 m (%)</i>	0,05	0,01	0,02	0,02	0,03
<i>Arena gruesa, 500-1000 m (%)</i>	-	-	0,01	0,30	0,40
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)</i>	-	-	-	-	-
<i>pH en agua (1 : 2,5)</i>	6,56	6,70	6,80	7,00	7,10
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>					
<i>Ca⁺⁺</i>	7,60	8,01	8,60	9,80	9,04
<i>Mg⁺⁺</i>	3,00	3,30	3,50	4,30	4,28
<i>Na⁺</i>	0,45	0,41	0,51	0,58	0,39
<i>K⁺</i>	1,49	1,18	1,49	1,23	1,00
<i>Suma de bases (meq/100 g)</i>	12,54	12,90	14,10	15,91	14,71
<i>CIC (meq/100 g)</i>	10,43	10,01	11,92	10,63	10,00
<i>Saturación con bases (%)</i>	100	100	100	100	100

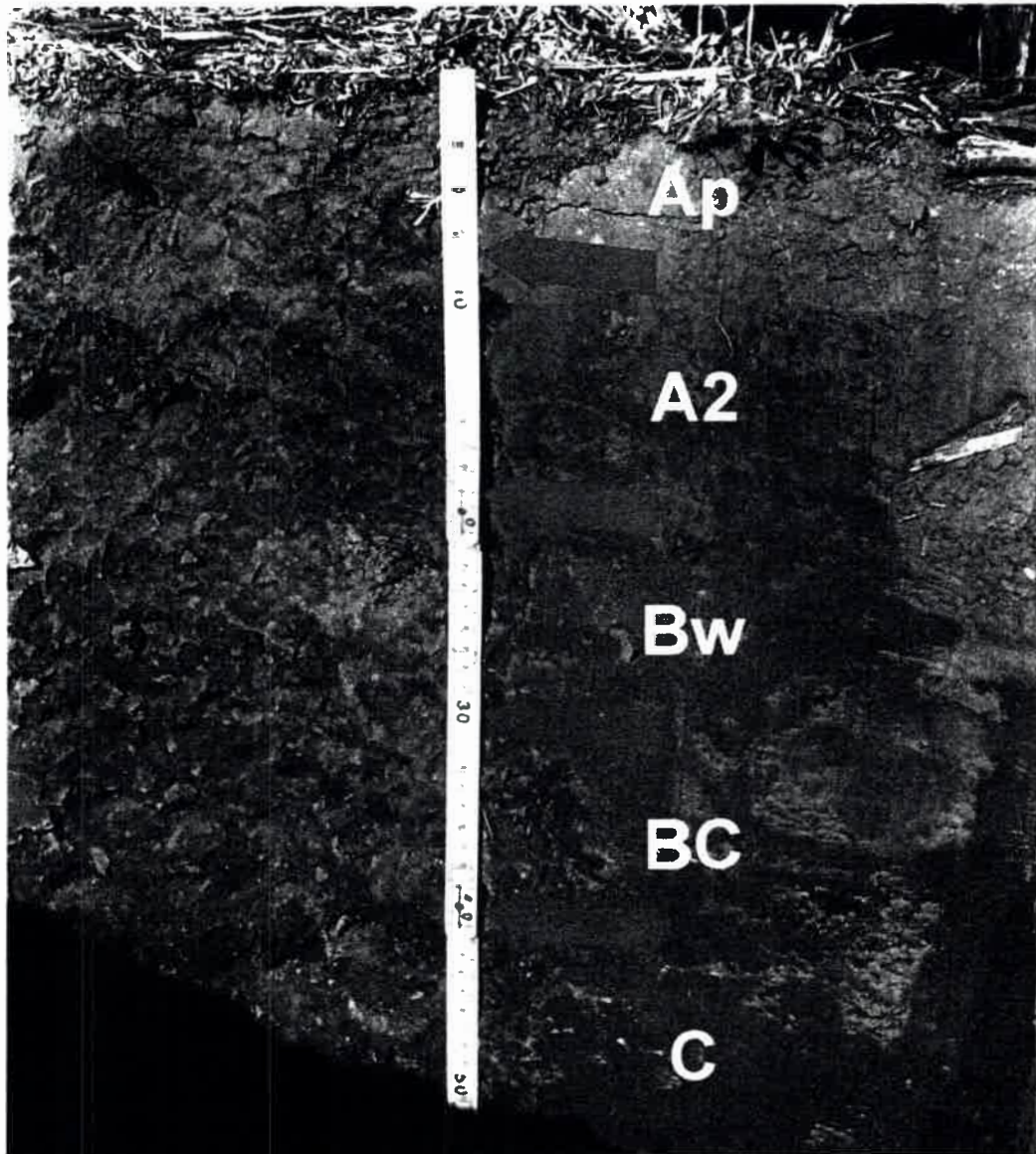


Figura 4.4.1.2. Perfil representativo del suelo desarrollado en la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.1.12. Características morfológicas perfil del suelo desarrollado en la loma media y baja de la pendiente El Vertedero.

Ap (0-12 cm); color pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo y pardo a pardo oscuro (10YR 4/2) en seco; franco arenoso; estructura laminar media fuerte que rompe a bloques angulares menores; duro en seco, firme en húmedo; seco; límite inferior abrupto, suave.

Se ha observado después de 4 años una estructura laminar media a fina fuerte, duro y firme.

Bw (12-30 cm); color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco; franco arenoso; estructura en bloques angulares aplanados y bloques subangulares gruesos, moderados que rompen a bloques menores, finos, moderados; ligeramente duro, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; abundantes lamelas discontinuas y onduladas arcillo-húmicas de 1 a 3 mm de espesor, horizontales y subhorizontales que en ciertos puntos se entrecruzan; seco; límite inferior claro, suave.

BC (30-42 cm); color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo y pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; franco arenoso; estructura en bloques subangulares, finos, moderados a débiles que rompen a bloques menores débiles; blando, muy friable; fresco; límite inferior claro y suave.

C (42 + cm); color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo y pardo claro (10YR 6/3) en seco; franco arenoso; estructura masiva; blando, muy friable; fresco.

Los perfiles descriptos (Tablas 4.4.1.10. y 4.4.1.12.) y caracterizados anteriormente (Tablas 4.4.1.11. y 4.4.1.13.) corresponden taxonómicamente a un Hapludol típico, limoso grueso, illítico, térmico.

El horizonte superficial de la pendiente en las diferentes secciones presenta diferencia en las propiedades como se presenta en la Tabla 4.4.1.14.

Tabla 4.4.1.13. Propiedades químicas, físico-químicas y físicas del suelo desarrollado en la loma media y loma baja, Pendiente El Vertedero.

Horizonte	Ap	Bw	BC	C
Profundidad (cm)	0-12	12-30	30-42	42 +
Carbono orgánico (%)	1,30	0,96	0,91	0,65
Nitrógeno total (%)	0,11	0,09	0,09	-
Relación C/N	11,80	10,66	10,11	-
Arcilla < 2 m (%)	14,34	13,69	11,98	10,23
Limo, 2-50 m (%)	24,34	26,36	24,45	22,89
Arena muy fina, 50-100 m (%)	62,41	59,62	62,89	66,01
Arena fina, 100-250 m (%)	0,37	0,3	0,36	0,45
Arena media, 250-500 m (%)	0,06	0,02	0,02	0,03
Arena gruesa, 500-1000 m (%)	-	0	0,30	0,40
Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)	-	-	-	-
pH en agua (1 : 2,5)	6,38	6,55	7,00	7,60
Cationes de Intercambio (meq/100 g)				
Ca ⁺⁺	9,34	8,23	8,60	9,80
Mg ⁺⁺	2,95	2,71	3,50	4,30
Na ⁺	0,50	0,45	0,51	0,59
K ⁺	1,37	1,02	1,49	1,23
Suma de bases (meq/100 g)	14,16	11,96	14,10	15,33
CIC (meq/100 g)	11,56	11,92	10,92	10,63
Saturación con bases (%)	100	100	100	100

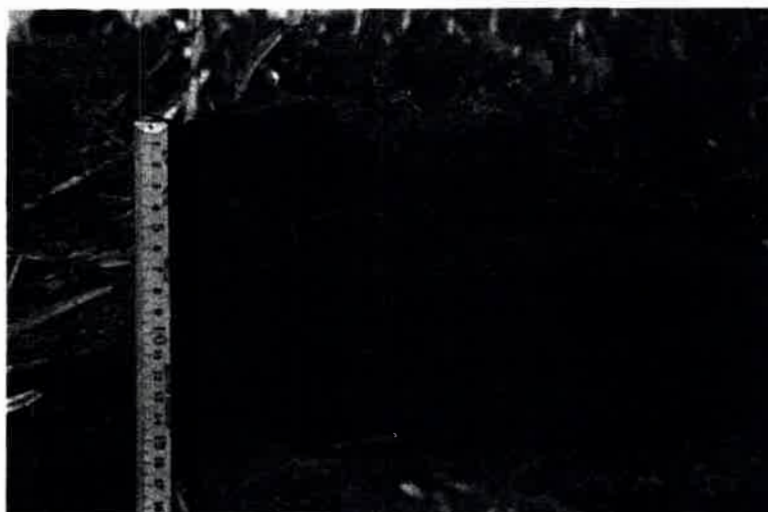


Figura 4.4.1.3. Detalle horizonte Ap de la loma alta, pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.1.14. Propiedades químicas, físico-químicas y físicas del horizonte Ap en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

SECCION DE LA PENDIENTE	Loma plana	Loma alta	Loma media	Loma baja
<i>Profundidad (cm)</i>	0-8	0-8	0-12	0-12
<i>Carbono orgánico (%)</i>	0,97	0,97	1,21	1,39
<i>Nitrógeno total (%)</i>	0,10	0,10	0,10	0,12
<i>Relación C/N</i>	9,70	9,70	12,10	11,58
<i>Arcilla < 2 m (%)</i>	13,98	13,78	15,15	13,53
<i>Limo, 2-50 m (%)</i>	27,53	24,94	26,55	22,12
<i>Arena muy fina, 50-100 m (%)</i>	59,66	62,41	59,34	65,48
<i>Arena fina, 100-250 m (%)</i>	0,32	0,33	0,40	0,33
<i>Arena media, 250-500 m (%)</i>	0,03	0,06	0,06	0,05
<i>Arena gruesa, 500-1000 m (%)</i>	-	-	-	-
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)</i>	-	-	-	-
<i>pH en agua (1 : 2,5)</i>	6,56	6,55	6,44	6,32
<i>Cationes de Intercambio (meq/100 g)</i>				
<i>Ca⁺⁺</i>	7,60	7,50	9,02	9,66
<i>Mg⁺⁺</i>	3,00	2,96	2,89	3,00
<i>Na⁺</i>	0,45	0,42	0,45	0,55
<i>K⁺</i>	1,49	1,51	1,38	1,35
<i>Suma de bases (meq/100 g)</i>	12,54	11,97	13,74	14,56
<i>CIC (meq/100 g)</i>	10,43	10,48	11,43	11,68
<i>Saturación con bases (%)</i>	100	100	100	100

4.4.2. CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL HORIZONTE SUPERFICIAL

Se presenta a continuación la caracterización de las propiedades del horizonte superficial, tales como, carbono orgánico, densidad aparente, estabilidad de agregados al agua, diámetro medio ponderado, velocidad de infiltración y resistencia mecánica, evaluadas anualmente en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril (período 2000-2002) y en las secciones que componen la pendiente El Vertedero (período 1999-2002), respectivamente.

4.4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

4.4.2.1.1. Carbono orgánico

En la Tabla 4.4.2.1. se presenta el contenido de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial, evaluado en el periodo 2000-2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.4.2.1. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superior, evaluado en el periodo 2000-2002 en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Carbono Orgánico [%]		
	2000	2001	2002
SD/CF/SP	1,11 h	1,19 f	1,11 f
SD/SF/SP	0,75 a	0,94 c	1,06 e
SD/CF/CP	0,92 de	0,98 d	1,12 f
SD/SF/CP	0,90 d	1,00 d	0,94 c
LR/CF/SP	0,93 de	1,17 f	1,00 d
LR/SF/SP	1,00 f	0,99 d	0,93 c
LR/CF/CP	0,84 bc	1,04 e	0,94 c
LR/SF/CP	1,04 g	0,98 d	0,86 b
LC/CF/SP	0,86 c	1,06 e	0,80 a
LC/SF/SP	0,81 b	0,97 cd	0,87 b
LC/CF/CP	1,09 h	0,89 b	0,89 b
LC/SF/CP	0,95 e	0,79 a	0,81 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el año 2000 la SD/CF/SP y la LC/CF/CP presentan el nivel más alto de carbono orgánico (1,11 y 1,09) sin diferencias significativas entre si ($p>0,05$). En la labranza reducida (LR) los tratamientos sin fertilización muestran altos contenidos de CO (1 y 1,04) aunque inferiores a los valores máximos señalados anteriormente. El valor más bajo de CO lo presenta significativamente ($p<0,05$) la SD/SF/SP (0,75). Los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de carbono orgánico donde se observa un grupo constituido por niveles más altos, en la LC/SF/CP (0,95), LR/CF/SP (0,93), SD con pastoreo (0,92 y 0,90) y más bajos en la LR/CF/CP (0,84) y en la LC sin pastoreo (0,86 y 0,81) (Figura 4.4.2.1.).

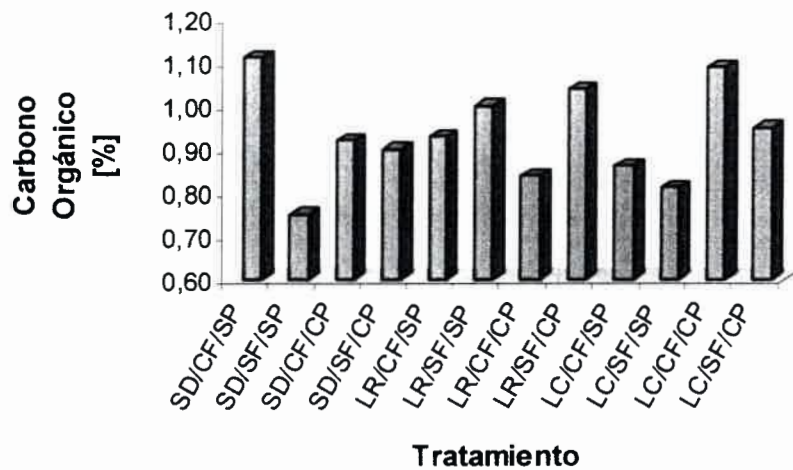


Figura 4.4.2.1. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 2000, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el año 2001 la SD y la LR con fertilización y sin pastoreo presentan los niveles más altos de carbono orgánico (1,19 y 1,17) ($p>0,05$), mientras que la LC/SF/CP muestra significativamente ($p<0,05$) el contenido más bajo de carbono orgánico (0,79) (Figura 4.4.2.2.). Se observan niveles intermedios de carbono orgánico en los demás tratamientos, conformado por un conjunto con valores mas altos de CO en la LR/CF/CP (1,04), LC/SF/SP (1,06), LR sin fertilización (0,99 y 0,98), SD con pastoreo (0,98 y 1) y en la LC/SF/SP (0,97) y

un valor más bajo en la SD/SF/SP (0,94) y en la LC/CF/CP (0,89) (Tabla 4.4.2.1.).

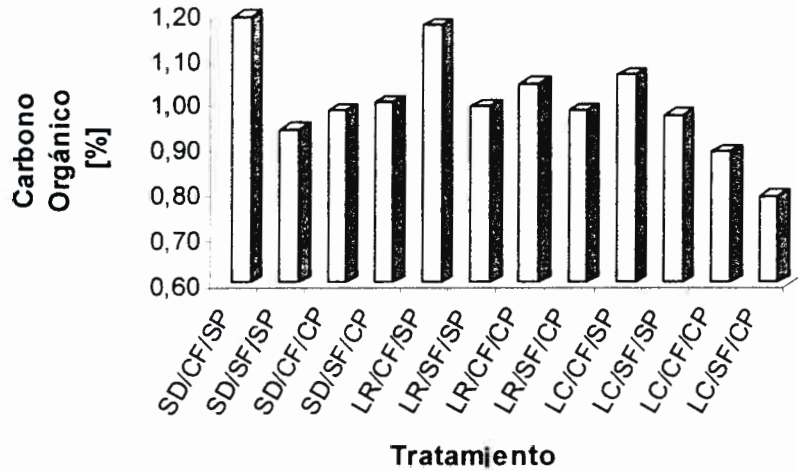


Figura 4.4.2.2. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el año 2002 se observa que la SD con fertilización difiere significativamente ($p < 0,05$) de los demás tratamientos presentando los niveles más altos de CO (1,11 y 1,12) (Tabla 4.4.2.1.). La SD/SF/SP (1,06) y la LR/CF/SP (1,00) muestran niveles altos de carbono orgánico aunque inferiores a los máximos encontrados (Figura 4.4.2.3.). La labranza convencional CF/SP y SF/CP presentan los contenidos más bajos de carbono orgánico (0,80 y 0,81) ($p > 0,05$).

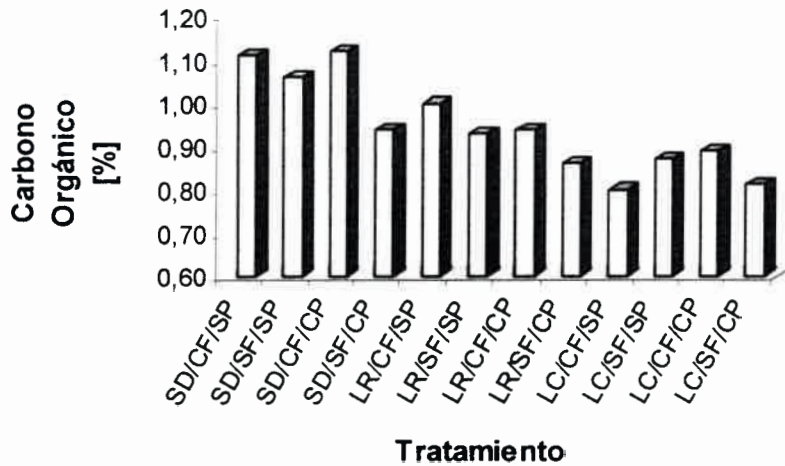


Figura 4.4.2.3. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Se observa en este período un conjunto de tratamientos con niveles intermedios de CO, constituidos por un grupo con valores más altos y sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$) en la SD/SF/CP (0,94), LR/SF/SP (0,93) y LR/CF/CP (0,94) y valores más bajos en la LR/SF/CP (0,86), L/SF/SP (0,87) y LC/CF/CP (0,89) ($p > 0,05$).

En la Figura 4.4.2.4. se muestra la variación en el tiempo del contenido de carbono orgánico del horizonte superficial en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

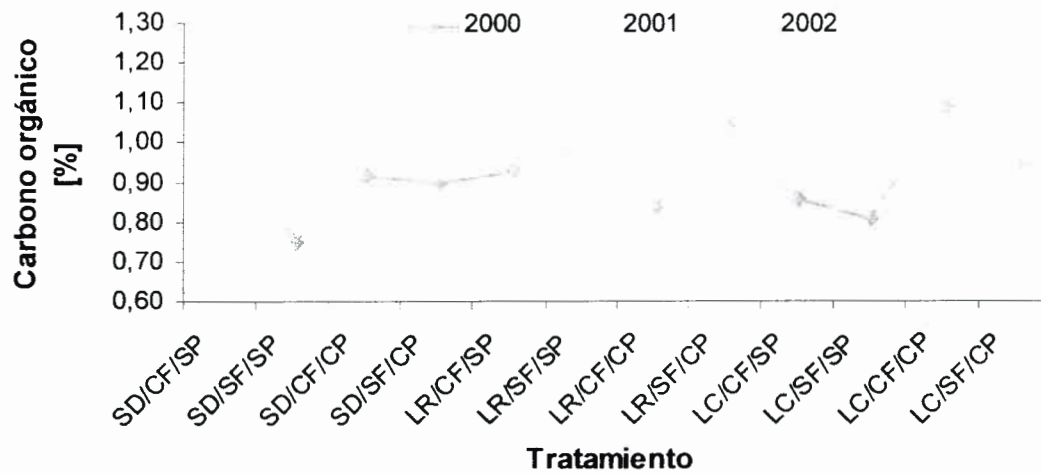


Figura 4.4.2.4. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el período 2000-2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.4.2.1.2. Densidad aparente

En la Tabla 4.4.2.2. se presenta la densidad aparente (DA) media del horizonte superior en el período 2000-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el primer año la densidad aparente muestra los niveles más altos en la LR/SF/CP (1,38) y en la LC con pastoreo (1,37 y 1,39). La LC/SF/SP y la SD/SF/SP presentan un nivel alto de DA (1,34 y 1,36) sin diferencia significativa entre ellas ($p < 0,05$) aunque con valor inferior al máximo encontrado. Los valores más bajos lo presentan la SD/CF/SP (1,23), la SD

pastoreada (1,24) y la LR/SF/SP (1,22) ($p>0,05$). Los demás tratamientos muestran niveles intermedios de densidad aparente (Figura 4.4.2.5.).

Tabla 4.4.2.2. Densidad aparente (DA) media del horizonte superior en el período 2000-2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Densidad aparente [Mg m^{-3}]		
	2000	2001	2002
SD/CF/SP	1,23 a	1,30 d	1,48 f
SD/SF/SP	1,36 d	1,25 b	1,39 e
SD/CF/CP	1,24 a	1,25 b	1,28 a
SD/SF/CP	1,24 a	1,28 c	1,37 d
LR/CF/SP	1,27 bc	1,23 a	1,37 d
LR/SF/SP	1,22 a	1,24 a	1,35 c
LR/CF/CP	1,30 c	1,24 a	1,34 c
LR/SF/CP	1,38 f	1,26 bc	1,31 bc
LC/CF/SP	1,30 c	1,34 e	1,28 a
LC/SF/SP	1,34 d	1,29 c	1,34 c
LC/CF/CP	1,37 e	1,28 c	1,33 c
LC/SF/CP	1,39 f	1,32 e	1,45 f

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

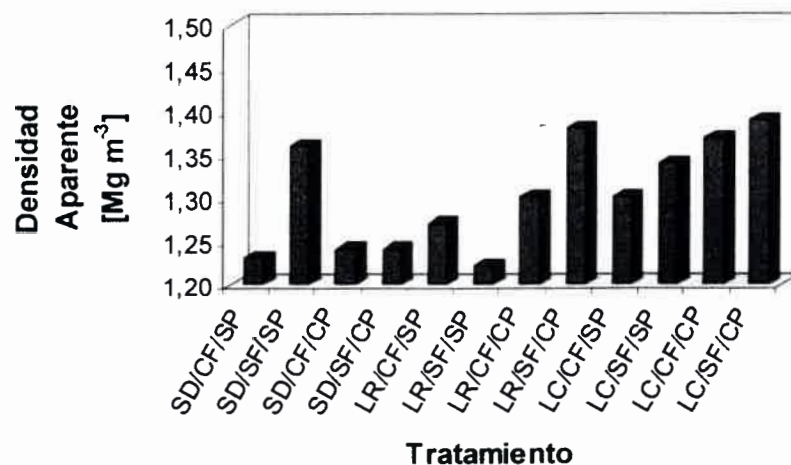


Figura 4.4.2.5. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el período 2000, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el año 2001 los niveles significativamente ($p < 0,05$) más altos de densidad aparente (DA) lo muestran la LC/CF/SP (1,34) y LC/SF/CP (1,32). Los valores más bajos se encuentran en la labranza reducida con fertilización (1,23 y 1,24) y en la LR/SF/SP (1,24) sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$), y en la SD/SF/SP y SD/CF/CP aunque con un nivel ligeramente superior (1,25). Los demás tratamientos presentan valores intermedios de densidad aparente (Figura 4.4.2.6.).

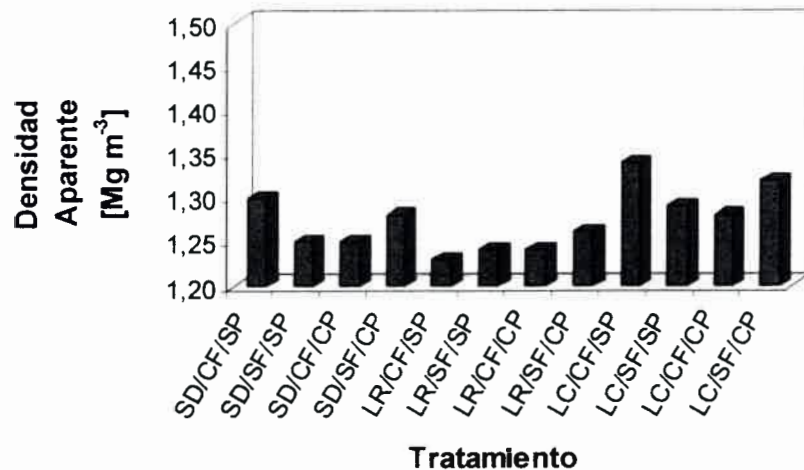


Figura 4.4.2.6. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el período 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el año 2002 la densidad aparente muestra ($p > 0,05$) los niveles más altos en la SD/CF/SP (1,48) y en la LC/SF/CP (1,45) (Figura 4.4.2.7.).

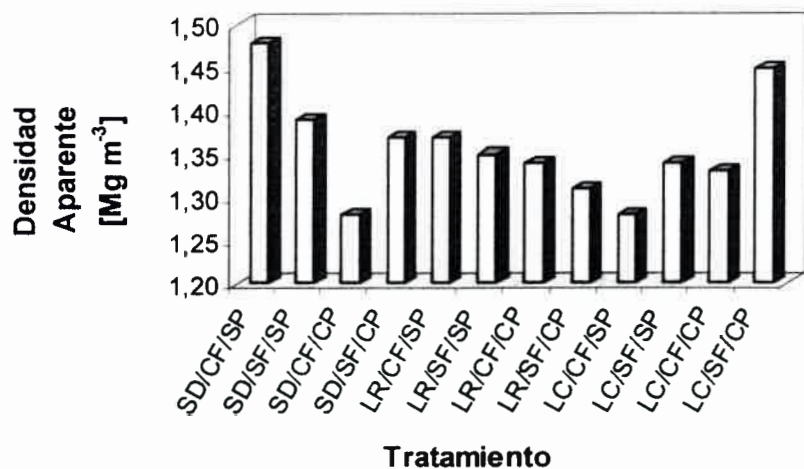


Figura 4.4.2.7. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el período 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El valor más bajo de DA en el 2002 lo presentan la SD/CF/CP y la LC/CF/SP con igual nivel (1,28) y sin diferencia significativa ($p > 0,05$). Los demás tratamientos constituyen un conjunto con valores intermedios de DA, aunque se observa un grupo con DA más altos conformado por la SD sin fertilización (1,39 y 1,37) y la LR/CF/SP (1,37) y valores más bajos en el resto del conjunto (Tabla 4.4.2.2.).

La Figura 4.4.2.8. muestra la variación en el tiempo de la densidad aparente (DA) del horizonte superficial en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

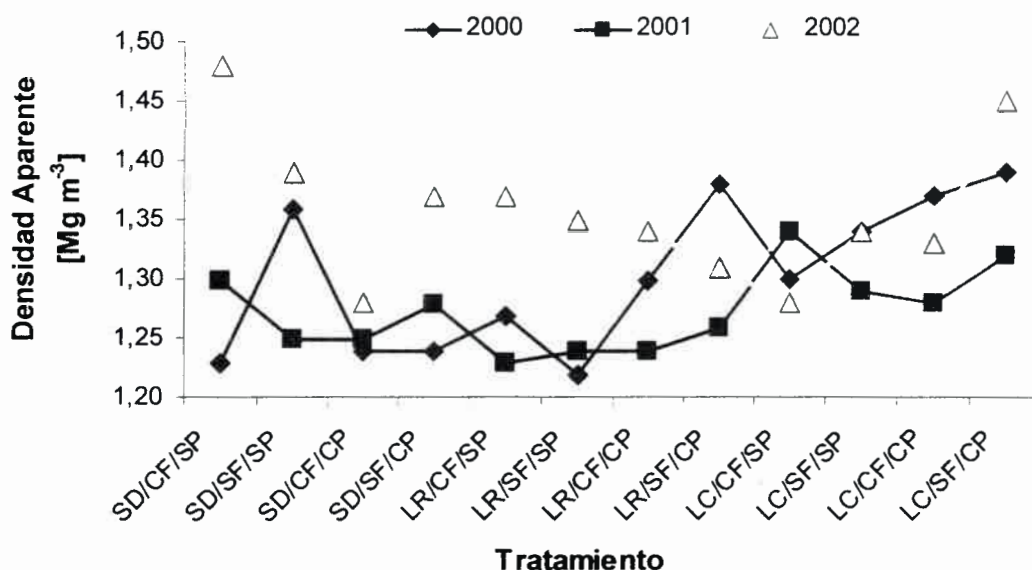


Figura 4.4.2.8. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el período 2000-2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.4.2.1.3. Estabilidad de Agregados

➤ Evaluación en el año 2000

La distribución media de agregados estables al agua y el diámetro medio ponderado del horizonte superficial, evaluado en el año 2000, presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos de la pendiente como se muestra en la Tabla 4.4.2.3.

Tabla 4.4.2.3. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2000, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
SD/CF/SP	11,25 e	14,41 cd	11,76 bc	16,14 c	11,23 h	0,87 f
SD/SF/SP	7,27 d	19,37 e	10,27 b	19,06 d	9,34 g	0,81 e
SD/CF/CP	38,63 g	26,13 g	3,74 a	8,20 b	3,60 b	1,83 h
SD/SF/CP	46,84 h	26,21 g	3,97 a	4,26 a	2,01 a	1,90 i
LR/CF/SP	15,48 f	23,36 f	12,93 cd	16,59 c	4,82 c	1,60 g
LR/SF/SP	6,33 cd	15,05 d	16,29 e	19,48 d	6,41 e	0,71 d
LR/CF/CP	4,30 b	13,25 bc	13,20 cd	27,13 ef	4,86 c	0,62 c
LR/SF/CP	5,03 bc	12,81 b	13,86 d	15,35 c	3,30 b	0,62 c
LC/CF/SP	2,38 a	7,25 a	11,04 b	27,90 f	8,74 f	0,49 b
LC/SF/SP	2,64 a	7,52 a	11,04 b	25,95 e	5,05 d	0,45 a
LC/CF/CP	11,11 e	18,15 e	16,28 e	32,37 g	4,70 c	0,86 f
LC/SF/CP	3,75 ab	13,73 bc	18,57 f	34,64 h	5,82 e	0,65 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La siembra directa (SD) con pastoreo presenta en el horizonte superficial los valores más altos de diámetro medio ponderado (1,83 y 1,90) en relación a los demás tratamientos ($p < 0,05$) y con un nivel inferior le sigue la LR/CF/SP (1,60) (Figura 4.4.2.9.).

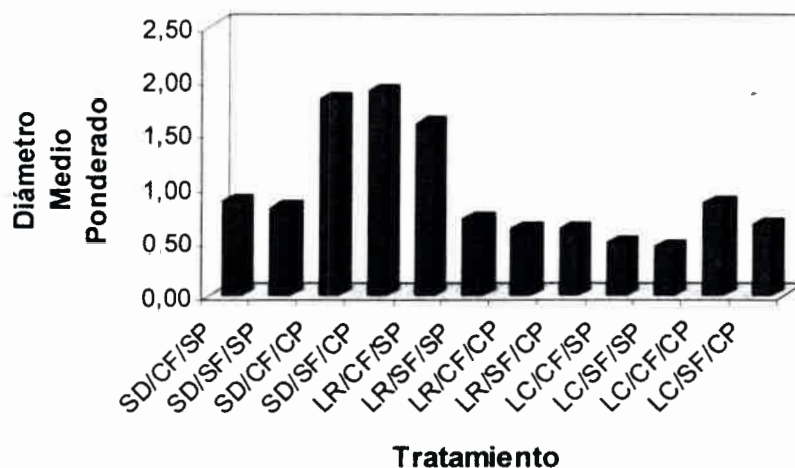


Figura 4.4.2.9. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2000, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La labranza convencional (LC) sin pastoreo presenta significativamente ($P < 0,05$) los diámetros medio ponderados más bajos de todos los tratamientos (0,49 y 0,45) (Figura 4.4.2.9.). Por otro lado, se encuentra un conjunto de valores intermedios de DMP (Tabla 4.4.2.3.) donde se observa un grupo con un nivel más alto de DMP en la LC/CF/CP (0,86) y en la SD sin pastoreo (0,87 y 0,81) y un nivel más bajo en la LR con pastoreo (0,62) y LC/SF/CP (0,65) sin diferencia significativamente entre ellos ($p > 0,05$).

La proporción de agregados más grandes (4-2 mm de diámetro) predomina ampliamente en la SD con pastoreo (38,63 y 46,84) respecto a los demás tratamientos como se observa en la Figura 4.4.2.10. En la LC sin pastoreo se muestra significativamente ($p < 0,05$) la menor proporción de agregados de este diámetro (2,38 y 2,64). Se observa en la SD/CF/SP (11,25), LR/CF/SP (15,48) y LC/CF/CP (11,11) una proporción de agregados que conforman un conjunto intermedio (Figura 4.4.2.10.).

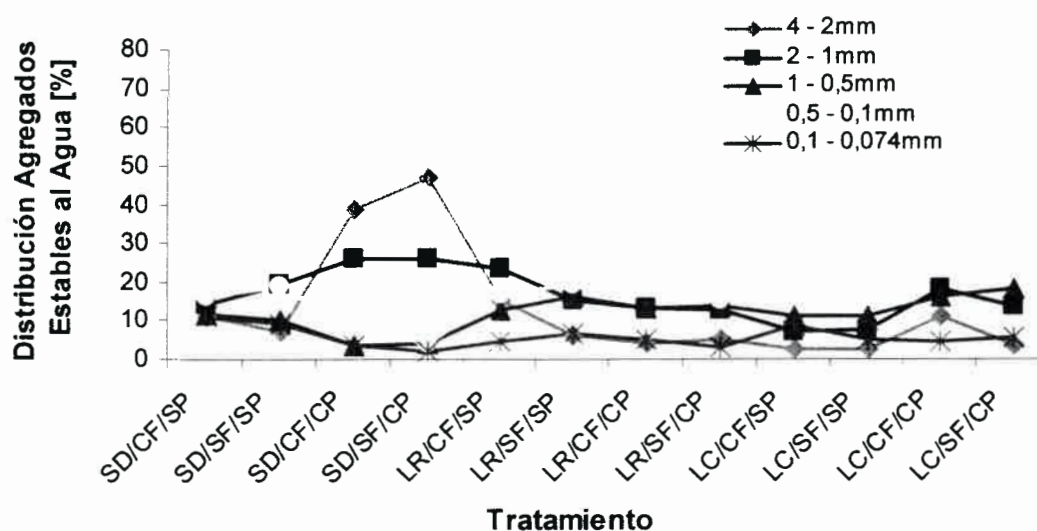


Figura 4.4.2.10. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 2000, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La SD con pastoreo (26,13 y 26,21) y la LR/CF/SP (23,36) muestran significativamente ($p < 0,05$) la mayor proporción de agregados grandes (2 a 1 mm de diámetro). La SD/SF/SP (19,37) y la LC/CF/CP (18,15) presentan una alta proporción de este tamaño de agregado, aunque ligeramente inferior a los

mencionados anteriormente. La LC sin pastoreo (7,25 y 7,52) presenta la distribución de AEA más baja ($p > 0,05$). Los demás tratamientos tienen una proporción intermedia de esta proporción de agregados (Figura 4.4.2.10).

La distribución de agregados de diámetro intermedio (1-0,5 mm de diámetro) es significativamente ($p < 0,05$) menor en la SD con pastoreo (3,74 y 3,97). En la LC con pastoreo (16,28 y 18,57) y en la LR sin fertilización y sin pastoreo (16,29) se observa la mayor proporción de agregados de este diámetro (Figura 4.4.2.10.). Los demás tratamientos presentan una proporción intermedia de agregados de este tamaño (Tabla 4.4.2.3.).

La proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro es significativamente mayor ($p < 0,05$) en la LC con pastoreo (32,37 y 34,64) (Figura 4.4.2.10.). Con una proporción algo menor a la máxima encontrada se presentan la LR/CF/CP (27,13) y la LC sin pastoreo (27,90) sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). La SD con pastoreo (8,20 y 4,26) muestra (Tabla 4.4.2.3.) la menor proporción de agregados pequeños.

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm) se presenta en mayor proporción en la SD sin pastoreo (11,23 y 9,34) y en la LC/CF/SP (8,74) ($p < 0,05$). La menor proporción de estos agregados la muestran la SD con pastoreo (3,60 y 2,01) y la LR/SF/CP (3,30) (Figura 4.4.2.10. y Tabla 4.4.2.3.). Los demás tratamientos muestran una proporción intermedia de AEA de este tamaño de microagregados.

➤ ***Evaluación en el año 2001***

En la Tabla 4.4.2.4. se presenta la distribución media de agregados estables al agua (AEA) y el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial evaluado en el año 2001 en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.4.2.4. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
SD/CF/SP	30,74 f	17,18 e	9,72 b	16,04 b	6,79 e	1,52 g
SD/SF/SP	36,30 g	19,82 f	9,72 b	14,83 b	5,30 b	1,87 i
SD/CF/CP	54,80 h	10,68 b	2,94 a	11,33 a	4,36 a	2,23 j
SD/SF/CP	25,06 e	14,89 d	14,51 f	18,00 c	6,15 c	0,84 d
LR/CF/SP	29,53 f	20,11 f	12,38 d	16,14 b	4,60 a	1,76 h
LR/SF/SP	25,63 e	14,35 cd	13,05 e	22,45 d	4,52 a	1,11 f
LR/CF/CP	16,34 d	8,94 a	12,67 d	26,78 e	4,45 a	0,98 e
LR/SF/CP	7,67 b	13,34 c	13,34 e	35,61 h	6,46 d	0,83 d
LC/CF/SP	10,53 c	8,75 a	11,46 c	34,62 gh	7,37 f	0,71 b
LC/SF/SP	8,24 b	11,06 b	11,48 c	32,65 f	6,52 d	0,66 a
LC/CF/CP	10,50 c	15,08 d	14,16 f	33,94 fg	6,83 e	0,79 c
LC/SF/CP	4,82 a	11,62 b	16,73 g	37,95 i	7,73 g	0,71 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La SD/CF/CP muestra en el horizonte superficial el nivel más alto de diámetro medio ponderado (2,23) de todos los tratamientos ($p < 0,05$) (Tabla 4.4.2.4.). La SD/SF/SP (1,87), SD/CF/SP (1,52) y la LR/CF/SP (1,76) presentan un conjunto de valores de DMP alto con diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$) aunque por debajo del máximo encontrado (Figura 4.4.2.11.).

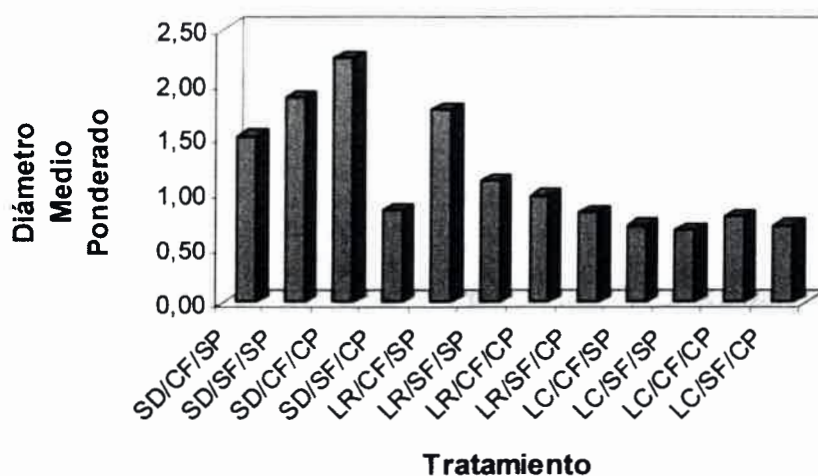


Figura 4.4.2.11. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La LC sin pastoreo (0,71 y 0,66) y la LC/SF/CP (0,71) presentan el diámetro medio ponderado más bajo, mientras que los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de DMP en el año 2001.

En la siembra directa con fertilización y pastoreo predomina ampliamente (54,8) la proporción media de agregados más grandes (4-2 mm) respecto a los demás tratamientos ($p < 0,05$) como se observa en la Figura 4.4.2.12. La SD sin pastoreo (30,74 y 36,30) presenta una alta proporción de este tamaño de agregado aunque significativamente menor a la máxima señalada. En la LC sin fertilización y con pastoreo se muestra significativamente ($p < 0,05$) la menor proporción de agregados (4,82) más grandes (Tabla 4.4.2.4.). La SD/SF/CP (25,06) y la LR sin pastoreo (29,53 y 25,63) presentan una proporción intermedia de agregados entre 4 y 2 mm.

La SD/SF/SP y la LR/CF/SP muestran significativamente la mayor proporción de agregados de 2 a 1 mm de diámetro (19,82 y 20,11, respectivamente). La SD/CF/SP presenta una alta proporción de AEA (17,18) aunque ligeramente menor a los máximos encontrados (Figura 4.4.2.12.). La LR/CF/CP (8,94) y LC/CF/SP (8,75) presentan la menor proporción de agregados sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). La SD/SF/CP (14,89) y la LR sin fertilización (14,35 y 13,34) muestran una proporción intermedia de AEA de este tamaño (Tabla 4.4.2.4.).

La distribución de agregados de diámetro intermedio (1-0,5 mm) es significativamente ($p < 0,05$) menor en la siembra directa con fertilización y pastoreo (2,94). La mayor proporción de agregados de este diámetro la presentan la LC/SF/CP (16,73), la SD/SF/CP (14,51) y la LC/CF/CP (14,16) (Figura 4.4.2.12.). Los demás tratamientos muestran un conjunto con cierto grado de similitud en la proporción de agregados AEA de este tamaño aunque significativamente diferentes ($p < 0,05$).

La proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro es significativamente ($p < 0,05$) mayor en la LC/SF/CP (37,95) y en la LR/SF/SP (35,61). Aunque se observa en los demás tratamientos de la LC una alta proporción de agregados pequeños con valores menores a la máxima proporción encontrada (Figura 4.4.2.12.). La SD/CF/CP muestra la menor proporción de estos agregados (11,33) ($p < 0,05$). En la SD sin pastoreo (16,04 y 14,83), y en la LR/CF/SP (16,14) se observa una proporción de AEA por ligeramente superior al mínimo encontrado (Tabla 4.4.2.4.) y sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre sí. La LR/SF/SP (22,45) y la LR/CF/CP presentan una proporción intermedia de AEA de tamaño entre 0,5 y 0,1 mm.

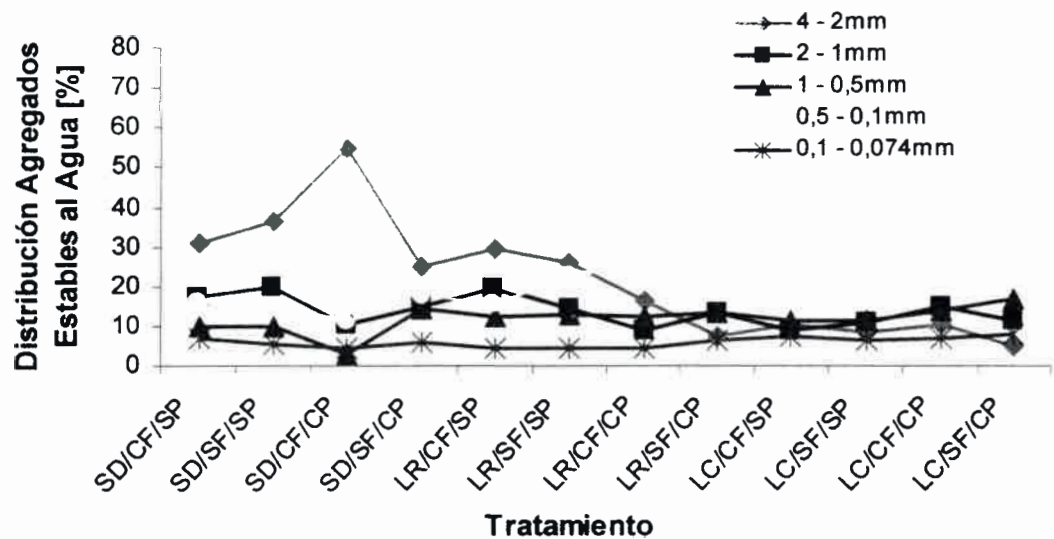


Figura 4.4.2.12. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm de diámetro) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en mayor proporción en la LC/SF/CP (7,37) y en LC/CF/SP (7,73). La menor proporción de estos agregados (Figura 4.4.2.12.) la muestran la SD/CF/CP (4,45), la LR con fertilización (4,60 a 4,45) y la LR/SF/SP (4,52) sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Los demás tratamientos presentan una proporción intermedia de microagregados.

➤ **Evaluación en el año 2002**

En la Tabla 4.4.2.5. se presenta la distribución media de agregados estables al agua (AEA) y el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial evaluado en el año 2002 en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.4.2.5. Distribución media de agregados estables al agua y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
SD/CF/SP	60,38 h	18,85 f	4,24 a	6,93 a	3,46 a	2,30 j
SD/SF/SP	54,65 g	18,73 f	6,08 b	8,99 b	3,68 a	2,17 i
SD/CF/CP	74,96 i	20,94 g	5,85 b	11,16 c	4,69 ab	2,01 h
SD/SF/CP	46,01 f	18,20 f	6,65 b	14,42 d	5,51 bc	2,00 h
LR/CF/SP	46,90 f	18,48 f	8,83 c	14,32 d	3,75 a	1,93 g
LR/SF/SP	32,27 e	15,76 e	9,32 cd	23,65 e	4,88 ab	1,51 f
LR/CF/CP	10,42 c	15,24 de	18,56 h	29,31 f	6,33 cd	0,89 bc
LR/SF/CP	10,43 c	16,12 e	12,63 fg	28,53 f	7,57 de	0,92 c
LC/CF/SP	20,56 d	10,87 a	13,43 g	36,61 h	4,48 ab	1,11 e
LC/SF/SP	10,43 c	14,16 cd	11,74 ef	35,12 h	8,38 e	0,87 b
LC/CF/CP	7,72 b	12,58 b	11,14 ef	35,49 h	8,18 e	0,74 a
LC/SF/CP	4,78 a	12,73 bc	10,83 de	32,60 g	8,47 e	0,98 d

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La SD sin pastoreo muestra en el horizonte superficial el nivel más alto de diámetro medio ponderado (2,30 y 2,17) de todos los tratamientos ($p < 0,05$) (Tabla 4.4.2.5.). La SD con pastoreo ($p > 0,05$) y la LR/CF/SP ($p < 0,05$) presentan un DMP muy similar aunque por debajo del máximo encontrado. La labranza convencional (LC) con fertilización y pastoreo presenta significativamente ($p < 0,05$) el diámetro medio ponderado más bajo (0,74) mientras que la LR/SF/SP (1,51) muestra un DMP intermedio (Figura 4.4.2.13.).

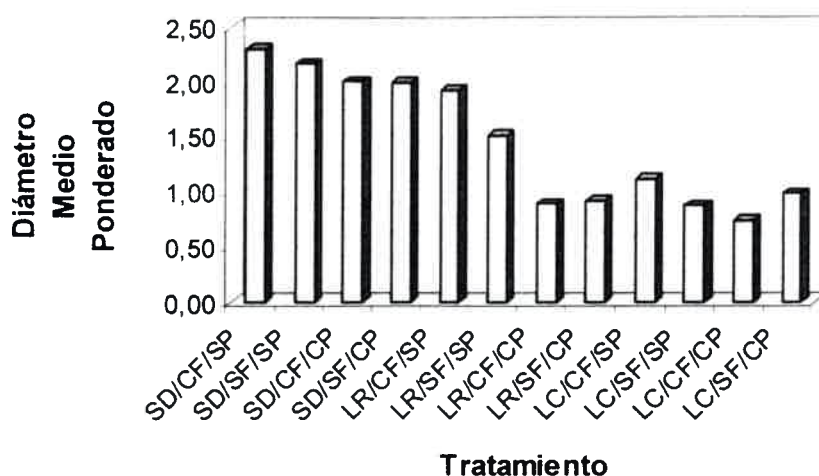


Figura 4.4.2.13. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La proporción de agregados más grandes (4-2 mm de diámetro) predomina ampliamente en la siembra directa (SD) con pastoreo (74,96) respecto a los demás tratamientos como se observa en la Figura 4.4.2.14. En la SD sin pastoreo (60,38 y 54,65) se observa una proporción alta de AEA aunque por debajo del valor máximo encontrado. La LC/SF/CP presenta significativamente ($p < 0,05$) la menor proporción de agregados de este diámetro (4,78). La SD/SF/CP y la LR/CF/SP muestran una proporción de agregados que conforman un conjunto intermedio (46,01 y 46,90) sin diferencias significativas ($p > 0,05$).

La mayor proporción de agregados de 2 a 1 mm de diámetro la presenta significativamente ($p < 0,05$) la SD/CF/CP (20,94). Sin embargo, los demás tratamientos de la siembra directa y la LR/CF/CP conforman un conjunto de valores altos de AEA sin diferencias significativas ($p > 0,05$) y muy próximos al máximo valor encontrado. La LC/CF/SP presenta significativamente ($p < 0,05$) la distribución de agregados más baja (10,87). Los tratamientos de la LR, excepto la situación con fertilización y sin pastoreo, muestran niveles intermedios de distribución de AEA y sin diferencias significativas ($p > 0,05$) (Tabla 4.4.2.5. y Figura 4.4.2.14.).

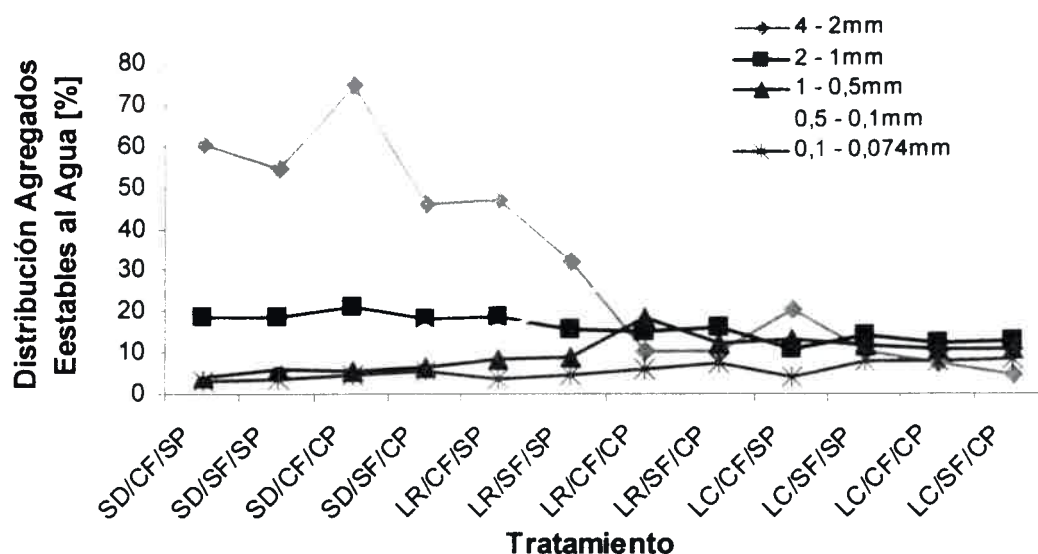


Figura 4.4.2.14. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La distribución de agregados de diámetro intermedio (1-0,5 mm) es significativamente ($p < 0,05$) mayor en la LR/CF/CP (18,56) mientras que el menor valor lo presenta la SD/CF/SP (4,24) (Figura 4.4.2.14.). La SD sin fertilización (6,08 y 6,65) y la SD/CF/CP (5,85) presentan una proporción de agregados con valores ligeramente superiores respecto al mínimo encontrado y sin diferencias significativas ($p > 0,05$). La labranza convencional y la LR/SF/CP muestran una distribución de AEA con niveles intermedios (10,83-13,43) aunque con diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4.4.2.5.). La LR sin pastoreo presenta un conjunto con una proporción de agregados, sin diferencia estadística aunque con valor inferior a los niveles intermedios mencionados.

La proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro es significativamente mayor en la LC (36,61-35,12) a excepción de la LC/SF/CP que si bien presenta un nivel alto (32,6) es inferior a los demás tratamientos (Figura 4.4.2.14.). La SD/CF/SP muestra la menor proporción de estos agregados (6,93) ($p < 0,05$). La labranza reducida con pastoreo presenta sin diferencias significativas ($p > 0,05$) una proporción de AEA con valores

intermedios (28,53–29,31). Por otra parte, se observa que la SD/SF/CP (14,32) y la LR/CF/SP (14,32) conforman otro grupo sin diferencias significativas aunque inferiores a los niveles intermedios señalados (Tabla 4.4.2.5.).

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm de diámetro) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en mayor proporción en la labranza convencional (8,18-8,47), a excepción del tratamiento con fertilización y sin pastoreo (Tabla 4.4.2.5.). La LR/SF/CP muestra una alta proporción de microagregados (7,57) aunque con un nivel inferior al máximo. La menor proporción de estos agregados y sin diferencias significativas ($p > 0,05$) la muestran la SD sin pastoreo (3,46-3,68) y la LR/CF/SP (3,75). La LR/CF/CP muestra una proporción intermedia de microagregados (Figura 4.4.2.14.).

En la Figura 4.4.2.15. se presenta el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril considerando los 3 años evaluados.

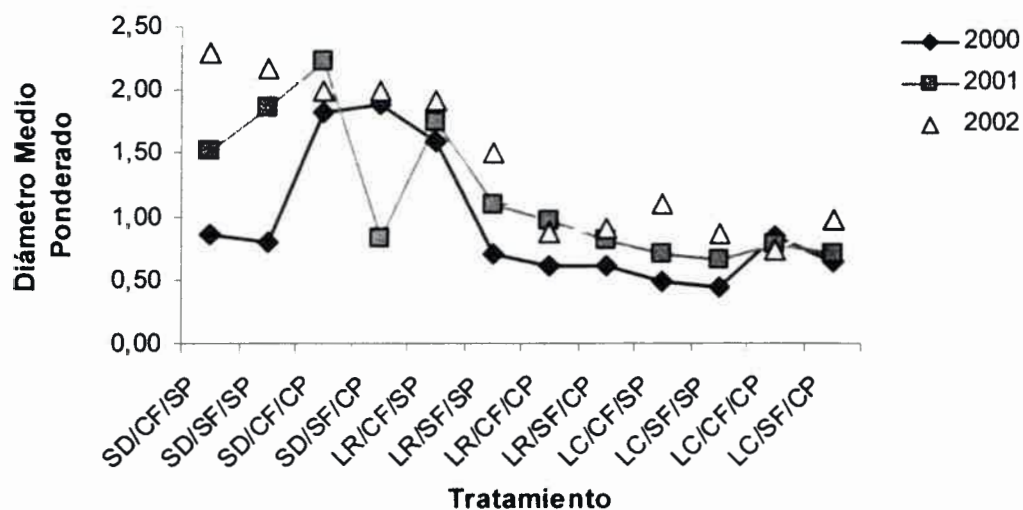


Figura 4.4.2.15. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en período 2000-2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.4.2.1.4. Velocidad de infiltración

En la Tabla 4.4.2.6. se presenta la velocidad de infiltración básica (K_b) del horizonte superficial evaluado en el período 2000-2002 en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.4.2.6. Velocidad de infiltración básica (K_b) del horizonte superficial evaluado en el período 2000-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Velocidad de Infiltración [cm h^{-1}]		
	2000	2001	2002
SD/CF/SP	2,28 h	1,80 e	1,27 c
SD/SF/SP	1,59 d	0,74 a	0,70 a
SD/CF/CP	1,97 f	1,81 e	1,74 d
SD/SF/CP	1,35 b	1,41 c	1,98 e
LR/CF/SP	2,11 g	1,65 d	1,04 b
LR/SF/SP	1,21 a	1,30 c	1,35 c
LR/CF/CP	1,93 f	1,85 e	1,67 d
LR/SF/CP	1,46 c	1,15 b	0,58 a
LC/CF/SP	2,18 g	3,91 h	9,04 h
LC/SF/SP	2,85 j	3,50 g	5,10 g
LC/CF/CP	2,45 i	2,86 f	3,35 f
LC/SF/CP	1,76 e	1,65 d	1,09 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La velocidad de infiltración básica muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos en el año 2000 (Tabla 4.4.2.6.). La LR/SF/SP presenta con diferencia significativa ($p < 0,05$) el nivel más bajo (1,21) aunque con un valor ligeramente superior le sigue la SD/SF/CP (1,35) (Figura 4.4.2.16.). El valor significativamente ($p < 0,05$) más alto de infiltración se observa en la LC/SF/SP (2,85) acompañado por un nivel inferior en la LC/CF/CP (2,45). Los demás tratamientos muestran un conjunto de niveles intermedios de velocidad de infiltración constituidos por valores más altos en la SD/CF/SP (2,28), LR/CF/SP (2,11), y LC/CF/SP (2,18), y más bajos en la SD/CF/CP (1,97), LR con pastoreo (1,93 y 1,46), y LC/SF/CP (1,76) (Figura 4.4.2.16.).

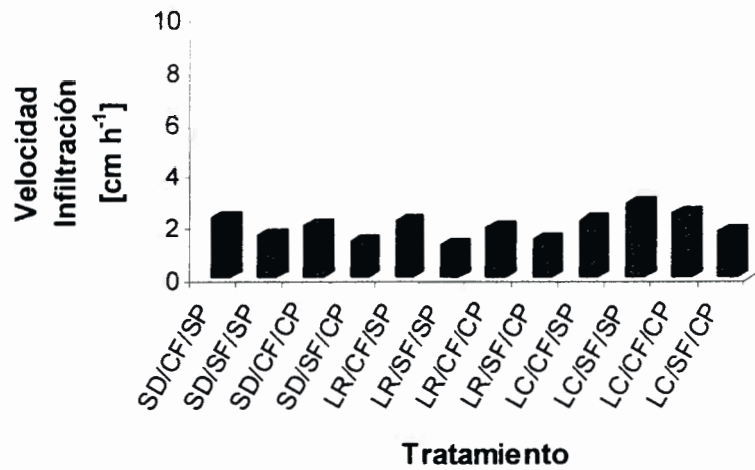


Figura 4.4.2.16. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2000 en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril.

En el año 2001 el nivel significativamente ($p < 0,05$) más alto de velocidad de infiltración lo muestra la LC/CF/SP (3,91) y con un nivel ligeramente inferior la LC/SF/SP (3,50) y la LC/CF/CP (2,86). El nivel más bajo de infiltración se encuentra en la SD/SF/SP (0,74) con diferencia significativa ($p < 0,05$) (Figura 4.4.2.17.). Con valores intermedios de velocidad de infiltración se observa un grupo formado por niveles más altos en la SD con fertilización (1,80 y 1,81), LR con fertilización (1,65 y 1,85) y LC/SF/CP (1,65), y niveles más bajos en la SD/SF/CP (1,41) y en la LR sin fertilización (1,30 y 1,15) (Tabla 4.4.2.6.).

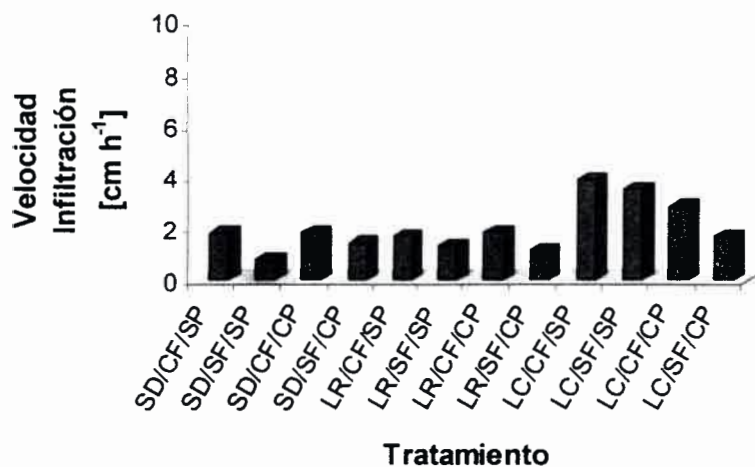


Figura 4.4.2.17. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2001 en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril.

La velocidad de infiltración en el año 2002 presenta significativamente ($p < 0,05$) el mayor valor en la LC/CF/SP (9,04), mientras que los niveles más bajos en la LR/SF/CP (0,58) y en la SD/SF/SP (0,70) sin diferencia significativa entre si ($p > 0,05$). En la LC/SF/SP (5,10) y LC/CF/CP (3,35) se observan niveles altos de infiltración aunque muy inferiores a valor máximo señalado. Los demás tratamientos muestran valores bajos de infiltración aunque con niveles ligeramente superiores a los mínimos encontrados (Figura 4.4.2.18.).

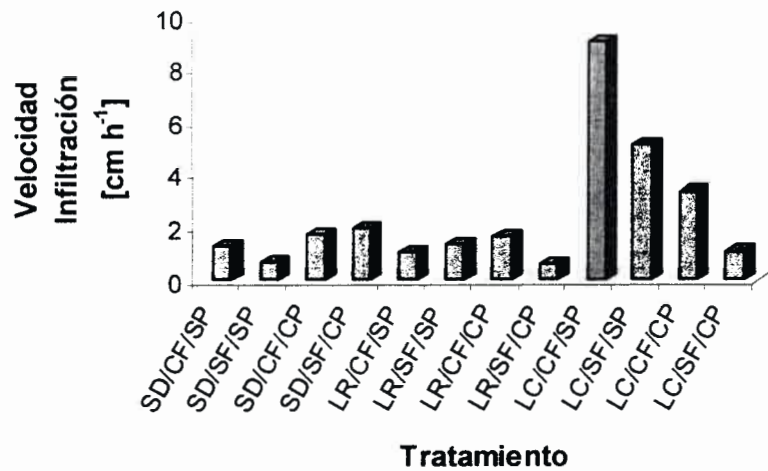


Figura 4.4.2.18. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2002 en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril.

La Figura 4.4.2.19. muestra la velocidad de infiltración en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril a través del período de evaluación.

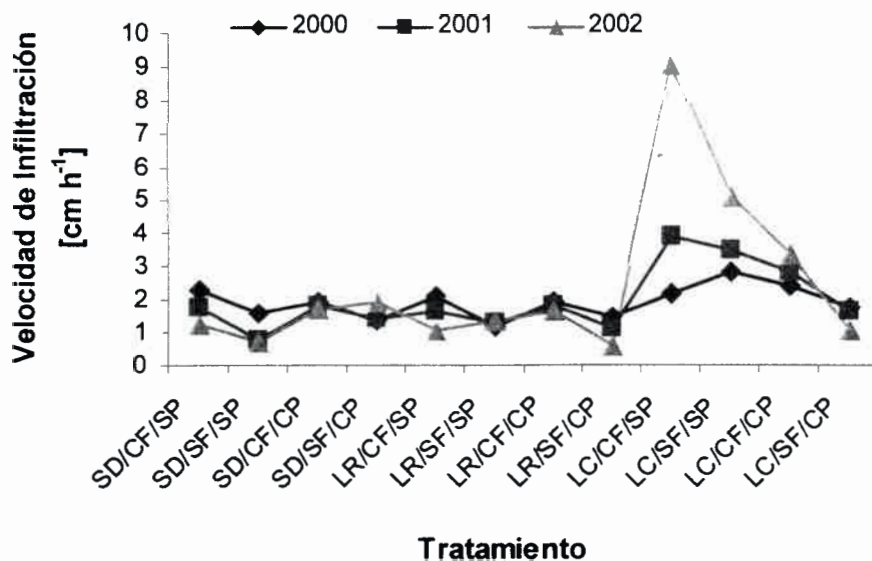


Figura 4.4.2.19. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2000-2002 en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril.

4.4.2.1.5. Resistencia mecánica

➤ Evaluación en el 2001

En la Tabla 4.4.2.7. se presenta la resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tabla 4.4.2.7. Resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2001, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Resistencia mecánica	Resistencia mecánica
	[Mpa] en surco	[Mpa] entre surco
SD/CF/SP	3,03 de	3,01 c
SD/SF/SP	1,98 b	3,02 c
SD/CF/CP	3,33 ef	2,47 b
SD/SF/CP	3,37 f	3,73 d
LR/CF/SP	2,96 d	3,00 c
LR/SF/SP	2,60 c	3,71 d
LR/CF/CP	4,20 g	4,01 d
LR/SF/CP	2,87 cd	2,22 b
LC/CF/SP	1,84 b	3,79 d
LC/SF/SP	1,43 a	2,43 b
LC/CF/CP	1,50 a	1,84 a
LC/SF/CP	1,26 a	2,94 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La resistencia mecánica (RM) en el surco muestra diferencias significativas entre tratamientos, presentando la LR/CF/CP el mayor nivel (4,20) (Tabla 4.4.2.7.). La SD con y sin fertilización y pastoreo muestran valores altos (3,33 y 3,37) sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, aunque con nivel inferior al máximo encontrado. El menor valor de RM y sin diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) lo presenta la LC a excepción de la LC/CF/SP (Figura 4.4.2.20.). Se observa un conjunto de valores de RM con niveles intermedios ($p > 0,05$) en la SD/CF/SP (3,03), LR/CF/SP (2,96) y en LR/SF/CP (2,87).

La resistencia mecánica (RM) entre surco muestra diferencias significativas entre tratamientos, presentando la LR/CF/CP el mayor nivel (4,01) (Tabla 4.4.2.7.). La SD/SF/CP, la LR/SF/SP y la LC/CF/SP muestran valores altos (3,73; 3,71 y 3,71) sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, aunque con nivel inferior al máximo encontrado. La LC/CF/CP (1,84) presenta significativamente ($p < 0,05$) la RM entre surco más baja de todos los tratamientos (Figura 4.4.2.20.). Con niveles intermedios de RM y sin diferencias estadísticas ($p > 0,05$) se observa un conjunto de valores constituidos por la SD sin fertilización (3,01 y 3,02) y en LR/CF/SP (3,00).

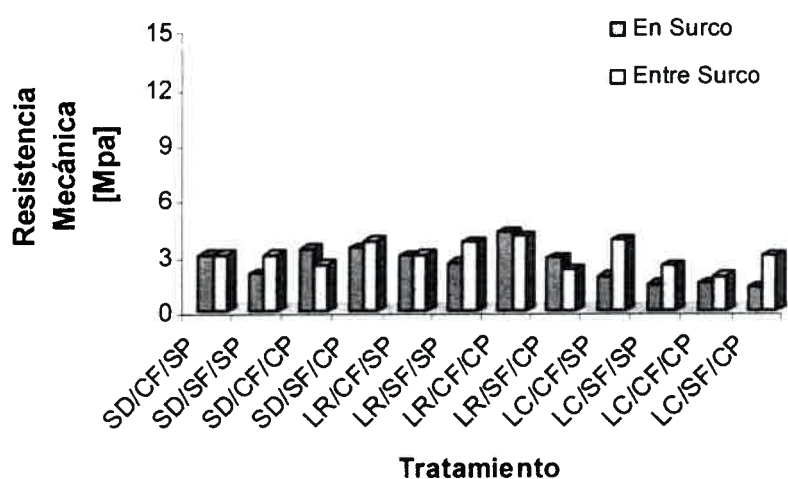


Figura 4.4.2.20. Resistencia mecánica (RM) en surco y entre surco, período 2001, en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril.

➤ Evaluación en el 2002

En la Tabla 4.4.2.8. se presenta la resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La resistencia mecánica (RM) en el surco en el período 2002 muestra diferencias significativas entre tratamientos, presentando significativamente el mayor nivel la SD/CF/CP (10,02) (Tabla 4.4.2.8.). La SD/SF/CP y LR/SF/SP muestran valores altos (7,89 y 7,60) sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, aunque con nivel inferior al máximo encontrado. El menor valor lo

presenta significativamente la LC/SF/SP (1,64). Se observa un conjunto de valores de RM en el surco con niveles intermedios donde se agrupan por un lado, la LR/CF/SP (6,77) y LC/CF/SP (7,60) ($p > 0,05$) con valores más altos y por otro lado, la SD sin pastoreo (5,30 y 5,54) y en LR con pastoreo (5,65 y 5,60) con niveles más bajos ($p > 0,05$) (Figura 4.4.2.21.).

Tabla 4.4.2.8. Resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tratamiento	Resistencia mecánica [Mpa] en surco	Resistencia mecánica [Mpa] entre surco
SD/CF/SP	5,30 c	10,33 f
SD/SF/SP	5,54 cd	10,83 g
SD/CF/CP	10,02 g	9,34 e
SD/SF/CP	7,89 f	14,66 i
LR/CF/SP	6,77 e	11,61 h
LR/SF/SP	7,60 f	7,68 d
LR/CF/CP	5,65 d	14,90 i
LR/SF/CP	5,60 cd	9,08 e
LC/CF/SP	6,90 e	6,60 b
LC/SF/SP	1,64 a	1,37 a
LC/CF/CP	4,05 b	7,68 c
LC/SF/CP	4,26 b	9,15 e

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La resistencia mecánica (RM) entre surco muestra diferencias significativas entre tratamientos, presentando la SD/SF/CP y LR/CF/CP el mayor nivel (14,66 y 14,90) (Tabla 4.4.2.8.). La SD sin fertilización (10,83) y LR/CF/SP (11,61) muestran valores altos de RM con diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, aunque con nivel inferior al máximo encontrado. El menor valor lo presenta significativamente la LC/SF/SP (1,37) (Figura 4.4.2.21.). La LR/SF/SP (7,68), y la LC con fertilización (6,60 y 7,68) conforman un conjunto con valores intermedios de RM entre surco ($p < 0,05$).

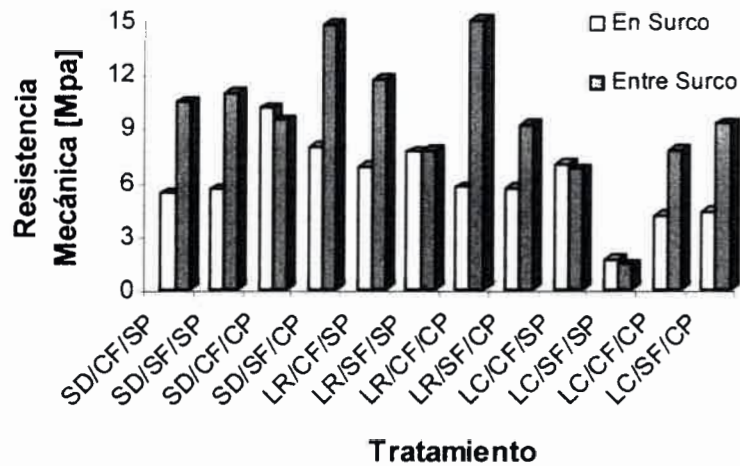


Figura 4.4.2.21. Resistencia mecánica (RM) en el surco y entre surco, período 2002, en los diferentes tratamientos de la Pendiente Pozo del Carril.

En la Figura 4.4.2.22. se presenta la resistencia mecánica en el surco y entre surco en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el período 2001 y 2002.

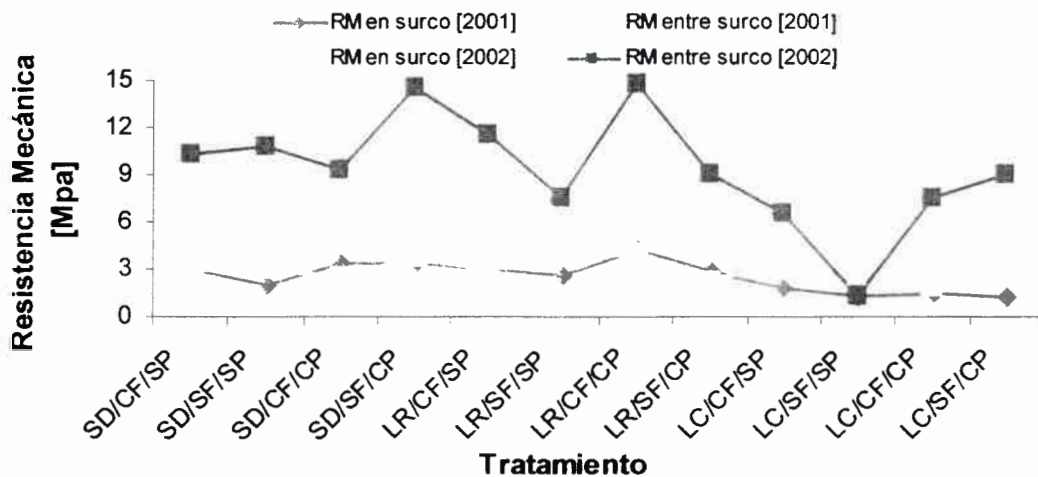


Figura 4.4.2.22. Resistencia mecánica (RM) en el surco y entre surco, período 2001-2002, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

4.4.2.2.1. Carbono orgánico

En la Tabla 4.4.2.9. se presenta el contenido de carbono orgánico del horizonte superficial, evaluado en el período 1999-2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.2.9. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]			
	1999	2000	2001	2002
Loma plana	0,97 a	0,96 a	1,23 c	1,39 b
Loma alta	0,97 a	0,97 a	1,15 b	1,02 a
Loma media	1,21 b	1,18 b	1,11 a	1,51 c
Loma baja	1,39 c	1,35 c	1,69 d	1,81 d

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El contenido de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) en las diferentes secciones de la pendiente en el período evaluado (Tabla 4.4.2.9.). En el año 1999 la loma baja presenta significativamente el nivel más alto de carbono orgánico (1,39) de todas las secciones (Figura 4.4.2.23). La loma plana y alta muestran los contenidos de CO más bajos de la pendiente (0,97) y sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). La loma media presenta un nivel intermedio de CO (1,21).

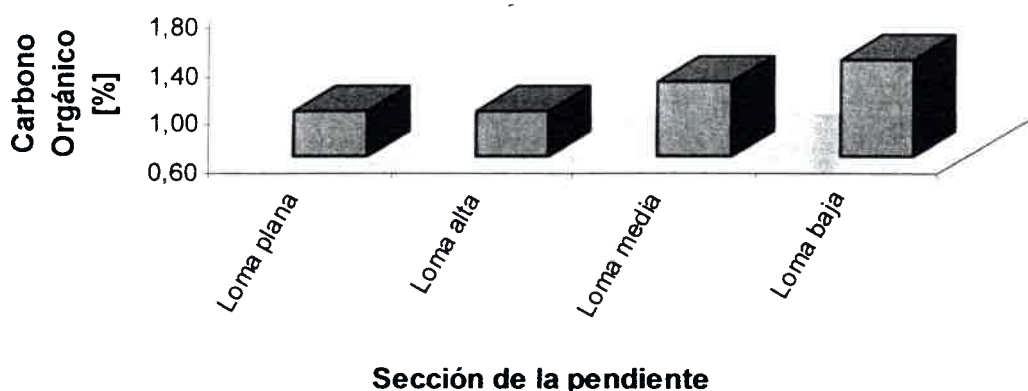


Figura 4.4.2.23. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 1999, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En el año 2000 la loma baja presenta significativamente ($p < 0,05$) el nivel más alto de Carbono orgánico (1,35). La loma plana y alta muestran los valores más bajos (0,96 y 0,97) sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). La loma media presenta un contenido intermedio de carbono orgánico (1,18) (Tabla 4.4.2.9. y Figura 4.4.2.24.).

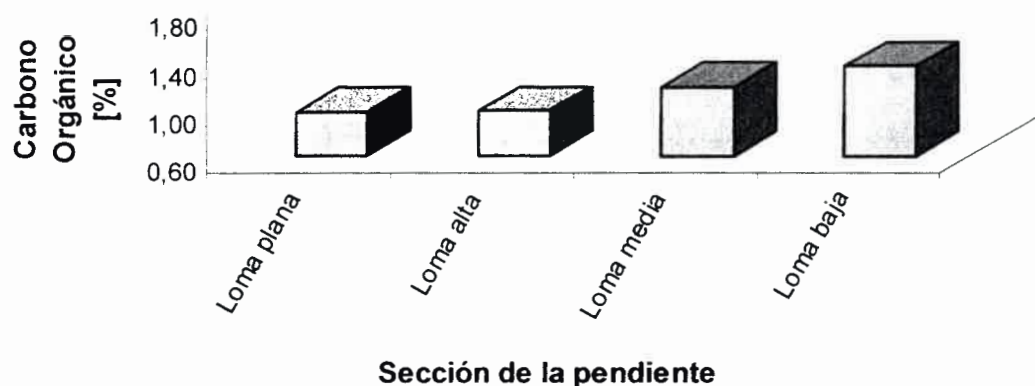


Figura 4.4.2.24. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 2000, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de CO del horizonte superficial en el año 2001 presenta ($p < 0,05$) el nivel más alto en la loma baja (1,69), mientras que la loma media y alta muestran el contenido más bajo de CO (1,11 y 1,15), (Figura 4.4.2.25.).

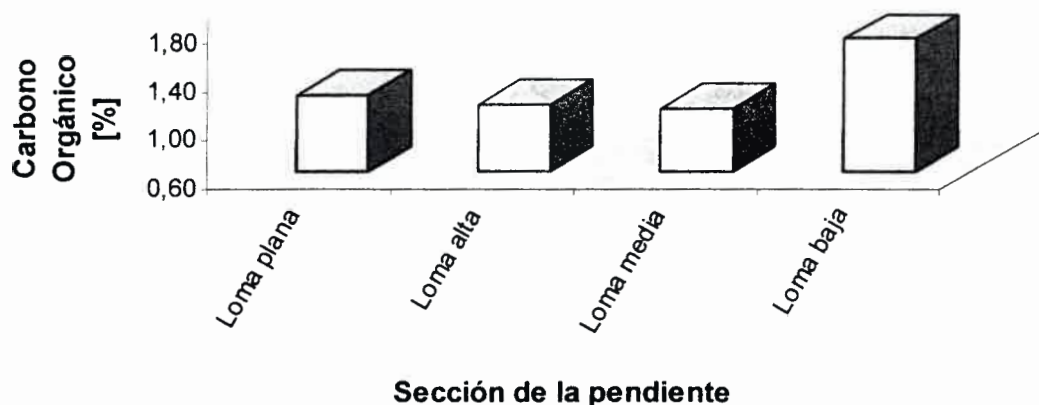


Figura 4.4.2.25. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En el año 2002 la loma baja muestra con diferencia significativa ($p < 0,05$) el mayor contenido de CO (1,81), mientras que el menor nivel lo presenta la loma media (1,02). En la loma plana se observa un contenido intermedio de carbono orgánico (Tabla 4.4.2.9. y Figura 4.4.2.26.).

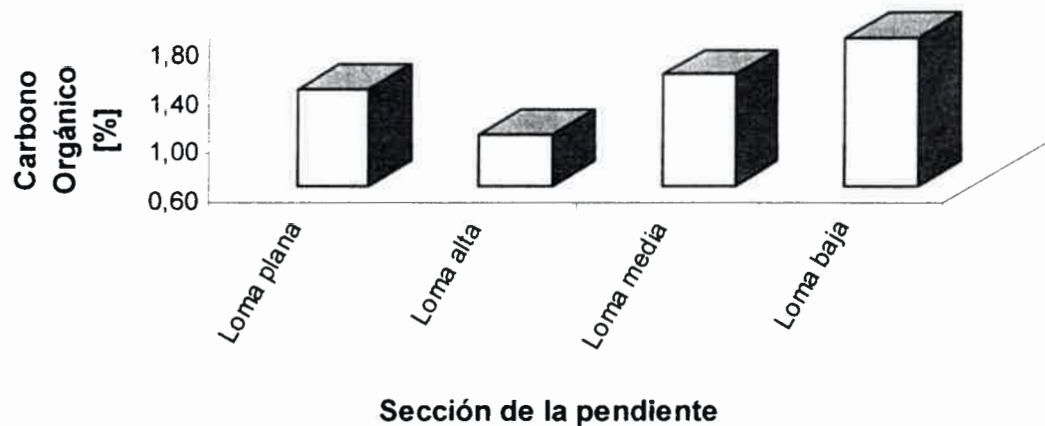


Figura 4.4.2.26. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La Figura 4.4.2.27. muestra el contenido medio de carbono orgánico del horizonte superficial en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el período 1999 - 2002.

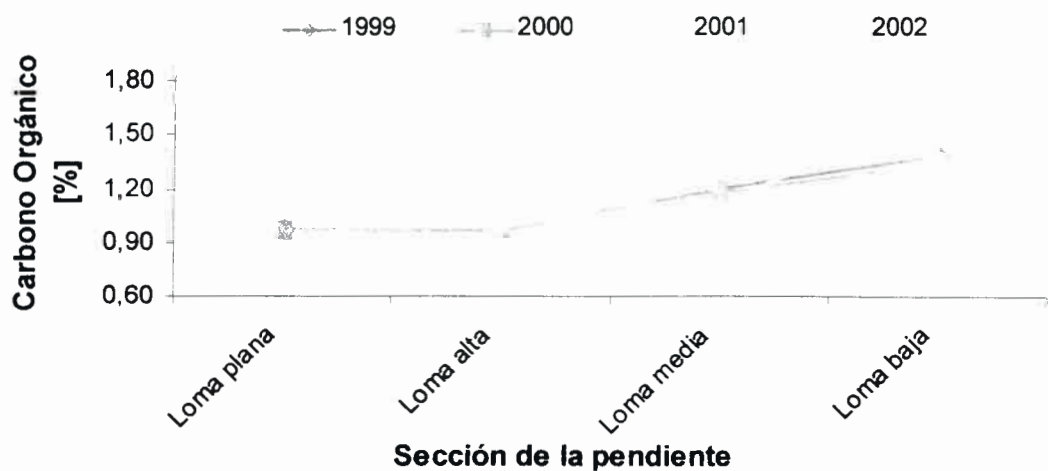


Figura 4.4.2.27. Contenido medio de carbono orgánico (CO) del horizonte superficial en el período 1999-2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.4.2.2. Densidad aparente

En la Tabla 4.4.2.10. se presenta la densidad aparente media (DA) del horizonte superficial en el período 1999-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.2.10. Densidad aparente media (DA) del horizonte superficial en el período 1999-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Densidad aparente [Mg m^{-3}]			
	1999	2000	2001	2002
Loma plana	1,38 c	1,40 b	1,31 b	1,41 c
Loma alta	1,33 a	1,36 a	1,27 a	1,31 a
Loma media	1,34 ab	1,37 ab	1,34 b	1,30 a
Loma baja	1,37 bc	1,39 ab	1,34 b	1,35 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el año 1999 la loma plana (1,38) y en la loma baja (1,37) muestran significativamente ($p < 0,05$) el nivel más alto la densidad aparente. Los valores más bajos lo presentan la loma alta (1,33) y media (1,34) sin diferencias significativas ($p > 0,05$) (Figura 4.4.2.28.).

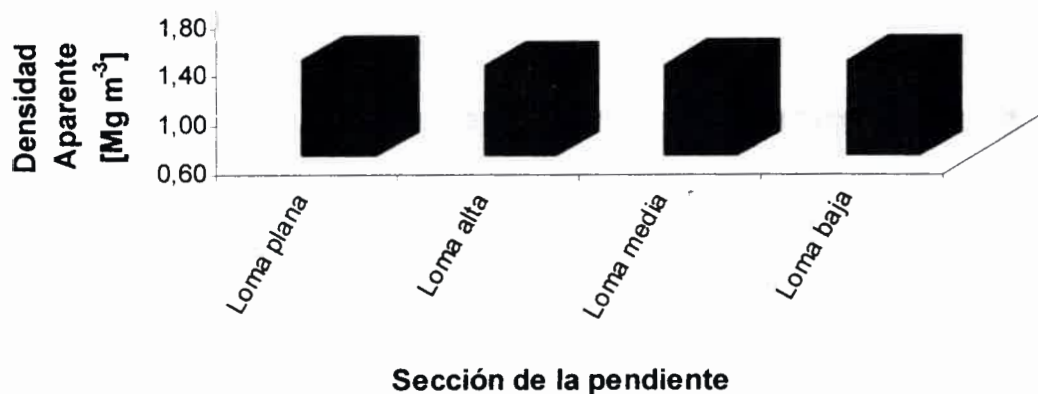


Figura 4.4.2.28. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el año 1999, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En el segundo año de evaluación la loma plana (1,40) y la loma baja (1,39) muestran significativamente ($p < 0,05$) la máxima DA (Tabla 4.4.2.10.). La

loma alta y baja se presentan niveles más bajos de Densidad aparente (1,36 y 1,37) aunque con valores muy próximos a los máximos encontrados (Figura 4.4.2.29.).

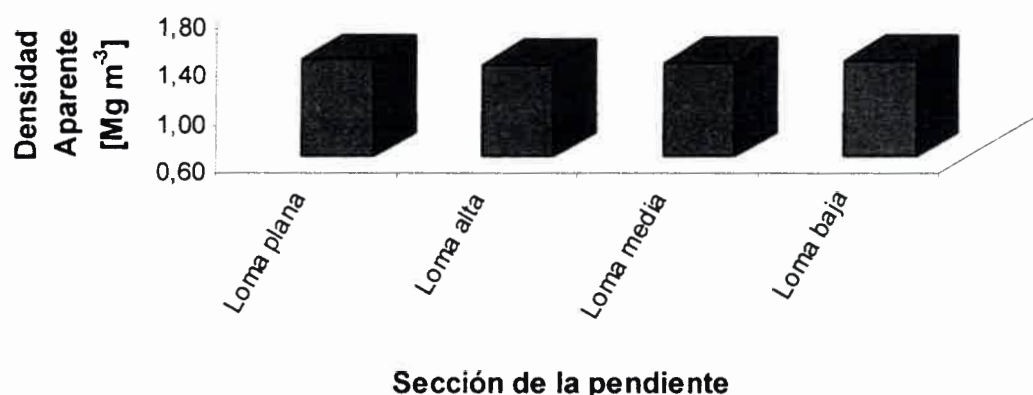


Figura 4.4.2.29. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el año 2000, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La densidad aparente presenta significativamente ($p < 0,05$) el valor más bajo en la loma alta (1,27) en el año 2001. En las demás secciones de la pendiente se muestran sin diferencias significativas los niveles más altos de DA (Tabla 4.4.2.10. y Figura 4.4.2.30.).

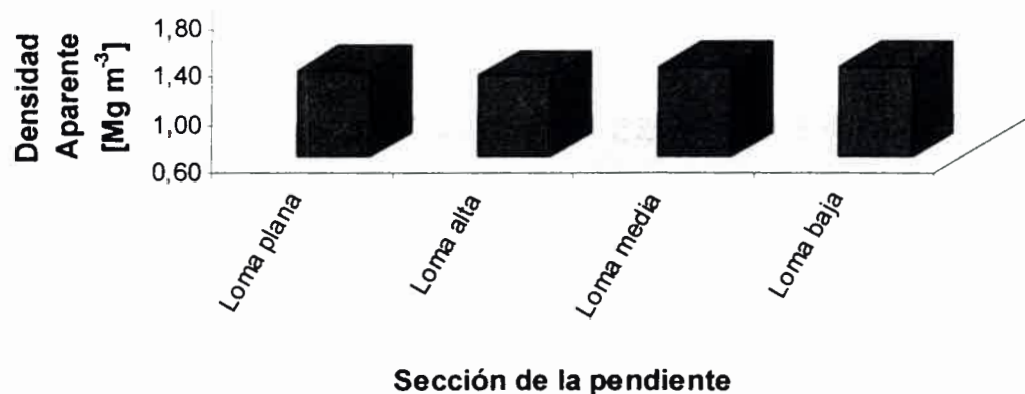


Figura 4.4.2.30. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el año 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En el año 2002 se presenta significativamente ($p < 0,05$) el nivel más alto de DA en la loma plana (1,41). En la loma alta y media se muestran los valores más bajos (1,31 y 1,30). La loma baja tiene una densidad aparente intermedia (Tabla 4.4.2.10. y Figura 4.4.2.31.).

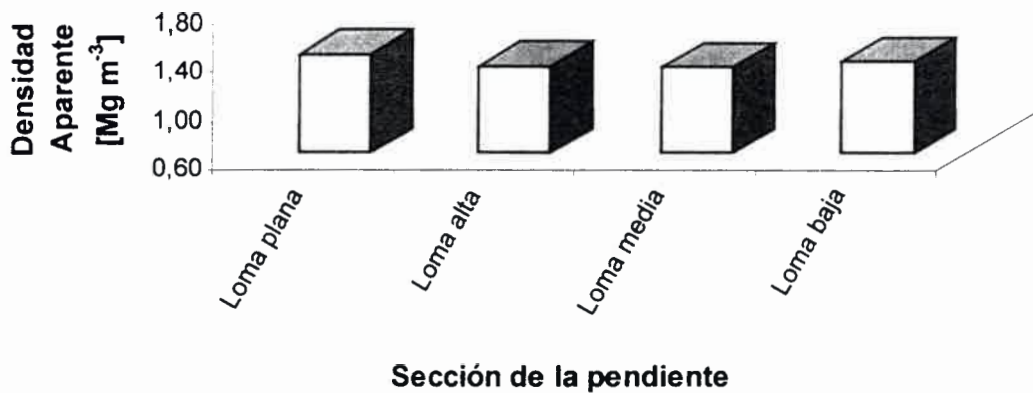


Figura 4.4.2.31. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En la Figura 4.4.2.32. se muestra la densidad aparente media del horizonte superficial en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el período 1999 - 2002.

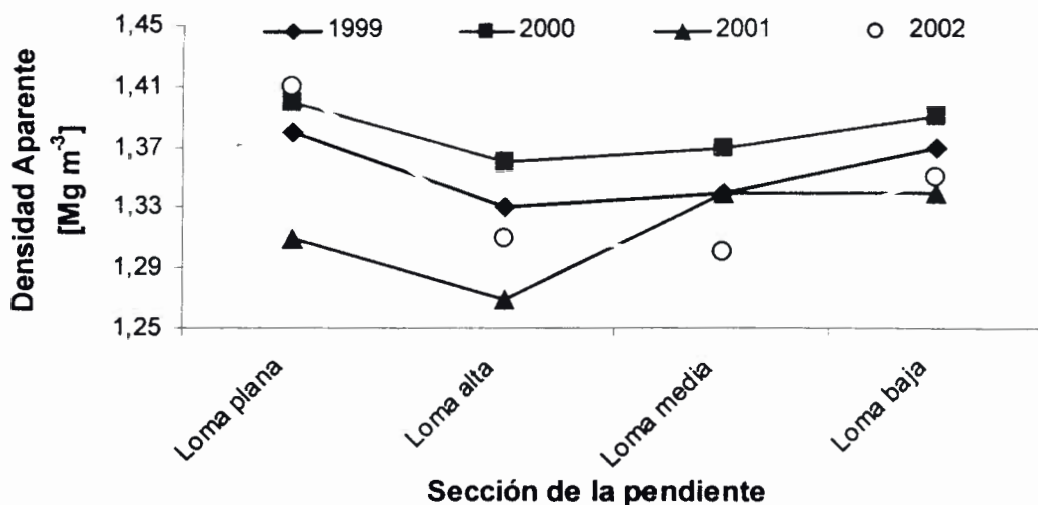


Figura 4.4.2.32. Densidad aparente (DA) media del horizonte superficial en el período 1999-2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.4.2.2.3. Estabilidad de Agregados

➤ Evaluación en el año 1999

La distribución media de agregados estables al agua y el diámetro medio ponderado del horizonte superficial, evaluados en el año 1999, en las secciones de la pendiente se muestra en la Tabla 4.4.2.11.

Tabla 4.4.11. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 1999, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
Loma plana	44,37 c	10,28 a	4,77 a	14,95 c	6,75 b	1,80 c
Loma alta	16,80 a	22,76 b	8,27 c	18,39 d	5,53 b	1,21 a
Loma media	52,56 d	21,33 b	4,01 a	6,07 a	2,78 a	2,18 d
Loma baja	29,80 b	26,90 c	6,77 b	11,13 b	4,88 b	1,59 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La loma media presenta en el horizonte superficial el valor más alto de diámetro medio ponderado (2,18) en relación a los demás secciones ($p < 0,05$). La loma alta muestra significativamente un nivel alto de DMP (1,80) aunque por debajo del máximo encontrado. La loma alta presenta ($P < 0,05$) el diámetro medio ponderado más bajo. En la loma baja ($p < 0,05$) se observa un valor intermedio de DMP (Figura 4.4.2.33.).

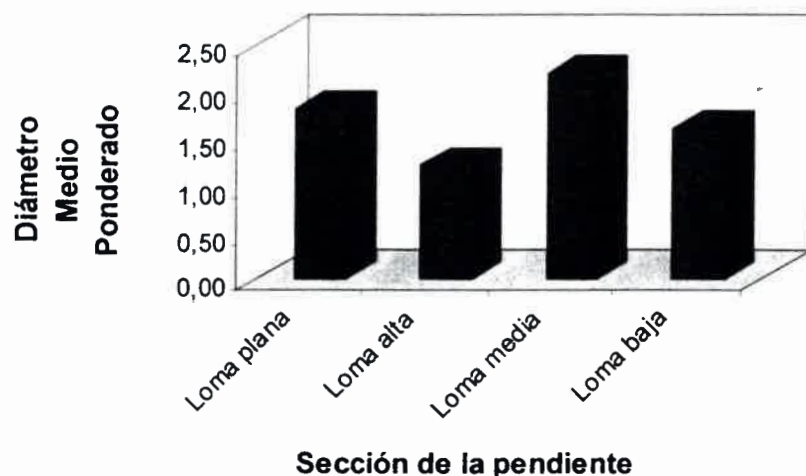


Figura 4.4.2.33. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 1999, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La proporción de agregados más grandes (4-2 mm de diámetro) predomina en la loma media (52,56) respecto a las demás secciones como se observa en la Figura 4.4.2.34. La menor proporción de agregados de este diámetro se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la loma alta (16,80). La loma plana presenta una alta proporción de agregados de este tamaño (44,37) aunque significativamente más bajo que el máximo encontrado (Tabla 4.4.2.11.). En la loma baja se observa una proporción intermedia de AEA.

La loma baja muestra significativamente ($p < 0,05$) la mayor proporción de agregados grandes (26,90) de 2 a 1 mm de diámetro. En la loma plana (10,28) se presenta la distribución de agregados más baja (Tabla 4.4.2.11. y Figura 4.4.2.34). La loma alta (22,76) y media (21,33) muestran una alta proporción de AEA de este tamaño ($p > 0,05$) aunque con valores inferiores a los máximos encontrados.

La distribución de agregados de diámetro intermedio (1-0,5 mm de diámetro) es significativamente ($p < 0,05$) mayor en la loma alta (8,27). En la loma plana (4,77) y baja (4,01) se presenta la menor proporción de agregados de este diámetro (Figura 4.4.2.34.), mientras que la loma baja (6,77) un nivel intermedio de AEA.

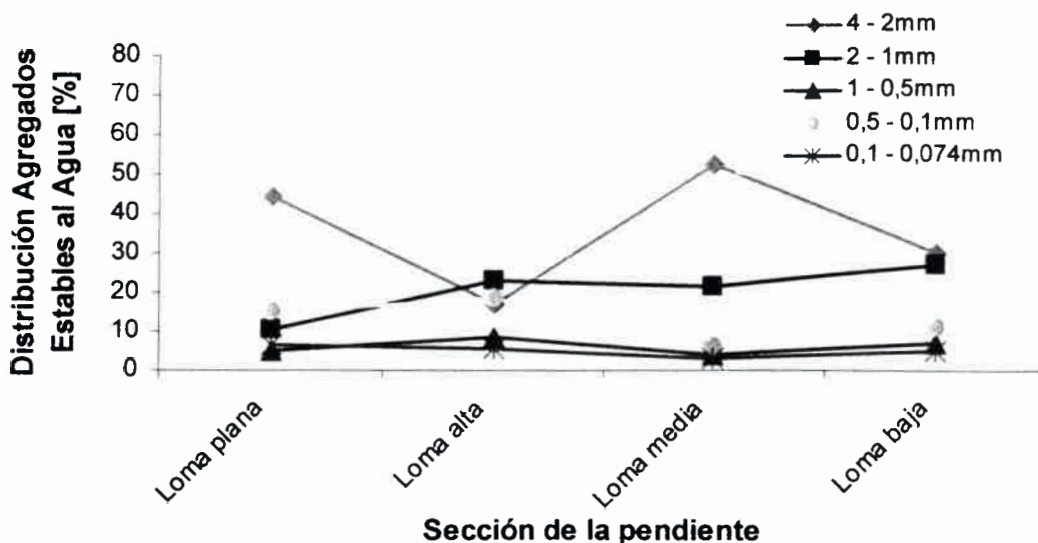


Figura 4.4.2.34. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 1999, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro es significativamente ($p < 0,05$) mayor en la loma alta (18,39). Le sigue con una proporción algo menor a la máxima encontrada la loma plana (14,95). La loma media muestra la menor proporción de agregados pequeños (Figura 4.4.2.34.).

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en menor proporción en la loma media (2,78). Las demás secciones de la pendiente presentan una mayor proporción de estos agregados sin diferencias significativas (Tabla 4.4.2.11.).

➤ Evaluación en el año 2000

En la Tabla 4.4.2.12. se presenta la distribución media de agregados estables al agua (AEA) y el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial evaluado en el año 2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.2.12. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2000, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
Loma plana	40,71 c	10,80 a	5,50 a	16,79 b	6,60 b	1,73 b
Loma alta	21,56 a	20,10 c	8,20 b	18,53 b	7,19 b	1,47 a
Loma media	41,39 c	17,60 b	6,65 ab	11,14 a	4,30 a	2,11 c
Loma baja	36,33 b	20,60 c	5,59 a	9,78 a	3,81 a	1,71 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La loma media muestra en el horizonte superficial el nivel más alto de diámetro medio ponderado (2,11) de todas las secciones ($p < 0,05$) (Tabla 4.4.2.12.). La loma alta presenta significativamente ($p < 0,05$) el diámetro medio ponderado más bajo (1,47). La loma plana y baja muestran un nivel intermedio en la proporción de agregados sin diferencias significativas (Figura 4.4.2.35.).

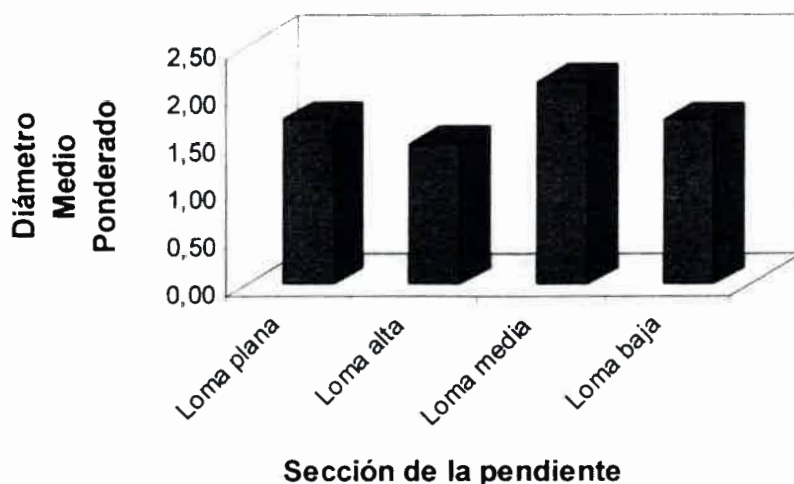


Figura 4.4.2.35. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2000, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En la loma plana y media predomina (40,71 y 41,39) la proporción de agregados más grandes (4-2 mm) los cuales no muestran diferencias significativas entre sí. En la loma alta se presenta significativamente ($p < 0,05$) la menor proporción de agregados (21,56) más grandes (Tabla 4.4.2.12.). La loma baja muestra un nivel intermedio de estos agregados (Figura 4.4.2.36.).

La mayor proporción de agregados de 2 a 1 mm de diámetro se presenta en la loma alta (20,10) y loma baja (20,60) sin diferencia significativa entre las secciones (Tabla 4.4.2.12.). La loma plana muestra significativamente ($p > 0,05$) la menor distribución de agregados (10,80). La loma media presenta un valor alto de AEA (17,60) aunque menor a los máximos encontrados (Figura 4.4.2.36.).

La loma alta presenta significativamente ($p < 0,05$) la mayor proporción de agregados (8,20) de diámetro intermedio (1-0,5 mm) (Tabla 4.4.2.12.). Las demás secciones de la pendiente, sin diferencias significativas entre ellas, muestran la menor proporción de agregados estables al agua (Figura 4.4.2.36.).

La mayor proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro se presenta en la loma plana (16,79) y alta (18,53) sin diferencia significativa ($p>0,05$) (Figura 4.4.2.36.). La loma media y baja muestran ($p>0,05$) la menor proporción de estos agregados (11,4 y 9,78) (Tabla 4.4.2.12.).

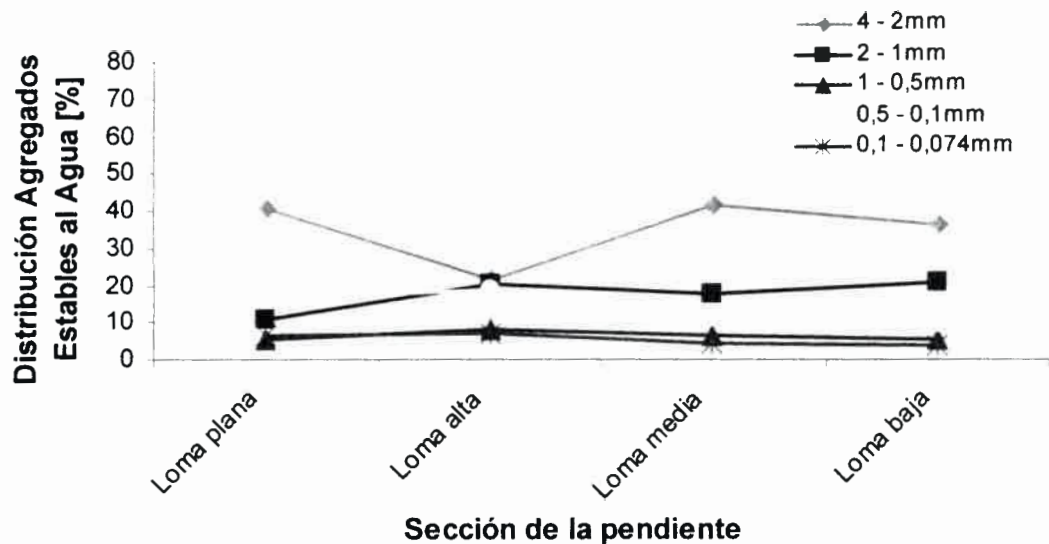


Figura 4.4.2.36. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 2000, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm de diámetro) estables al agua se muestra en mayor proporción en la loma alta (7,19) y en la loma plana (6,60) sin diferencias significativas ($p>0,05$). La menor proporción de estos agregados se presenta en la loma media (4,30) y loma baja (3,81) ($p>0,05$) (Figura 4.4.2.36.).

➤ Evaluación en el año 2001

En la Tabla 4.4.2.13. se presenta la distribución media de agregados estables al agua (AEA) y el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial evaluados en el año 2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El horizonte superficial de la loma media muestra significativamente ($p<0,05$) el nivel más alto de diámetro medio ponderado (2,17) respecto a las demás secciones de la pendiente en el año 2001 (Tabla 4.4.2.13.). La loma baja presenta también un alto DMP (1,96) aunque por debajo del máximo

encontrado. La loma alta presenta ($p < 0,05$) el diámetro medio ponderado más bajo (1,55) de la pendiente (Figura 4.4.2.37.).

Tabla 4.4.2.13. Distribución media de agregados estables al agua y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
Loma plana	37,21 c	12,80 b	5,75 a	18,29 bc	5,76 b	1,71 b
Loma alta	27,31 a	14,43 c	8,29 b	19,23 c	9,19 c	1,55 a
Loma media	33,39 b	10,64 a	7,07 ab	16,92 b	4,60 ab	2,17 d
Loma baja	38,86 c	14,64 c	6,33 ab	8,78 a	2,81 a	1,96 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La proporción de agregados más grandes (4-2 mm de diámetro) predomina en la loma plana (37,21) y loma baja (38,86) no existiendo diferencias significativas entre los valores ($p > 0,05$) (Figura 4.4.2.38.). La loma alta presenta significativamente ($p < 0,05$) la menor proporción de agregados de este diámetro (27,31), mientras que la loma media una distribución intermedia de agregados estables al agua (33,39).

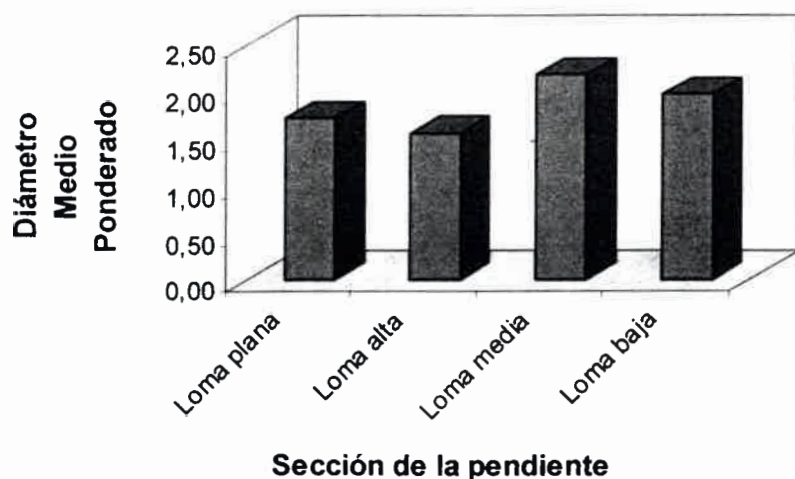


Figura 4.4.2.37. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La menor proporción de agregados de 2 a 1 mm de diámetro la presenta significativamente ($p < 0,05$) la loma media (10,64), mientras que la loma alta (14,43) y baja (14,64) muestran ($p > 0,05$) los niveles más altos. En la loma plana (12,80) se encuentra un nivel intermedio de AEA (Figura 4.4.2.38.).

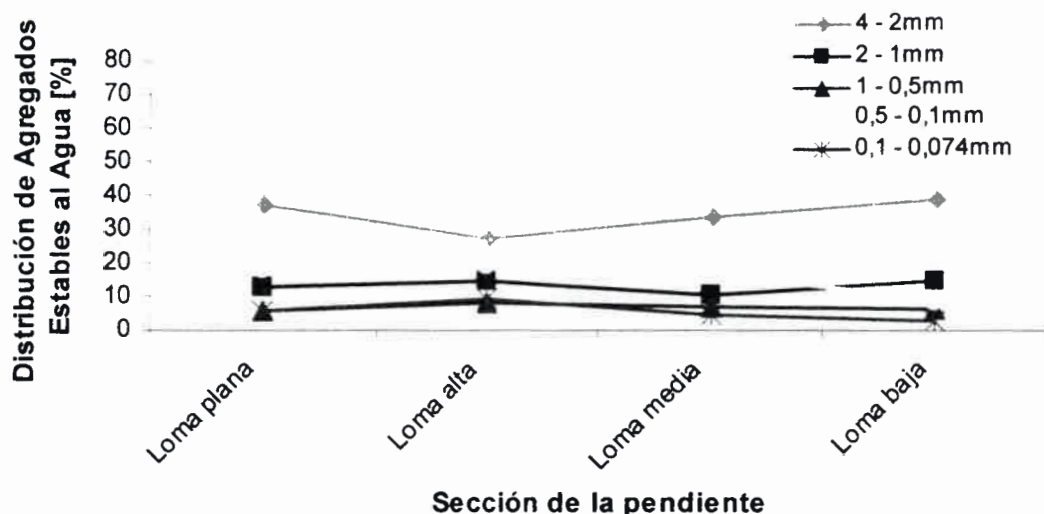


Figura 4.4.2.38. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La distribución de agregados de diámetro intermedio (1-0,5 mm) es significativamente ($p < 0,05$) mayor en la loma alta (8,29) y el menor valor lo presenta la loma plana (5,75) (Figura 4.4.2.38.). Las demás secciones de la pendiente muestran una proporción de AEA con valores intermedios (7,07 y 6,33) e igual nivel de significación ($p > 0,05$).

La proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro es significativamente mayor en la loma alta (19,23) (Figura 4.4.2.38.). Sin embargo, la loma plana muestra un valor alto de AEA (18,29) aunque inferior al máximo mencionado. La loma baja muestra la menor proporción de estos agregados (8,78) ($p < 0,05$), (Tabla 4.4.13.).

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm de diámetro) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en mayor proporción en la loma alta (9,19). La menor proporción de estos agregados y con diferencias significativas ($p > 0,05$) la muestra la loma baja (2,81) (Figura 4.4.2.38.). En la loma plana y

media se aprecia un nivel intermedio de AEA de este tamaño (5,76 y 4,60) y sin diferencias significativas entre las secciones.

➤ **Evaluación en el año 2002**

En la Tabla 4.4.2.14. se presenta la distribución media de agregados estables al agua (AEA) y el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial evaluados en el año 2002 en las secciones de la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.2.14. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) y diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Distribución de agregados estables al agua [%]					Diámetro medio ponderado
	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,1 mm	0,1 - 0,074 mm	
Loma plana	46,65 c	12,82 b	5,98 a	13,48 a	6,94 b	1,85 d
Loma alta	34,26 a	18,73 d	7,28 a	16,45 b	5,39 ab	1,64 a
Loma media	43,39 b	8,64 a	6,99 a	16,01 b	6,05 b	1,79 c
Loma baja	43,27 b	15,44 c	6,91 a	19,50 c	3,43 a	1,73 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La loma plana muestra en el horizonte superficial el nivel más alto de diámetro medio ponderado (1,85) de todas las secciones ($p < 0,05$) (Tabla 4.4.2.14.).

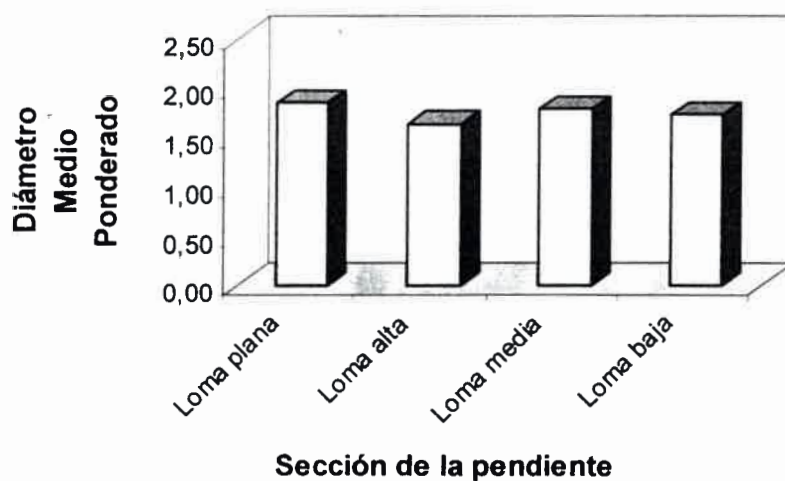


Figura 4.4.2.39. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La loma alta presenta significativamente ($p < 0,05$) el diámetro medio ponderado más bajo (1,64). La loma media (1,79) y baja (1,73) muestran un nivel intermedio en la proporción de agregados ($p < 0,05$).

En la loma plana predomina significativamente la proporción de agregados más grandes (4-2 mm) con un valor de 46,65, mientras que la loma alta ($p < 0,05$) la menor proporción de agregados (34,26) más grandes (Figura 4.4.2.40.). La loma media (43,39) y baja (43,27) muestran un nivel alto de AEA de este tamaño ($p > 0,05$) aunque inferior al nivel máximo encontrado.

La mayor proporción de agregados de 2 a 1 mm de diámetro se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma alta (18,73). La loma media muestra ($p > 0,05$) la menor distribución de este tamaño de agregado (8,64). La loma plana (12,82) y baja (15,44) presentan una proporción intermedia de AEA con un nivel de significación diferente (Figura 4.4.2.40.).

La proporción de agregados de diámetro intermedio (1-0,5 mm) en este período no presenta diferencias estadísticas significativas en las diferentes secciones de la pendiente (Tabla 4.4.2.14. y Figura 4.4.2.40.).

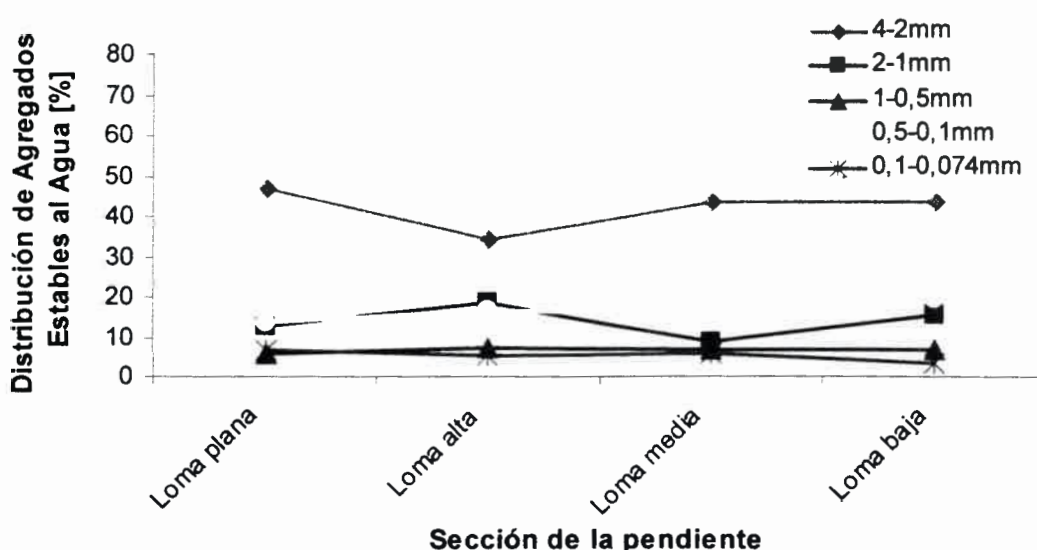


Figura 4.4.2.40. Distribución media de agregados estables al agua (AEA) del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La mayor proporción de agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro la presenta significativamente ($p>0,05$) la loma baja (19,50). La loma plana muestra la menor proporción (13,48) de estos agregados ($p>0,05$). Una proporción intermedia de agregados estables al agua de este tamaño se encuentra en la loma alta (16,45) y media (16,01) (Figura 4.4.2.40.).

La distribución de microagregados (0,1 a 0,074 mm de diámetro) se presenta ($p<0,05$) en mayor proporción en la loma plana (6,94) y en la loma media con un nivel inferior (6,05) al señalado y sin diferencias significativas entre sección (Tabla 4.4.2.14.). La menor proporción ($p<0,05$) de estos agregados (Figura 4.4.2.40.) la muestra la loma baja (3,43), mientras que la loma alta (5,39) una proporción intermedia.

En la Figura 4.4.2.41. se presenta el diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en las diferentes secciones de la pendiente Pozo del Carril considerando los 4 años evaluados.

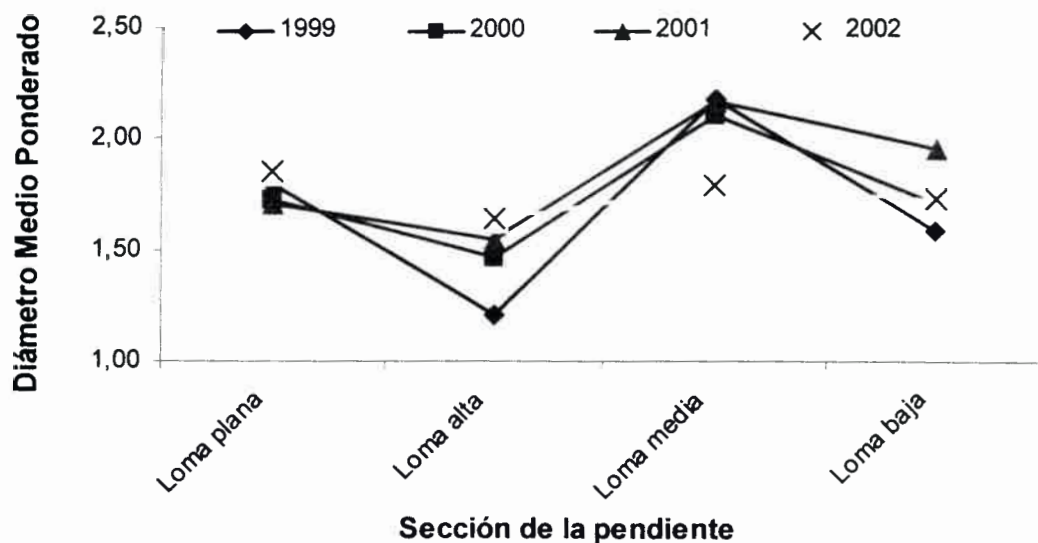


Figura 4.4.2.41. Diámetro medio ponderado (DMP) del horizonte superficial en el período 1999 - 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.4.2.2.4. Velocidad de Infiltración

En la Tabla 4.4.2.15. se presenta la velocidad de infiltración básica (K_b) del horizonte superficial evaluada en el período 1999-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.2.15. Velocidad de infiltración básica (K_b) evaluada en el período 1999-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la Pendiente	Velocidad de infiltración básica [cm h^{-1}]		
	2000	2001	2002
Loma plana	2,29 b	2,18 b	2,06 c
Loma alta	2,32 c	2,21 c	2,09 c
Loma media	2,30 b	2,20 c	2,01 b
Loma baja	2,27 a	2,16 a	1,93 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La velocidad de infiltración básica muestra en el año 2000 diferencias significativas ($p < 0,05$) en las secciones de la pendiente, presentando la loma baja el menor (2,27). La loma alta muestra significativamente ($p < 0,05$) el valor más alto (2,30). En la loma plana (2,29) y media (2,30) se observa un valor intermedio de infiltración (K_b) y sin diferencias significativas entre las secciones de la pendiente (Figura 4.4.2.42.).

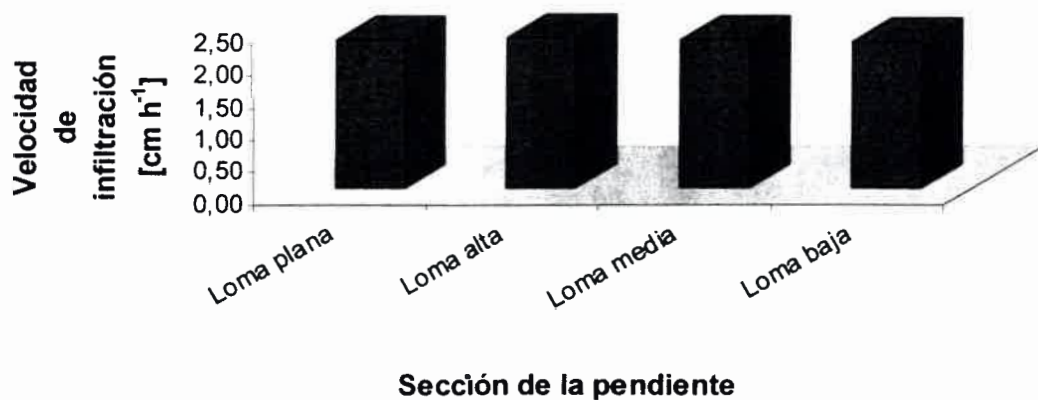
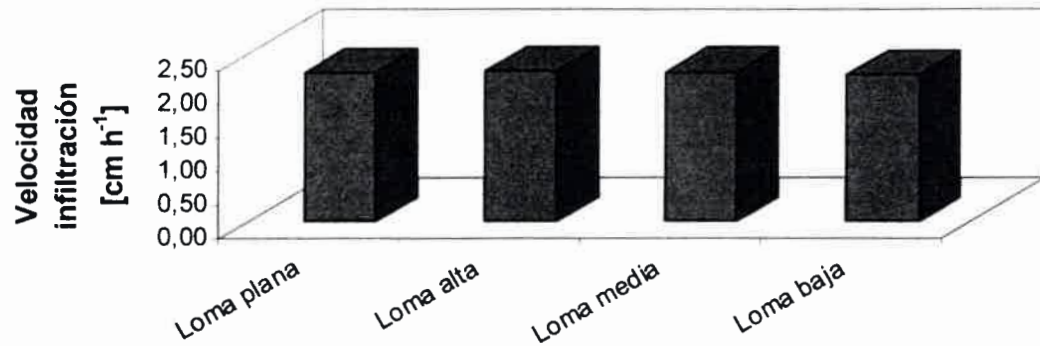


Figura 4.4.2.42. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2000 en las diferentes secciones de la Pendiente El Vertedero.

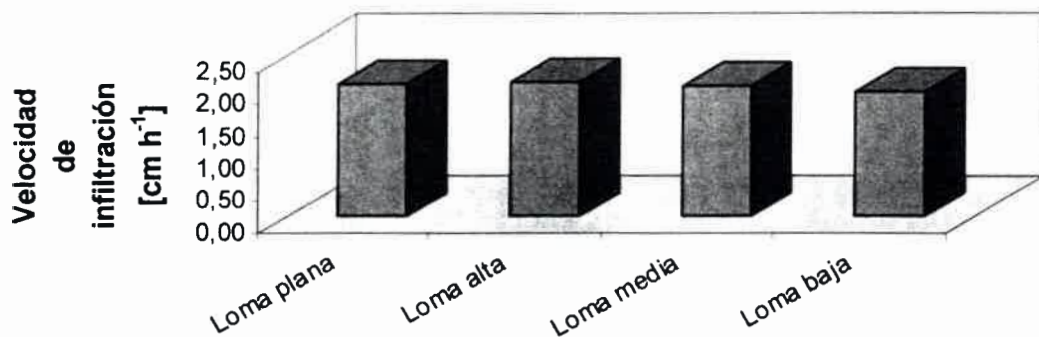
En el año 2001 la velocidad de infiltración básica (K_b) presenta significativamente en la loma baja el menor nivel (2,16) (Tabla 4.4.2.15.). La loma alta (2,21) y media (2,20) muestran ($p>0,05$) el valor más alto de infiltración. En la loma plana (2,18) se observa un valor intermedio de K_b (Figura 4.4.2.43.).



Sección de la pendiente

Figura 4.4.2.43. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2001 en las diferentes secciones de la Pendiente El Vertedero.

La velocidad de infiltración básica (K_b) en el año 2002 (Tabla 4.4.2.15.) muestra significativamente en la loma baja el nivel más bajo (1,93). La loma plana (2,06) y media (2,09) presentan el valor más alto de infiltración. La loma media muestra un valor intermedio de K_b (Figura 4.4.2.44.).



Sección de la pendiente

Figura 4.4.2.44. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2002 en las diferentes secciones de la Pendiente El Vertedero.

En la Figura 4.4.2.45 se muestra la velocidad de infiltración básica (K_b) a través del periodo evaluado (2000-2002) en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

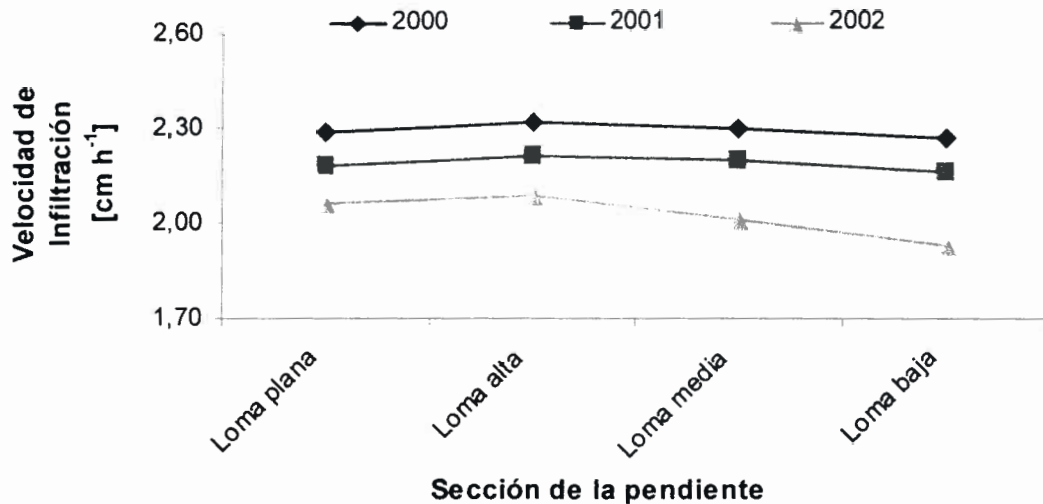


Figura 4.4.2.45. Velocidad de infiltración básica (K_b) en el período 2000-2002 en las diferentes secciones de la Pendiente El Vertedero.

4.4.2.5. Resistencia mecánica

➤ Evaluación en el año 2001

En la Tabla 4.4.2.16. se presenta la resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2001, en la pendiente El Vertedero.

Tabla 4.4.2.16. Resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Resistencia mecánica [Mpa] en surco	Resistencia mecánica [Mpa] entre surco
Loma plana	4,31 a	4,20 a
Loma alta	4,11 a	4,35 a
Loma media	5,05 b	5,11 b
Loma baja	6,73 c	6,96 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La resistencia mecánica (RM) en el surco muestra diferencias significativas en la sección de la pendiente, presentando la loma baja el mayor nivel (6,73). La loma plana (4,31) y alta (4,11) presentan, sin diferencias significativas ($p > 0,05$), los valores más bajos de RM. En la loma media se observa un nivel intermedio de RM (5,05) (Figura 4.4.2.46.).

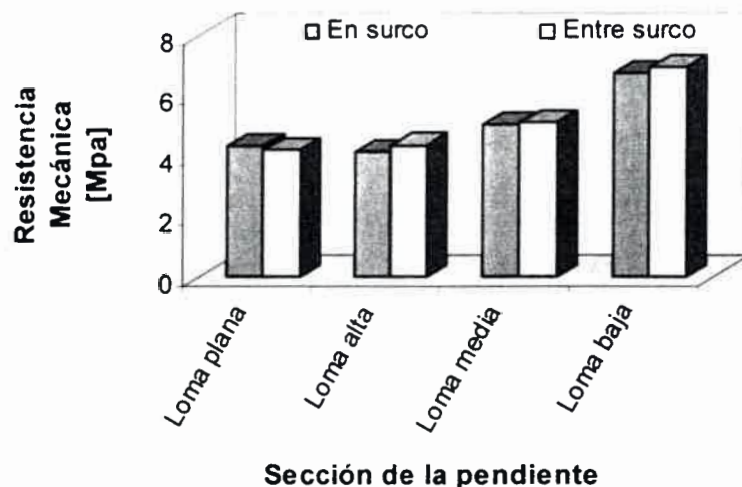


Figura 4.4.2.46. Resistencia mecánica (RM) en surco y entre surco, período 2001, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La resistencia mecánica (RM) entre surco muestra significativamente ($p < 0,05$) en la loma baja el mayor nivel (6,96). La loma plana (4,20) y alta (4,35) presentan los valores más bajos de RM ($p > 0,05$). En la loma media se observa ($p < 0,05$) un nivel intermedio de RM entre surco en la pendiente (Figura 4.4.2.46.).

➤ Evaluación año 2002

En la Tabla 4.4.2.17. se presenta la resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La resistencia mecánica (RM) en el surco en el período 2002 presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma baja el mayor nivel (6,73), mientras que

el menor valor ($p < 0,05$) en la loma alta (3,97) (Tabla 4.4.2.17.). La loma media (4,68) con diferencia estadística muestra un nivel intermedio de RM en el surco. La loma baja muestra significativamente ($p < 0,05$) el mayor nivel (7,32) de resistencia mecánica (RM) entre surco de la pendiente en el período. La loma plana (4,30) presenta ($p < 0,05$) el menor valor de resistencia mecánica (Figura 4.4.2.47.).

Tabla 4.4.2.17. Resistencia mecánica en surco y entre surco del horizonte superficial en el año 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Sección de la pendiente	Resistencia mecánica [Mpa] en surco	Resistencia mecánica [Mpa] entre surco
Loma plana	4,68 b	4,30 a
Loma alta	3,97 a	4,84 b
Loma media	5,27 c	4,77 b
Loma baja	6,73 d	7,32 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

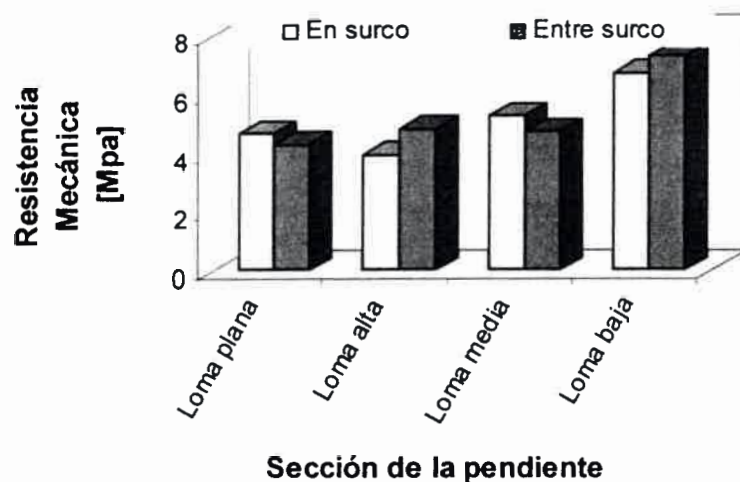


Figura 4.4.2.47. Resistencia mecánica (RM) en el surco y entre surco, período 2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

En la Figura 4.4.2.48. se muestra la resistencia mecánica en el surco y entre surco en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el período 2001 y 2002.

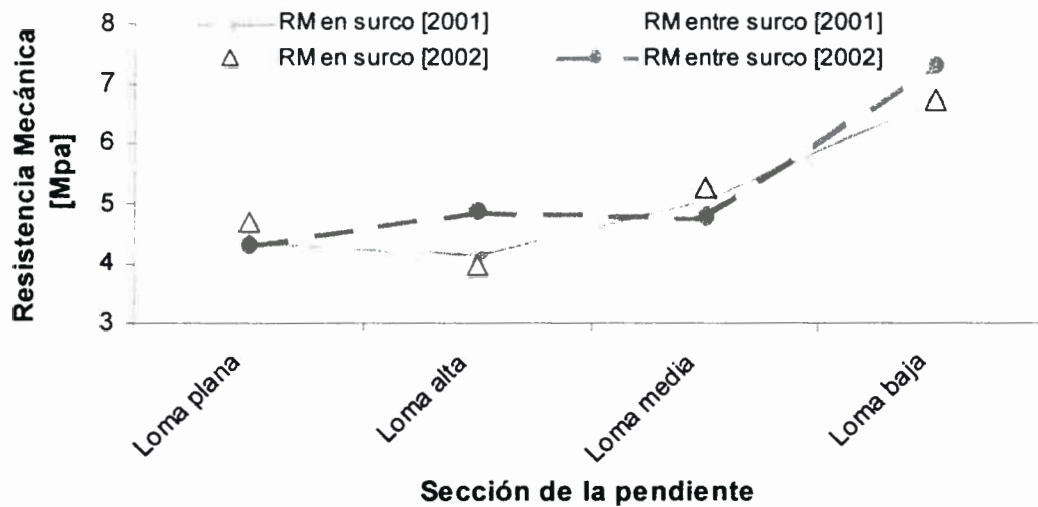


Figura 4.4.2.48. Resistencia mecánica (RM) en el surco y entre surco en el período 2001-2002, en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

62715



TESIS DOCTORAL

T.441 v.2

**EVALUACION DEL PROCESO DE DEGRADACION
DE SUELOS POR EROSION HIDRICA
EN UNA SUBCUENCA REPRESENTATIVA
DE LA REGION PEDEMONTANA
DEL SUROESTE DE LA PROVINCIA DE
CORDOBA, ARGENTINA**

TOMO II

Autor Analía R. Becker
Director Dr. Mario P. Cantú



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO QUÍMICAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

2006

INDICE

TOMO I



RESUMEN	1
ABSTRACT	3
CAPITULO 1. INTRODUCCION	5
1.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA DEGRADACION DE SUELOS POR EROSION HIDRICA	6
1.2. REVISION DE LAS METODOLOGIAS DE EVALUACION DEL PROCESO DE EROSION HIDRICA	15
1.3. HIPOTESIS	27
1.4. OBJETIVOS	27
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	27
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	28
CAPITULO 2. MATERIALES	29
2.1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO	30
2.2. CLIMA	32
2.3. VEGETACION	34
2.4. GEOLOGIA	37
2.4.1. BASAMENTO PRECAMBRICO-PALEOZOICO	37
2.4.2. CUATERNARIO	39
2.4.2.1. Pleistoceno	39
2.4.2.2. Pleistoceno-Holoceno	44
2.4.2.3. Holoceno	45
2.5. ESTRUCTURA	48
2.5.1. ESTRUCTURA REGIONAL	48
2.5.2. ESTRUCTURA LOCAL	50

05379

62715

MFN:
Clasif:
T.441
v.2

2.6. GEOMORFOLOGIA	53
2.6.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	53
2.6.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL	55
2.7. SUELO	60
2.8. USO DE LA TIERRA	62
2.9. SITIOS EXPERIMENTALES	64
2.9.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	65
2.9.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	68
CAPITULO 3. METODOLOGIAS	71
3.1. CARACTERIZACION CLIMATICA	72
3.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL	78
3.3. CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA	79
3.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	80
3.4.1. DESCRIPCION DE LOS SUELOS	80
3.4.2. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS, FISICO-QUIMICAS Y FISICAS DE LOS SUELOS	80
3.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	84
3.5.1. CARACTERIZACION DE LOS SEDIMENTOS	87
3.5.2. ESTIMACION DE LA TASA DE ENRIQUECIMIENTO	88
3.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y ESCURRIMIENTO	88
3.6.1. COMPONENTES DEL MODELO WEPP PARA PENDIENTES	91
3.6.2. ARCHIVOS DE ENTRADA DE DATOS	98
3.6.2.1. <i>Entrada de datos climáticos</i>	98
3.6.2.2. <i>Entrada de datos de pendiente</i>	111
3.6.2.3. <i>Entrada de datos de suelo</i>	115
3.6.2.4. <i>Entrada de datos de plantas y manejo</i>	124

3.6.3. APLICACION DEL MODELO WEPP	146
3.7. ANALISIS ESTADISTICO	148
CAPITULO 4. RESULTADOS	151
4.1. CARACTERIZACION CLIMATICA	152
4.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL.....	187
4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	187
4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	196
4.3. GEOMORFOLOGIA	200
4.3.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	200
4.3.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	203
4.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	206
4.4.1. CARACTERIZACION DE LOS PERFILES DE SUELO ..	206
4.4.1.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	206
4.4.1.2. PENDIENTE EL VERTEDERO.....	217
4.4.2. CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL HORIZONTE SUPERFICIAL.....	223
4.4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	223
4.4.2.1.1. <i>Carbono orgánico</i>	223
4.4.2.1.2. <i>Densidad aparente</i>	226
4.4.2.1.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	229
4.4.2.1.4. <i>Velocidad de infiltración</i>	240
4.4.2.1.5. <i>Resistencia mecánica</i>	243
4.4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO.....	247
4.4.2.2.1. <i>Carbono orgánico</i>	247
4.4.2.2.2. <i>Densidad aparente</i>	250
4.4.2.2.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	253

4.4.2.2.4. <i>Velocidad de infiltración</i>	263
4.4.2.2.5. <i>Resistencia mecánica</i>	265

TOMO II

4.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO .	269
4.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	269
4.5.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	269
4.5.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	278
4.5.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	287
4.5.1.4. <i>Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento</i>	295
4.5.1.5. <i>Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y propiedades evaluadas</i>	296
4.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	311
4.5.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	311
4.5.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	318
4.5.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	325
4.5.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	332
4.5.2.5. <i>Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento</i>	339
4.5.2.6. <i>Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y las propiedades evaluadas</i>	340
4.5.3. COMPARACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO ENTRE SITUACIONES SIMILARES DE LAS PENDIENTES	345
4.6. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION HIDRICA LAMINAR.	348
4.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	348
4.6.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	348
4.6.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	361

4.6.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	374
4.6.1.4. <i>Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión</i> ..	387
4.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	392
4.6.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	392
4.6.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	401
4.6.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	411
4.6.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	421
4.6.2.5. <i>Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión</i> ..	430
4.7. TASA DE ENRIQUECIMIENTO	433
4.7.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	433
4.7.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	433
4.7.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	440
4.7.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	446
4.7.1.4. <i>Evaluación del período 2000-2003</i>	452
4.7.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	454
4.7.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	454
4.7.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	459
4.7.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	464
4.7.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	469
4.7.2.5. <i>Evaluación del período 1999-2003</i>	474
4.8. BASE DE DATOS MODELO WEPP Y ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	476
4.8.1. BASE DE DATOS MODELO WEPP	476
4.8.1.1. <i>Base de datos climática</i>	476

4.8.1.2. Base de datos de pendiente	476
4.8.1.3. Base de datos de suelo	477
4.8.1.4. Base de datos de manejo y de plantas	477
4.8.2. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	475
4.8.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	478
4.8.2.1.1. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_e del suelo calculadas por el Wepp	478
4.8.2.1.2. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_b del suelo estimadas por ecuaciones	487
4.8.2.1.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r y τ_c del suelo calculadas por el WEPP y la velocidad de infiltración básica a campo	496
4.8.2.1.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo WEPP	505
4.8.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	524
4.8.2.2.1. Estimación de pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_e del suelo calculados por WEPP	524
4.8.2.2.2. Estimación de pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_b del suelo estimados por ecuaciones	535
4.8.2.2.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c del suelo calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica a campo	546
4.8.2.2.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo WEPP	557

TOMO III

CAPITULO 5. DISCUSION	566
5.1. CLIMA	567
5.2. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	571
5.3. PROPIEDADES DE LOS HORIZONTES SUPERFICIALES	574
5.3.1. Carbono orgánico	574
5.3.2. Densidad aparente	577
5.3.3. Resistencia mecánica	580
5.3.4. Estabilidad de agregados	584
5.3.5. Velocidad de infiltración	592
5.4. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO .	597
5.4.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	597
5.4.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001	597
5.4.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002	606
5.4.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003	614
5.4.1.4. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento	624
5.4.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	625
5.4.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000	625
5.4.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001	628
5.4.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002	631
5.4.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003	634
5.4.2.5. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento	637
5.5. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION Y TASA DE ENRIQUECIMIENTO	638
5.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	639
5.5.1.1. Evaluación en el ciclo 2001-2001	639

5.5.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	646
5.5.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	651
5.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	658
5.5.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	658
5.5.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	660
5.5.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	662
5.5.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	663
5.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	664
5.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	665
5.6.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	665
5.6.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	668
5.6.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	671
5.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	675
5.6.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	675
5.6.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	676
5.6.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	679
5.6.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	680
CAPITULO 6. CONCLUSIONES	684
CAPITULO 7. BIBLIOGRAFIA	697
APENDICE 1	734
APENDICE 2	758

4.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO

A continuación se presentan las pérdidas de suelo y los volúmenes escurridos por erosión hídrica laminar, evaluadas a través de la medición directa por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril (período 2000-2003) y en las secciones que componen la pendiente El Vertedero (período 1999-2003), respectivamente. Por otra parte, se presenta la relación existente entre la pérdida de suelo y el escurrimiento con las propiedades evaluadas en ambas pendientes. Además, la comparación de la pérdida y el escurrimiento entre situaciones similares de las pendientes.

4.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

4.5.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por eventos y el total de la misma en los diferentes tratamientos sobre la pendiente para el ciclo 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.5.1. y en la Figura 4.5.1.

Tabla 4.5.1. Pérdida media de suelo por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
SD/CF/SP	0,04 a	0,03 a	0,01 a	0,02 a	0,10 a
SD/SF/SP	0,08 b	0,19 d	0,07 e	0,05 c	0,39 e
SD/CF/CP	0,10 b	0,07 b	0,05 d	0,06 cd	0,28 d
SD/SF/CP	0,25 e	0,08 b	0,05 d	0,04 b	0,42 f
LR/CF/SP	0,09 b	0,02 a	0,01 a	0,02 a	0,14 b
LR/SF/SP	0,17 d	0,08 b	0,09 f	0,02 a	0,36 e
LR/CF/CP	0,08 b	0,03 a	0,02 b	0,01 a	0,14 b
LR/SF/CP	0,09 b	0,08 b	0,04 c	0,03 ab	0,24 c
LC/CF/SP	0,35 f	0,07 b	0,04 c	0,04 b	0,50 g
LC/SF/SP	0,26 e	0,38 e	0,04 c	0,55 e	1,23 i
LC/CF/CP	0,13 c	0,03 a	0,02 b	0,04 b	0,22 c
LC/SF/CP	0,34 f	0,15 c	0,09 f	0,07 d	0,65 h

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2000-2001 la pérdida media de suelo por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos difiere significativamente ($p < 0,05$) (Tabla 4.5.1.). La siembra directa, fertilizada y no pastoreada (SD/CF/SP) presenta (Figura 4.5.1.) una pérdida media total de suelo (0,10) significativamente menor ($p < 0,05$), aunque le sigue con valores muy próximos la labranza reducida con fertilización en la cual los valores de pérdida (0,14) son iguales ($p > 0,05$). La mayor pérdida media total de suelo en el ciclo la muestra significativamente ($p < 0,05$) la labranza convencional sin fertilización y sin pastoreo (1,23). Por otra parte, se observa un conjunto de valores intermedios de pérdida de suelo constituido por la SD sin fertilización (0,39-0,42), LR/SF/SP (0,36), LC/CF/SP (0,50) y LC/SF/CP (0,65) con diferencia significativa entre ellas ($p < 0,05$).

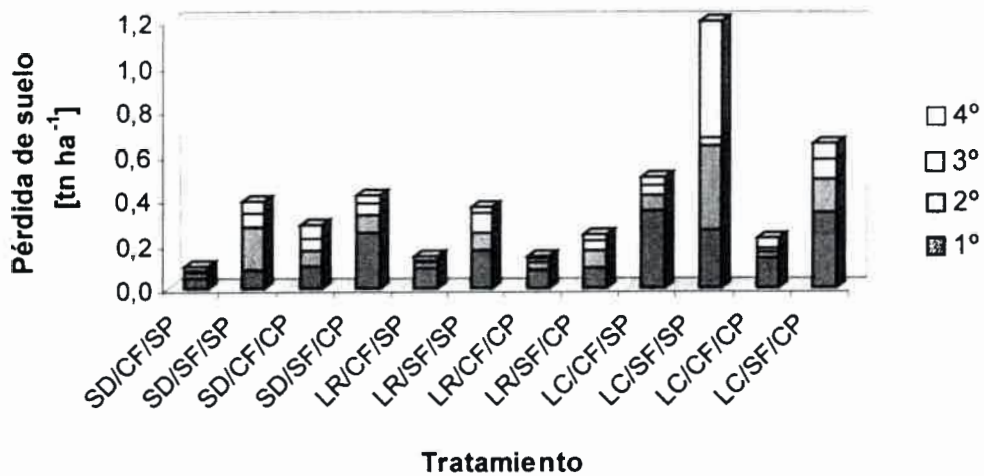


Figura 4.5.1. Pérdida media total de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

En el primer evento del ciclo 2000-2001 (Figura 4.5.2.), la SD/CF/SP presenta significativamente ($p < 0,05$) la menor pérdida de suelo (0,04), mientras que las mayores pérdidas de este evento se muestran en la LC/CF/SP (0,35) y LC/SF/CP (0,34) sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). Se encuentra un conjunto de valores intermedios de pérdida constituido por la SD/SF/SP (0,08), SD/CF/CP (0,10), LR/CF/SP (0,09), LR/CF/CP (0,08); LR/SF/CP (0,09) sin diferencias significativas y la LC/CF/CP (0,13) ($p < 0,05$).

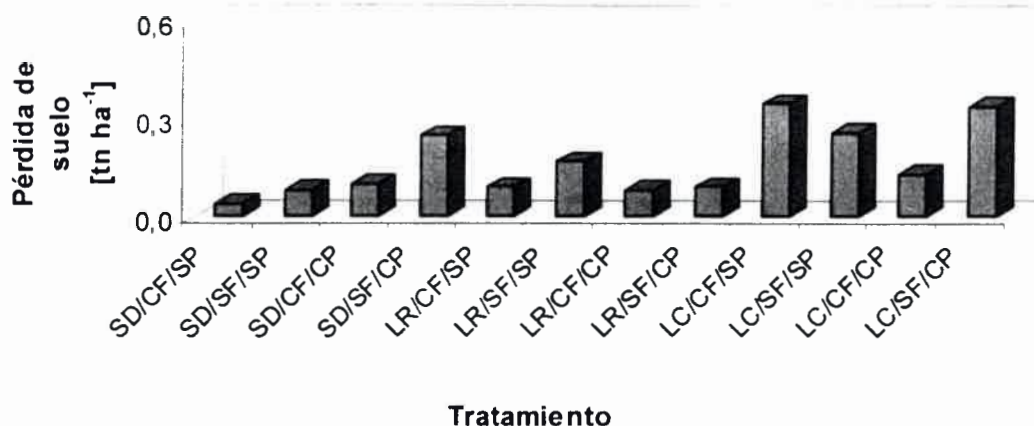


Figura 4.5.2. Pérdida media de suelo en el primer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el segundo evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.1.), la menor pérdida de suelo la presenta la SD/CF/SP (0,03), LR/CF/SP (0,02), LR/CF/CP (0,03) y la LC/CF/CP (0,03) las cuales no muestran diferencias significativas entre sí. Luego se encuentra un conjunto de valores ($p > 0,05$) con niveles ligeramente superiores a los mínimos mencionados, conformados por la SD con pastoreo (0,07-0,08), LR sin fertilización (0,08) y la LC/CF/SP (0,07) (Figura 4.5.3). La mayor pérdida del segundo evento se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la LC/SF/SP (0,38). La SD/SF/SP (0,19) y la LC/SF/CP (0,15) presentan valores intermedios de pérdida de suelo ($p < 0,05$).

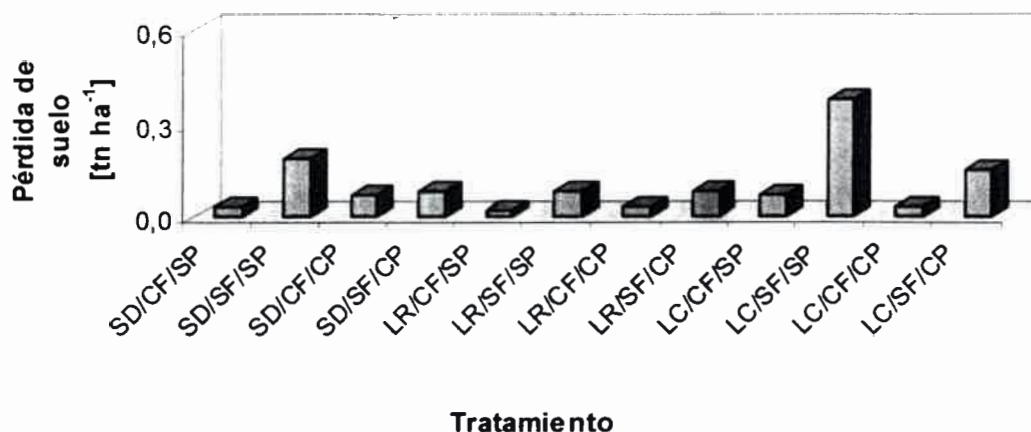


Figura 4.5.3. Pérdida media de suelo en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el tercer evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.1.) la menor pérdida de suelo la presenta la SD/CF/SP (0,01), LR/CF/SP (0,01), LR/CF/CP (0,02) y la LC/CF/CP (0,02) sin diferencias significativas entre sí. Con valores ligeramente superiores a los mínimos encontrados ($p > 0,05$) se muestran la SD con pastoreo (0,05) y LR/SF/CP (0,05) sin diferencia significativa de los valores medios, y la LC sin pastoreo (0,04) ($p < 0,05$). Las mayores pérdidas se presentan en la LR/SF/SP y LC/SF/CP con igual nivel (0,09) y sin diferencia estadística, y la SD/SF/SP (0,07) con un valor inferior ($p < 0,05$) (Figura 4.5.4.).

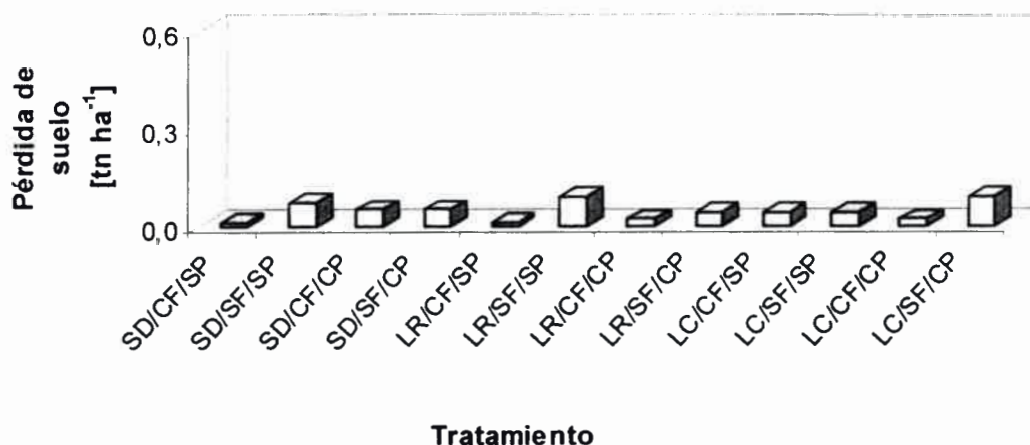


Figura 4.5.4. Pérdida media de suelo en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el cuarto evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.1.), la menor pérdida de suelo se presenta en la SD/CF/SP (0,02) y en la LR con y sin pastoreo (0,01-0,03) sin diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$). Luego con niveles ligeramente superiores a los mínimos mencionados (Figura 4.5.5.) se encuentra un conjunto de valores conformado por la SD sin fertilización (0,05-0,04) ($p < 0,05$) y la LC con fertilización (0,04) ($p > 0,05$). La mayor pérdida se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la LC/SF/SP (0,55).

En la Figura 4.5.6, se presenta la pérdida media total y a nivel de evento en el ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

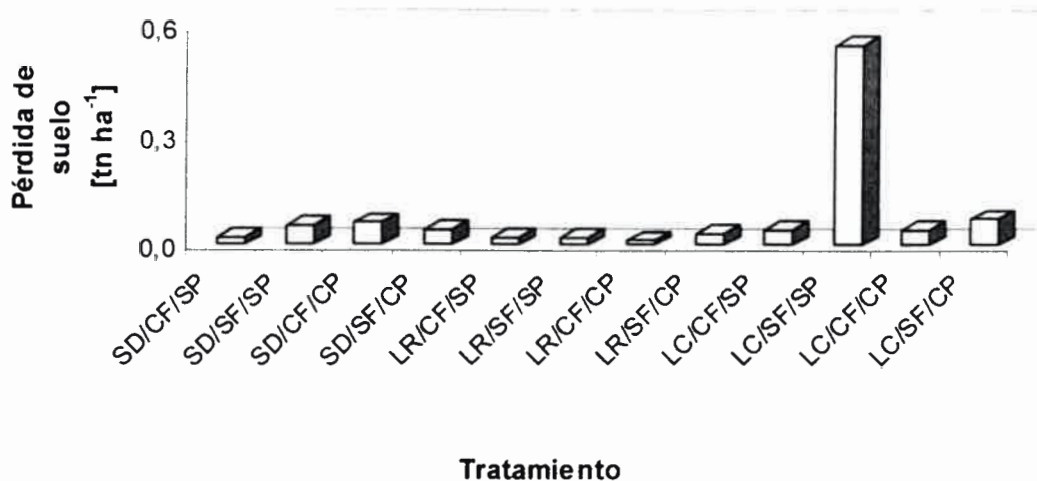


Figura 4.5.5. Pérdida media de suelo en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

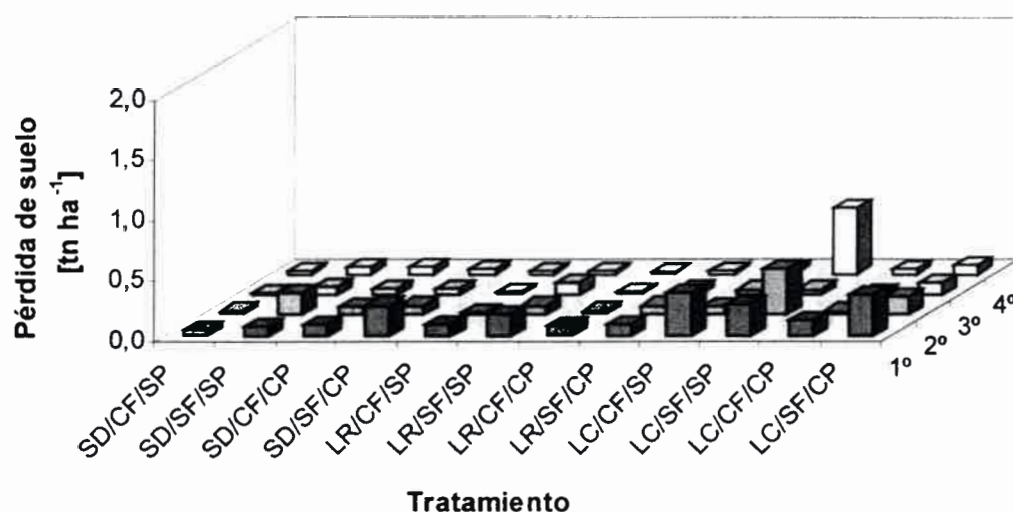


Figura 4.5.6. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por eventos y el total del mismo en los diferentes tratamientos sobre la pendiente para el ciclo 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.5.2. y en la Figura 4.5.7.

Tabla 4.5.2. Esgurrimiento medio por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Esgurrimiento [$m^3 ha^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	3,60 a	11,20 d	2,30 a	3,23 a	20,33 c
SD/SF/SP	3,00 a	15,60 ef	8,30 b	7,75 d	34,65 d
SD/CF/CP	16,90 ef	20,30 h	8,98 b	11,30 e	57,48 g
SD/SF/CP	14,53 cd	8,90 c	11,30 c	7,50 d	42,23 e
LR/CF/SP	2,20 a	2,80 a	2,23 a	4,20 ab	11,43 a
LR/SF/SP	7,85 b	7,73 c	14,50 de	4,55 ab	34,63 d
LR/CF/CP	2,50 a	4,80 b	2,93 a	5,48 bc	15,71 b
LR/SF/CP	6,50 b	14,58 e	15,95 e	5,18 bc	42,21 e
LC/CF/SP	15,75 de	8,18 c	14,22 d	13,18 f	51,33 f
LC/SF/SP	17,15 ef	15,95 ef	20,70 g	16,40 g	72,20 i
LC/CF/CP	17,90 f	18,70 g	18,25 f	6,65 cd	61,50 h
LC/SF/CP	13,73 c	16,33 f	14,70 de	11,80 ef	56,56 g

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2000-2001 el esgurrimiento medio por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos difiere significativamente ($p < 0,05$) (Tabla 4.5.2.). La labranza reducida con fertilización presenta un esgurrimiento medio total (11,43-15,71) significativamente menor, aunque con un nivel ligeramente superior continúa la SD/CF/SP (20,33) ($p < 0,05$).

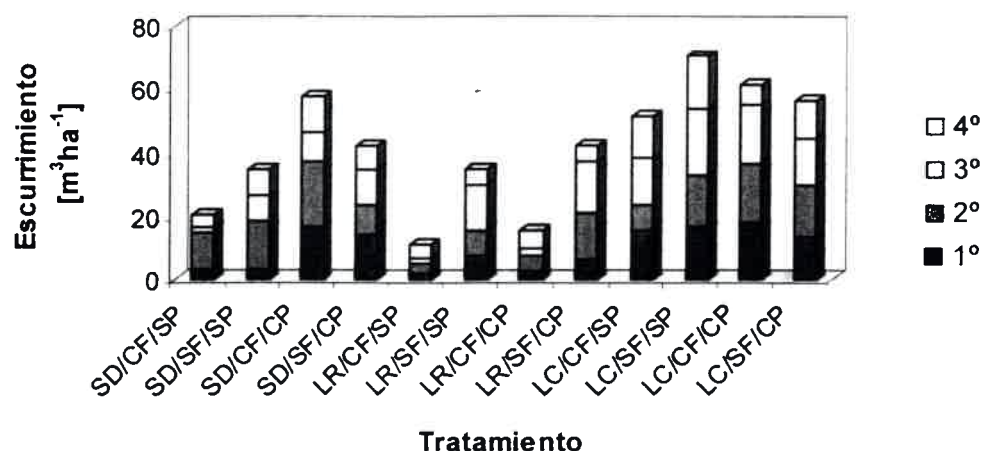


Figura 4.5.7. Esgurrimiento medio total por evento, en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

El mayor escurrimiento medio total en el ciclo lo muestra significativamente ($p < 0,05$) la labranza convencional sin fertilización y sin pastoreo (72,20), sin embargo con valores altos aunque inferiores al máximo mencionado, se presentan la LC con pastoreo (61,50-56,56), LC/CF/SP (51,33) y la SD/CF/CP (57,48). Por otra parte, se observa un conjunto de valores de escurrimiento con niveles intermedios, constituido por la SD/SF/SP (34,65) y LR/SF/SP (34,63) sin diferencia significativa entre ellas y con los niveles más bajos; y por otro lado, la SD/SF/CP (42,23) y LR/SF/CP (42,21) con los niveles más altos ($p > 0,05$) (Figura 4.5.7).

En el primer evento del ciclo 2000-2001 (Figura 4.5.8.), la LR con fertilización (2,20-2,50) y la SD sin pastoreo (3,60-3,00) presentan el menor escurrimiento y sin diferencia significativa entre sí ($p < 0,05$). Los mayores escurrimientos de este evento se muestran en la SD/CF/CP (16,90), LC/CF/CP (17,90), LC/SF/SP (17,15) y LC/CF/SP (15,75) ($p > 0,05$). La LR/SF/CP (6,50) y LR/SF/SP (7,85) presentan valores intermedios sin diferencias significativas ($p < 0,05$). La SD/SF/CP (14,53) y LC/SF/CP (13,73) tienen niveles altos de escurrimiento aunque inferior a los máximos encontrados ($p > 0,05$).

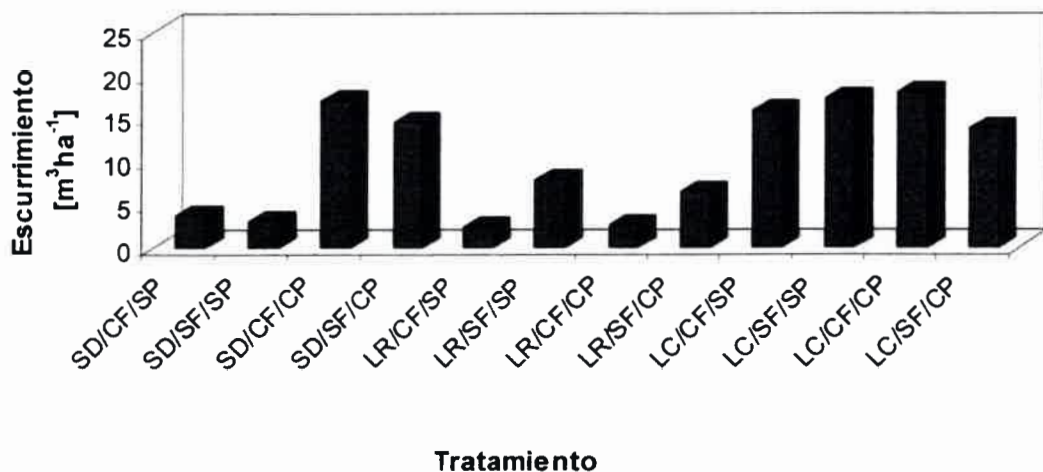


Figura 4.5.8. Escurrimiento medio en el primer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el segundo evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.2.), el menor escurrimiento con diferencia significativa lo presenta la LR con fertilización

(2,80-4,80), mientras que significativamente la SD/CF/CP (20,30) muestra el mayor escurrimiento. (Figura 4.5.9.). En relación al máximo nivel encontrado se encuentra un conjunto de valores ($p > 0,05$) con niveles altos aunque ligeramente inferiores conformado por la LC con pastoreo (18,70-16,33), LC/SF/SP (15,25) y la SD/SF/SP (15,60). La SD/SF/CP (8,90), LC/CF/SP (8,18), LR/SF/SP (7,73) sin diferencia significativa entre ellos y la SD/CF/SP (11,20) ($p < 0,05$) presentan niveles intermedios de escurrimiento (Figura 4.5.9.).

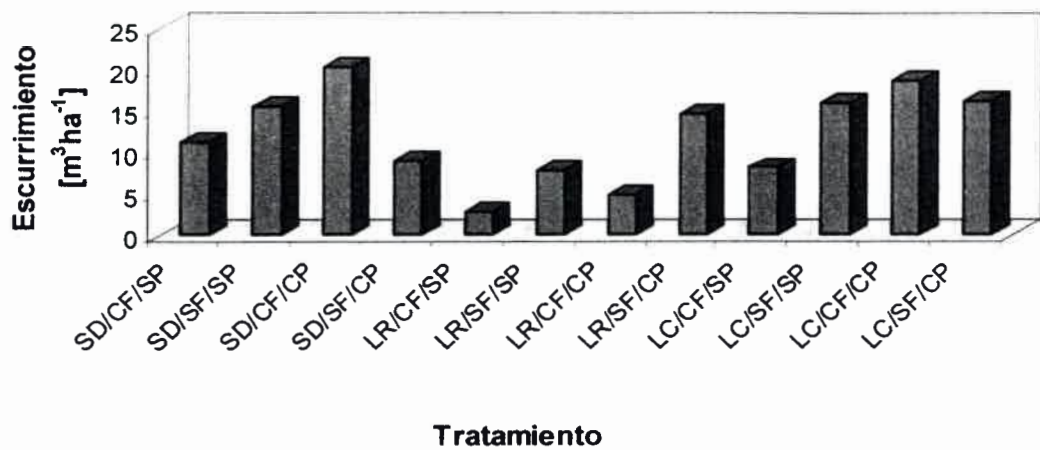


Figura 4.5.9. Ecurrimiento medio en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el tercer evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.2.), el menor escurrimiento lo presenta la SD/CF/SP (2,30) y la LR con fertilización (2,23-2,93) sin diferencias significativas entre sí (Figura 4.5.10.).

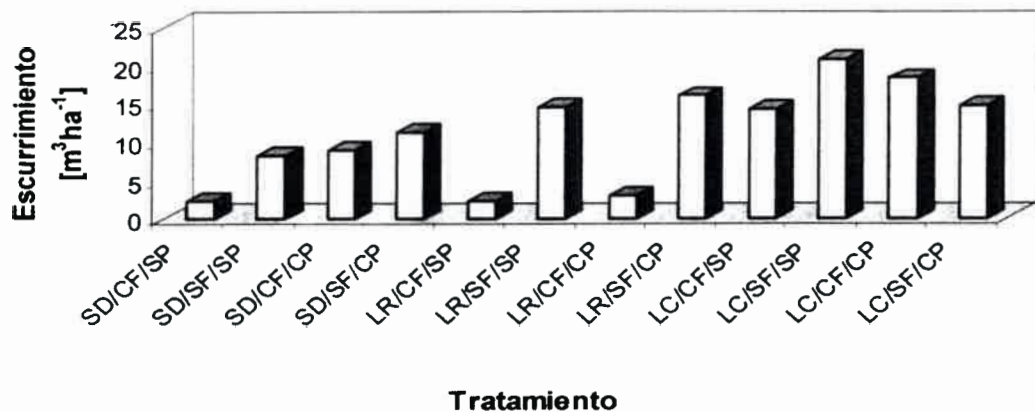


Figura 4.5.10. Ecurrimiento medio en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El mayor escurrimiento lo muestra significativamente la LC/SF/SP (20,70), aunque con un nivel muy próximo e inferior se presenta la LC/CF/CP (18,25). Con valores ligeramente inferiores a los máximos encontrados ($p > 0,05$) se muestran la LR sin fertilización (14,50-15,95), LC/CF/SP (14,22) y LC/SF/CP (14,70). La SD con pastoreo y la SD/SF/SP presentan niveles intermedios de escurrimiento (Figura 4.5.10.).

En el cuarto evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.2.), el menor escurrimiento lo presentan la SD/CF/SP (3,23) y la LR sin pastoreo (4,20-4,55) sin diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$) y con niveles ligeramente superiores (Figura 4.5.11.) a los mínimos mencionados ($p < 0,05$) la LR con pastoreo (5,48-5,18). El mayor escurrimiento se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la LC/SF/SP (16,40) aunque con un valor inferior en la LC/CF/SP (13,18). Con niveles intermedios de escurrimiento se presentan la LC/CF/CP (6,65) y la SD sin fertilización (7,75-7,50) sin diferencia significativa entre ellos.

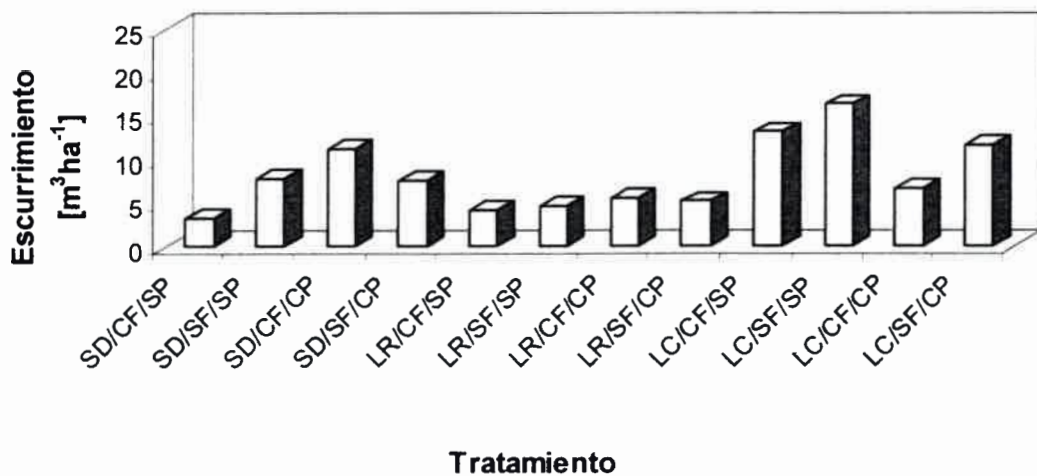


Figura 4.5.11. Escurrimiento medio en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En la Figura 4.5.12. se aprecia el escurrimiento medio registrado por evento en el ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

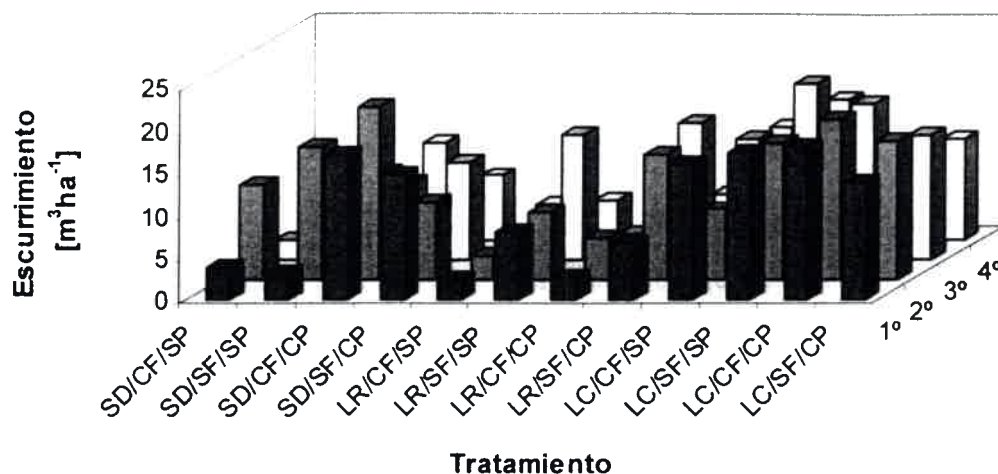


Figura 4.5.12. Escorrimento medio por evento en el ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.5.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por eventos y el total de la misma en los diferentes tratamientos sobre la pendiente para el ciclo 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.5.3. y en la Figura 4.5.13.

Tabla 4.5.3. Pérdida media de suelo por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
SD/CF/SP	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,07 b	0,11 a
SD/SF/SP	0,15 b	0,02 a	0,02 ab	0,04 a	0,23 b
SD/CF/CP	0,23 c	0,03 ab	0,01 a	0,06 ab	0,33 c
SD/SF/CP	0,40 e	0,03 ab	0,04 b	0,56 f	1,03 j
LR/CF/SP	0,33 d	0,05 b	0,02 ab	0,05 ab	0,45 e
LR/SF/SP	0,60 h	0,04 ab	0,03 ab	0,18 d	0,85 h
LR/CF/CP	0,61 h	0,05 b	0,02 ab	0,28 e	0,96 i
LR/SF/CP	0,53 g	0,05 b	0,03 ab	0,19 d	0,80 g
LC/CF/SP	0,34 d	0,02 a	0,01 a	0,04 a	0,41 d
LC/SF/SP	0,60 h	0,04 ab	0,03 ab	0,11 c	0,78 g
LC/CF/CP	0,47 f	0,04 ab	0,03 ab	0,26 e	0,80 g
LC/SF/CP	0,49 f	0,04 ab	0,02 ab	0,14 c	0,69 f

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La pérdida media de suelo por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos durante el ciclo 2001-2002 difiere significativamente ($p < 0,05$) entre ellas (Tabla 4.5.3.). La siembra directa, fertilizada y no pastoreada (SD/CF/SP) presenta una pérdida media total de suelo (0,11) significativamente menor. La SD/SF/SP (0,23) y SD/CF/CP (0,33) muestran niveles bajos aunque superiores al mínimo (Figura 4.5.13.). La mayor pérdida la muestra la SD/SF/CP (1,03) ($p < 0,05$), aunque le sigue con valores muy próximos la LR/CF/CP (0,96). Sin embargo se observa un conjunto de valores de pérdida de suelo con altos niveles aunque por debajo del máximo encontrado, constituido por la LR sin fertilización (0,85-0,80), LC/SF/SP (0,78) y LC/CF/CP (0,80). La LR/CF/SP (0,45) y LC/CF/SP (0,41) presentan un valor intermedio de pérdida de suelo.

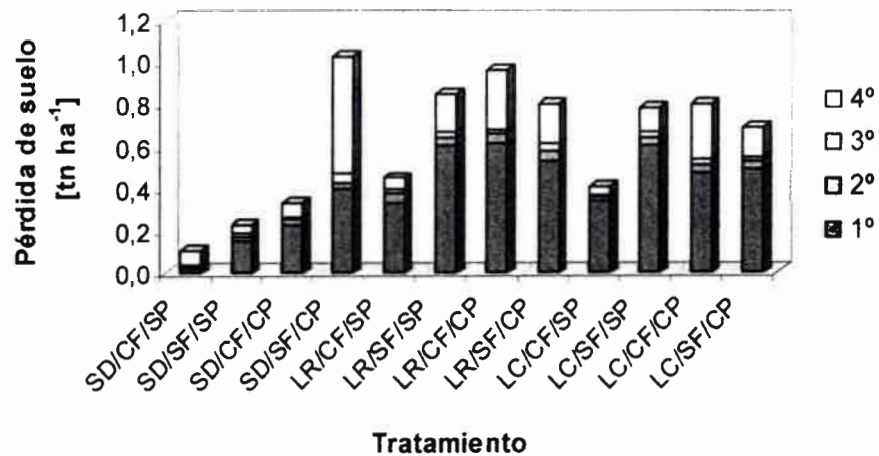


Figura 4.5.13. Pérdida media total de suelo en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

En el primer evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.3.), la SD/CF/SP presenta significativamente ($p < 0,05$) la menor pérdida de suelo (0,02). Las mayores pérdidas de este evento se muestran en la LR/SF/SP (0,60), LR/CF/CP (0,61) y LC/SF/SP (0,60) sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). Con niveles ligeramente inferiores a los máximos citados se encuentra la LR/SF/CP (0,53) ($p < 0,05$) y la LC con pastoreo (0,47-0,49) sin diferencias significativas. La SD/CF/CP (0,23) con diferencia significativa, LR/CF/SP (0,33) y LC/CF/SP (0,34) ($p > 0,05$) presentan valores intermedios de pérdida de suelo (Figura 4.5.14).

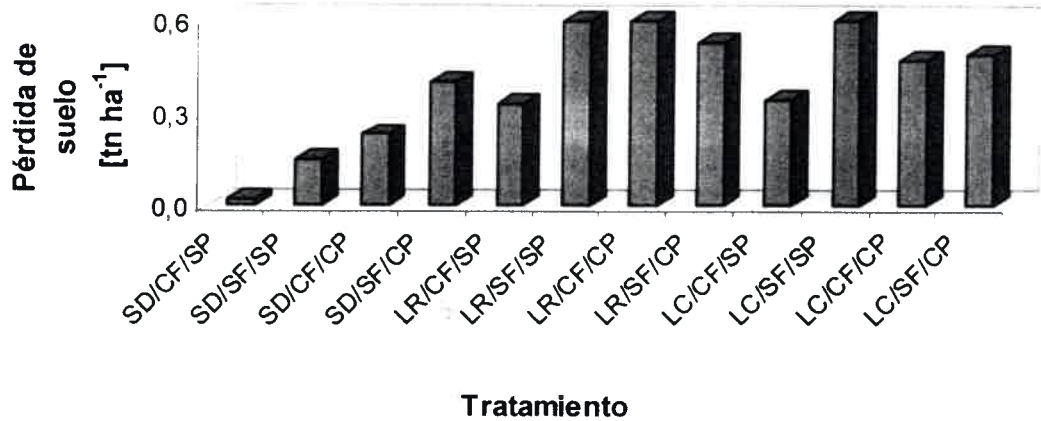


Figura 4.5.14. Pérdida media de suelo en el primer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el segundo evento del ciclo 2001-2002 se presentan valores muy bajos de pérdida de suelo (Tabla 4.5.3.). La menor pérdida de suelo la muestra la SD sin pastoreo (0,01-0,02), y la LC/CF/SP (0,02) sin diferencias significativas entre sí. Las mayores pérdidas se muestran en la LR/CF/SP (0,05) y LR con pastoreo (0,05) sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). (Figura 4.5.15.). Se observa un conjunto de valores ($p > 0,05$) con niveles ligeramente inferiores a los máximos mencionados, conformados por la LR/SF/SP, LC/SF/SP y la LC con pastoreo con igual valor (0,04). La SD con pastoreo (0,03) presenta un valor intermedio de pérdida de suelo sin diferencias significativas ($p > 0,05$).

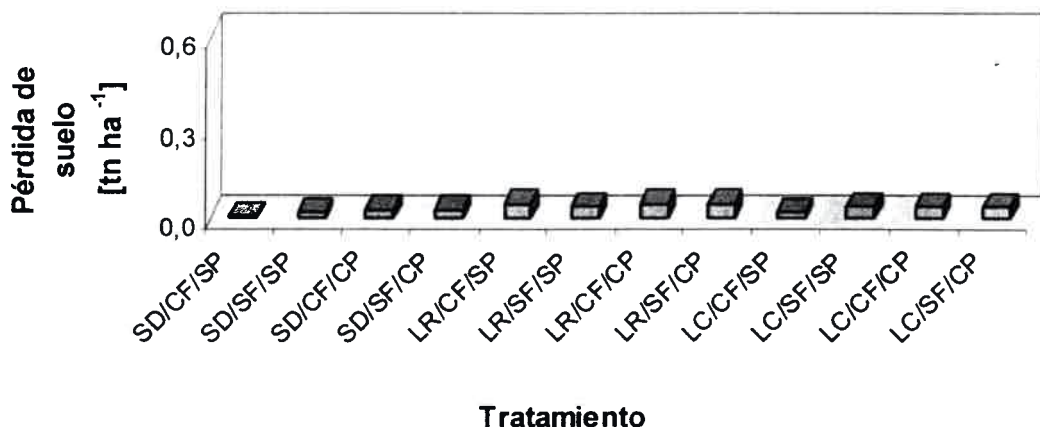


Figura 4.5.15. Pérdida media de suelo en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La mayor pérdida se muestra significativamente en la SD/SF/CP (0,56). Además, se observa un conjunto con niveles intermedios de pérdida de conformado por valores más bajos en la LR sin fertilización (0,18) ($p>0,05$) y niveles más altos en la LR/CF/CP (0,28) y LC/CF/CP (0,26) ($p>0,05$) (Figura 4.5.17.).

En la Figura 4.5.18. se presenta la pérdida media total y a nivel de evento en el ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

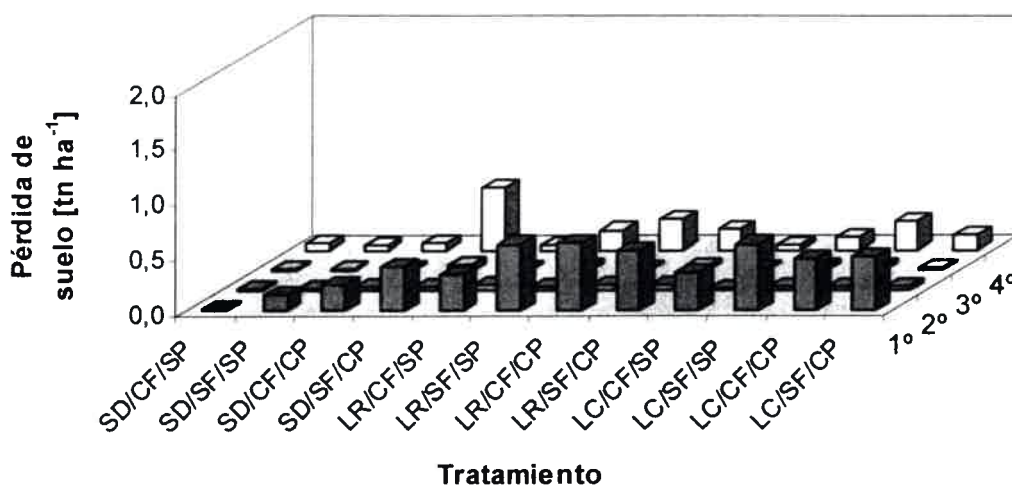


Figura 4.5.18. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento de suelo por eventos y el total del mismo en los diferentes tratamientos sobre la pendiente para el ciclo 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.5.4. y en la Figura 4.5.19.

En el ciclo 2001-2002 el escurrimiento medio por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos difiere significativamente ($p<0,05$) (Tabla 4.5.4.). La LC/CF/SP en este ciclo presenta un escurrimiento medio total (13,93) significativamente menor. Con un nivel ligeramente superior continúa la LC/SF/SP (20,89), ($p<0,05$).

Tabla 4.5.4. Esgurrimiento medio por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Esgurrimiento [$m^3 ha^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	9,05 c	0,90 a	0,95 a	17,70 ef	28,60 e
SD/SF/SP	3,80 ab	2,15 bc	1,40 ab	18,83 f	26,18 cd
SD/CF/CP	22,15 f	2,00 bc	0,95 a	3,05 a	28,15 e
SD/SF/CP	17,30 e	4,40 de	13,00 c	14,75 c	49,45 h
LR/CF/SP	4,05 ab	2,03 bc	2,63 b	17,05 de	25,76 c
LR/SF/SP	4,03 ab	2,05 bc	1,88 ab	18,65 f	26,61 cd
LR/CF/CP	14,90 d	3,50 cd	1,70 ab	18,20 ef	38,30 g
LR/SF/CP	4,78 b	4,68 e	2,15 ab	16,15 cd	27,76 de
LC/CF/SP	3,15 a	0,65 a	1,38 ab	8,75 b	13,93 a
LC/SF/SP	7,63 c	1,85 ab	1,68 ab	9,73 b	20,89 b
LC/CF/CP	14,33 d	2,93 cd	1,45 ab	17,70 ef	36,41 f
LC/SF/CP	4,28 ab	3,25 cd	0,92 a	18,00 ef	26,45 cd

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El mayor esgurrimiento medio total lo muestra significativamente ($p < 0,05$) la SD/SF/CP (49,45), sin embargo, se presentan niveles altos aunque inferiores al máximo mencionado en la LR/CF/CP (38,30) y la LC/CF/CP (36,41) con diferencias significativas ($p < 0,05$). Por otra parte, se observa un conjunto con niveles intermedios de esgurrimiento, constituido por la SD sin pastoreo (28,60-26,18), la SD/CF/CP (28,15), la LR sin pastoreo (25,76-26,61), LR/SF/CP (27,76) y LC/SF/CP (26,45) (Figura 4.5.19).

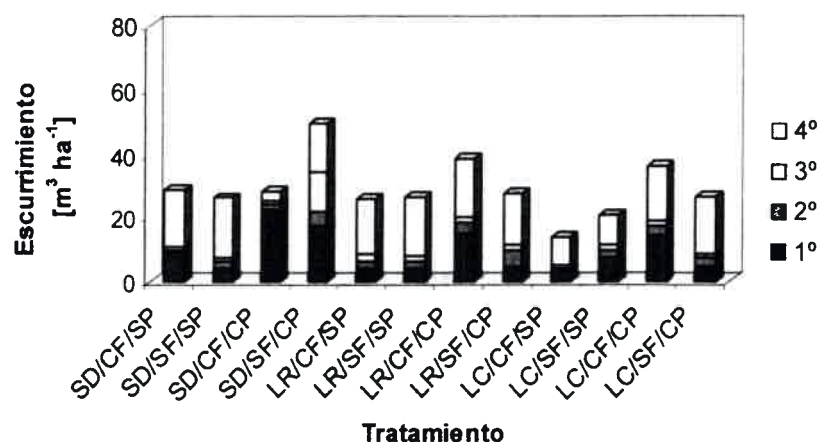


Figura 4.5.19. Esgurrimiento medio total por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

En el primer evento del ciclo 2001-2002 (Figura 4.5.20.) la LC/CFSP presenta significativamente el menor escurrimiento (3,15), aunque con valores ligeramente superiores le siguen la SD/SF/SP (3,80), la LR sin pastoreo (4,05-4,03) y la LR/SF/CP (4,78) y sin diferencia significativa entre sí ($p < 0,05$). El mayor escurrimiento de este evento lo muestra la SD/CF/CP (22,15) y con niveles ligeramente inferiores al máximo encontrado se presentan SD/CF/CP (17,30), LR/CF/CP (14,90) y LC/CF/CP (14,33) ($p < 0,05$). La SD/CF/SP (9,05) y LC/SF/SP (7,63) muestran valores intermedios sin diferencias significativas.

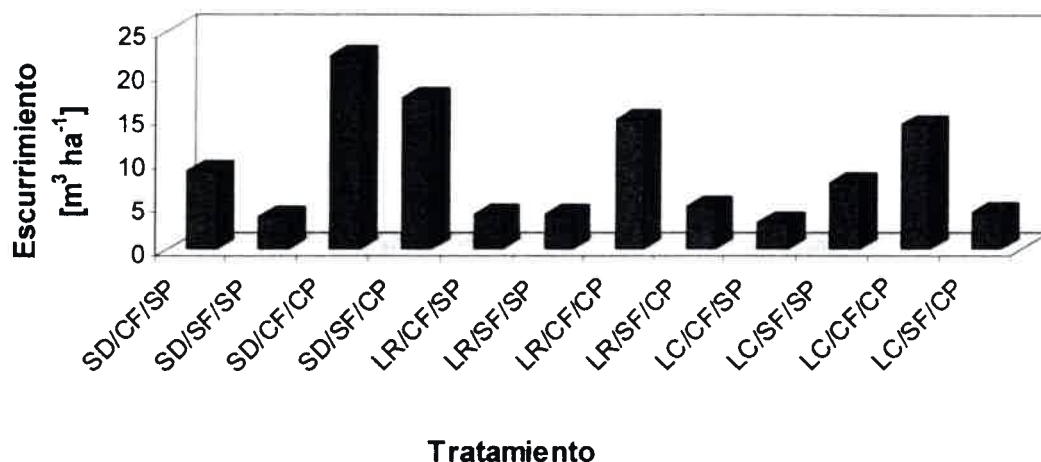


Figura 4.5.20. Ecurrimiento medio en el primer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el segundo evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.4.) el menor escurrimiento sin diferencia significativa lo presentan la SD/CF/SF (0,90) y la LC/CF/SP (0,65) (Figura 4.5.21.). Los niveles más altos lo presentan la SD/SF/CP (4,40) y la LR/SF/CP (4,68) sin diferencia significativa entre ellos ($p > 0,05$). Con valores ligeramente inferiores a los máximos registrados se muestran la LR/CF/CP (3,50) y la LC con pastoreo (2,93-3,25). La SD/SF/SP (2,15), SD/CF/CP (2,00), LR sin pastoreo (2,03-2,05) y LC/SF/SP (1,85), muestran niveles intermedios de escurrimiento (Figura 4.5.21.).

En el tercer evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.4.), el mayor escurrimiento lo muestra significativamente la SD/SF/CP (13,00), mientras que

el menor escurrimiento lo presenta la SD con fertilización (0,95) y la LC/SF/CP (0,92) sin diferencias significativas entre sí.

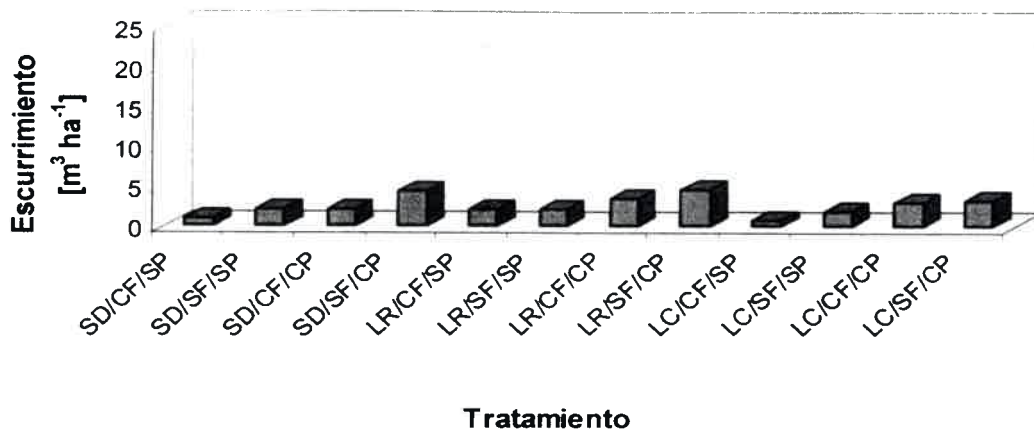


Figura 4.5.21. Escorrimento medio en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Sin embargo, se observa un conjunto de valores con niveles próximos a los mínimos aunque ligeramente superiores a estos conformados por la SD/SF/SP (1,40), LR sin pastoreo (2,63-1,88), LR con pastoreo (1,70-2,15), LC sin pastoreo (1,38-1,68) y LC/CF/CP (1,45) sin diferencias estadísticas (Figura 4.5.22.).

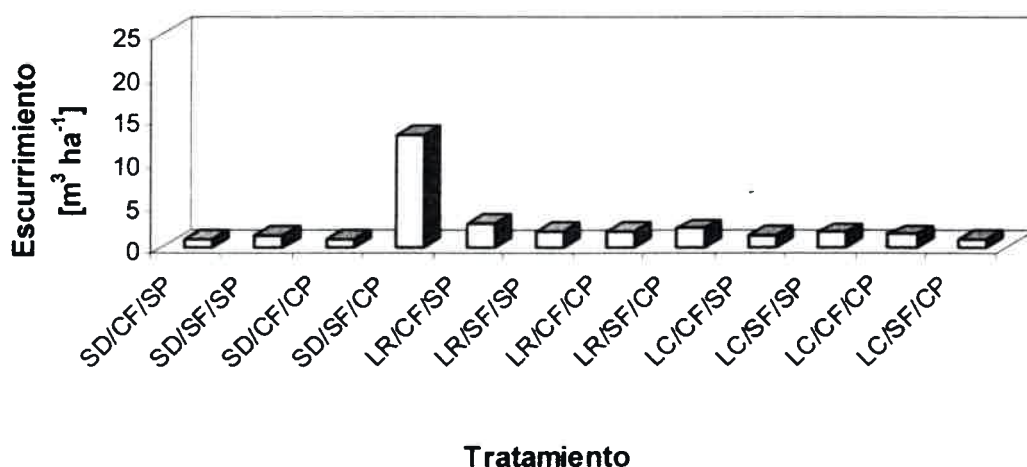


Figura 4.5.22. Escorrimento medio en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el cuarto evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.4.), el menor escurrimiento lo presenta significativamente la SD/CF/CP (3,05). El mayor

escurrimiento se muestra sin diferencias significativas ($p > 0,05$) en la SD sin pastoreo (17,70-18,83), LR/SF/SP (18,65), LR/CF/CP (18,20) y la LC con pastoreo (17,70-18,00), aunque con un valor inferior en la SD/SF/CP (14,75), LR/SF/CP (16,15) y LR/CF/SP (17,05). Con nivel intermedio de escurrimiento se presenta la LC sin pastoreo (8,75-9,73) sin diferencia significativa entre ellos (Figura 4.5.23.).

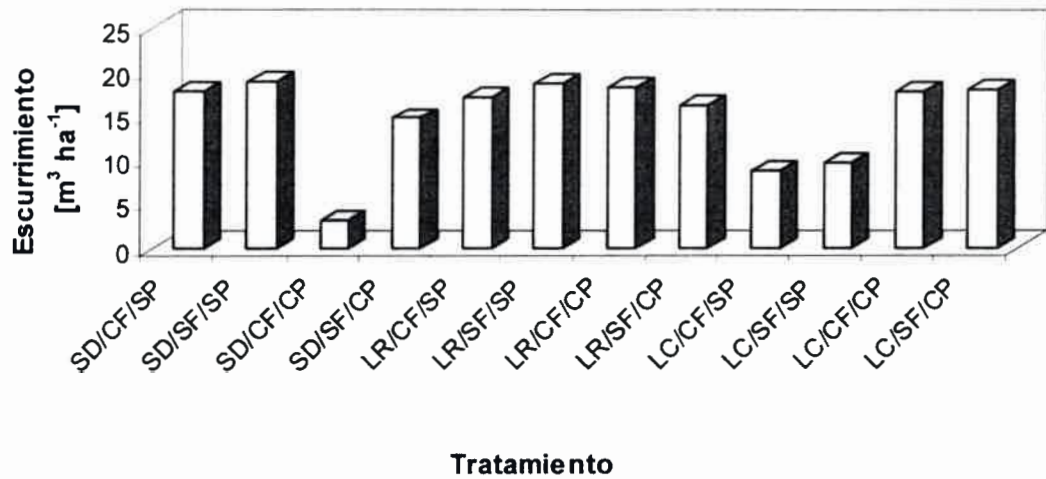


Figura 4.5.23. Escorrimento medio en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En la Figura 4.5.24. se muestra el escurrimiento medio por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2001-2002.

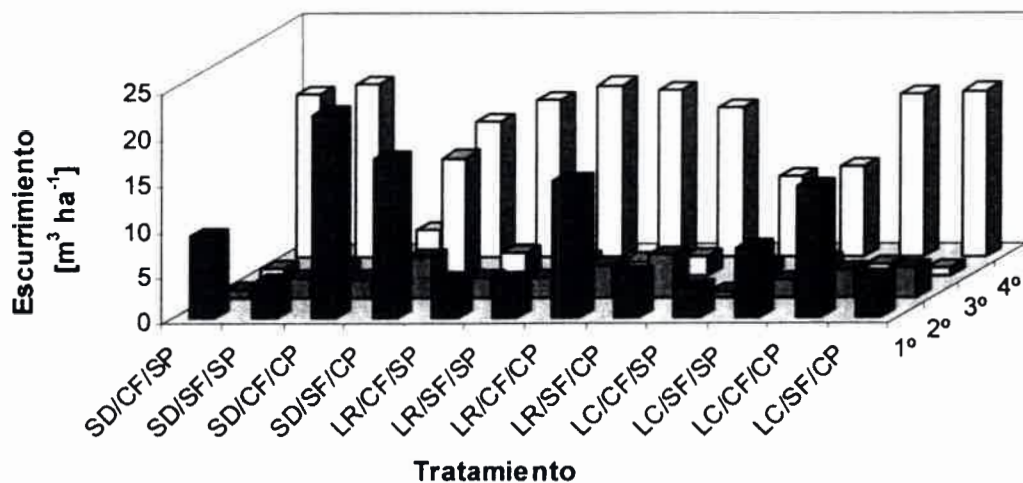


Figura 4.5.24. Escorrimento medio por evento en el ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.5.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por eventos y el total de la misma en los diferentes tratamientos sobre la pendiente para el ciclo 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.5.5. y en la Figura 4.5.25.

Tabla 4.5.5. Pérdida media de suelo por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
SD/CF/SP	0,12 a	0,10 a	0,03 a	0,09 b	0,34 a
SD/SF/SP	0,39 c	0,29 f	0,16 e	0,14 cd	0,98 d
SD/CF/CP	0,27 b	0,14 bc	0,05 ab	0,02 a	0,48 b
SD/SF/CP	0,48 d	0,08 a	0,05 ab	0,09 b	0,70 c
LR/CF/SP	0,36 c	0,11 ab	0,38 g	0,17 de	1,02 e
LR/SF/SP	0,37 c	0,36 g	0,12 d	0,31 g	1,16 g
LR/CF/CP	0,30 b	0,15 c	0,02 a	0,04 a	0,51 b
LR/SF/CP	0,59 f	0,22 de	0,67 h	0,27 f	1,75 h
LC/CF/SP	1,30 g	0,58 h	0,23 f	0,11 bc	2,22 i
LC/SF/SP	0,55 e	0,24 e	0,09 c	0,18 e	1,06 f
LC/CF/CP	1,87 i	0,21 de	0,07 bc	0,25 f	2,40 j
LC/SF/CP	1,53 h	1,14 i	0,23 f	0,11 b	3,01 k

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

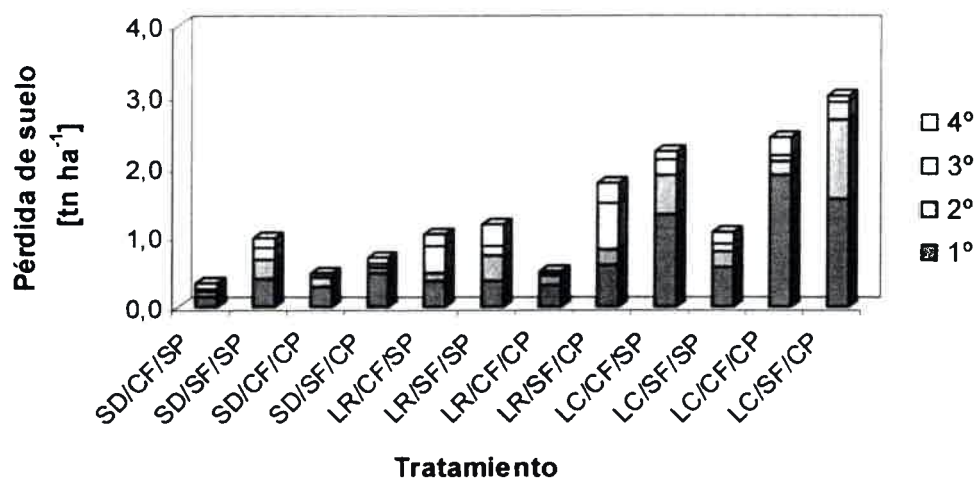


Figura 4.5.25. Pérdida media total de suelo en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

La pérdida media de suelo por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos durante el ciclo 2002-2003 difiere significativamente ($p < 0,05$) entre ellas (Tabla 4.6.5.). La SD/CF/SP presenta una pérdida media total de suelo (0,34) significativamente menor. La SD/CF/CP (0,48) y LR/CF/CP (0,51) muestran niveles bajos aunque ligeramente superiores al mínimo (Figura 4.5.25.). La mayor pérdida la muestra la LC/SF/CP (3,01) ($p < 0,05$). Se observa un conjunto de valores de pérdida de suelo con altos niveles aunque por debajo del máximo encontrado, constituido por la LR/SF/CF (1,75) y LC con fertilización (2,22-2,40). La SD/SF/SP (0,98), LR sin pastoreo (1,02-1,16) y LC/SF/SP (1,06) presentan significativamente ($p < 0,05$) un valor intermedio de pérdida de suelo.

En el primer evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.5.) la SD/CF/SP presenta significativamente ($p < 0,05$) la menor pérdida de suelo (0,12). La mayor pérdida se muestra significativamente en la LC/CF/CP (1,87), aunque con niveles ligeramente inferiores al máximo se encuentra la LC/CF/SP (1,30) y la LC/SF/CP (1,53) ($p < 0,05$). Se observa un conjunto de tratamientos con valores por debajo de la media de pérdida de suelo (Figura 4.5.26.) constituido por un grupo con niveles más bajos en la SD/CF/CP (0,27) y SD/SF/SP (0,39) ($p < 0,05$), y LR sin pastoreo (0,36-0,37) y (LR/CF/CP (0,30) ($p > 0,05$); y por otro lado, niveles más altos ($p < 0,05$) en la SD/SF/CP (0,48), LR/SF/CP (0,59) y LC/SF/SP (0,55).

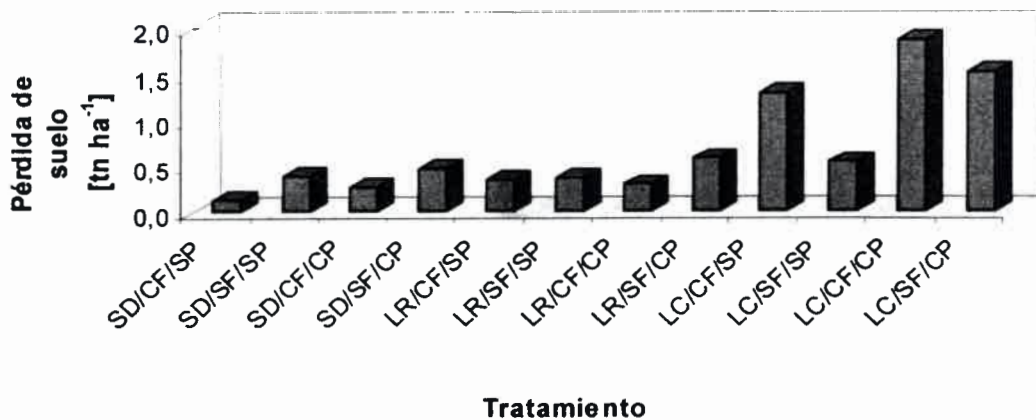


Figura 4.5.26. Pérdida media de suelo en el primer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el segundo evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.5.) la menor pérdida de suelo la presenta la SD/CF/SP (0,10), SD/SF/CP (0,08) y la LR/CF/SP (0,11) las cuales no muestran diferencias significativas entre sí. Con niveles ligeramente superior se presentan la SD/CF/CP (0,14) y la LR/CF/CP (0,15) ($p>0,05$). La mayor pérdida del evento lo muestra significativamente la LC/SF/CP (1,14). La LC/CF/SP (0,58) presenta un valor intermedio de pérdida de suelo ($p<0,05$). Además, se observa un conjunto de valores ($p>0,05$) con niveles entre los más bajos y el intermedio mencionado conformado por la SD/SF/SP (0,29), LR/SF/SP (0,36), LR/SF/CP (0,22); LC/SF/SP (0,24) y LC/CF/CP (0,21) (Figura 4.5.27.).

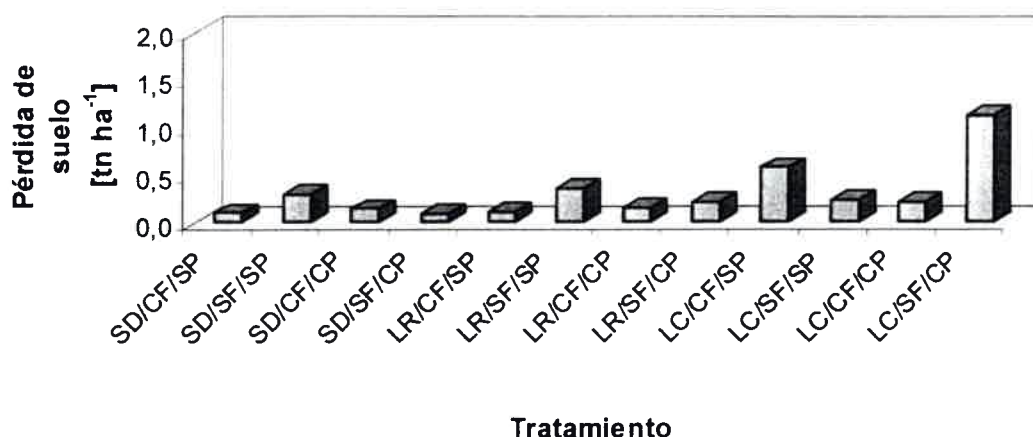


Figura 4.5.27. Pérdida media de suelo en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el tercer evento del ciclo 2002-2003 se observa la menor pérdida de suelo (Tabla 4.5.5.) en la SD/CF/SF (0,03), LR/CF/CP (0,02) y la SD con pastoreo (0,05) sin diferencias significativas entre sí. La mayor pérdida se presenta significativamente en la LR/SF/CP (0,67). La LR/CF/SP (0,38) muestra un nivel intermedio ($p<0,05$). Se presenta un grupo con valores entre los intermedios y los más bajos, compuesto por la LC/CF/CP (0,07), LC/SF/SP (0,09) sin diferencia estadística y la LR/SF/SP (0,12) ($p<0,05$), y por otro lado, la LC/CF/SP y la LC/SF/CP con igual nivel (0,23) y sin diferencias significativas y la SD/SF/SP (0,16) ($p>0,05$), (Figura 4.5.28.).

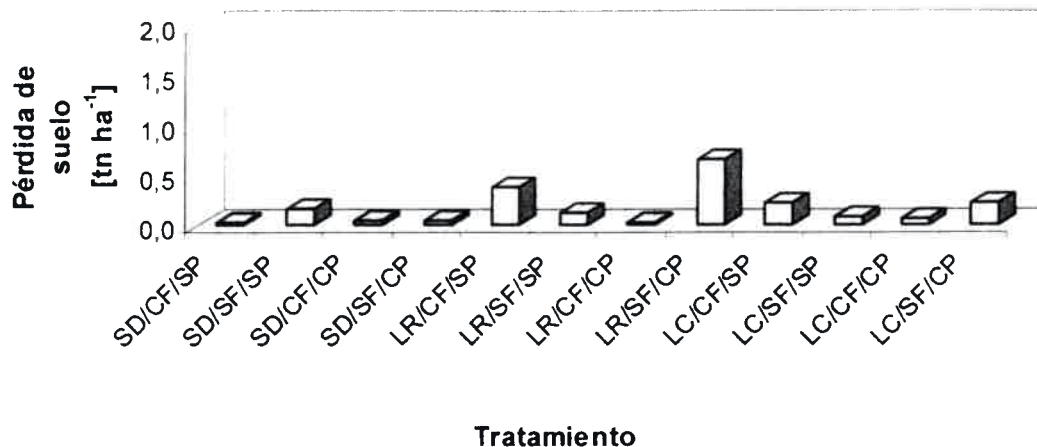


Figura 4.5.28. Pérdida media de suelo en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el cuarto evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.5.) la menor pérdida de suelo se presenta en la SD/CF/CP (0,02) y en la LR/CF/CP (0,04), sin diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$). La mayor pérdida se muestra significativamente en la LR/SF/SP (0,31), aunque acompañan este valor con un nivel ligeramente inferior la LR/SF/CP (0,27) y LC/CF/CP (0,25) ($p > 0,05$). Por otra parte, se observa un conjunto con niveles intermedios de pérdida de suelo conformado por valores más bajos en la SD/CF/SP (0,09), SD/SF/CP (0,09), LC/CF/SP (0,11) y LC/SF/CP (0,11) sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$) y niveles más altos en la SD/SF/SP (0,14), LR/CF/SP (0,17) y LC/CF/CP (0,18) ($p > 0,05$) (Figura 4.5.29.).

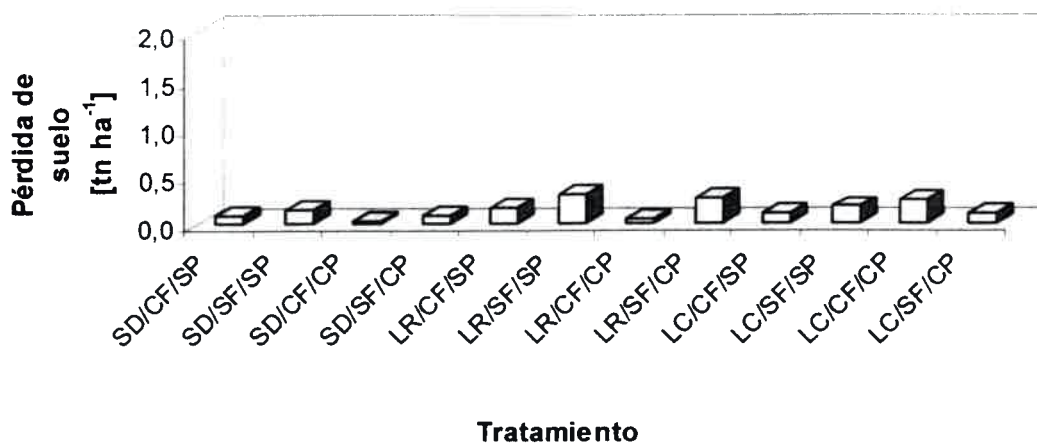


Figura 4.5.29. Pérdida media de suelo en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En la Figura 4.5.30. se presenta la pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente.

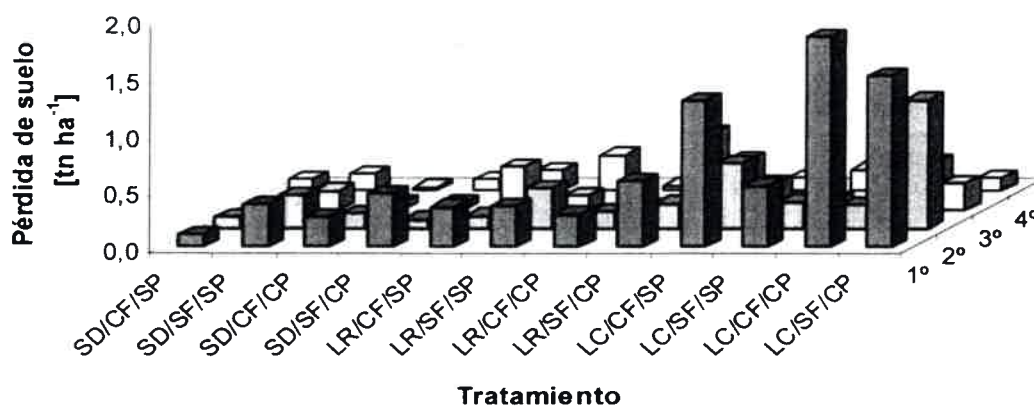


Figura 4.5.30. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento de suelo por eventos y el total del mismo en los diferentes tratamientos sobre la pendiente para el ciclo 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.5.6. y en la Figura 4.5.31.

Tabla 4.5.6. Escurrimiento medio por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Escurrimiento [$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	18,00 de	15,65 d	7,55 b	14,65 cd	55,85 d
SD/SF/SP	20,35 f	13,80 c	11,45 c	15,58 e	61,18 ef
SD/CF/CP	9,95 b	13,30 c	6,85 b	13,80 bc	43,90 b
SD/SF/CP	15,65 c	13,70 c	6,95 b	13,88 bc	50,18 c
LR/CF/SP	19,15 ef	18,65 e	15,50 d	17,85 f	71,15 h
LR/SF/SP	6,73 a	18,25 e	18,10 e	18,20 f	61,28 ef
LR/CF/CP	16,93 cd	19,48 e	11,45 c	11,93 a	59,79 e
LR/SF/CP	17,95 de	7,50 b	12,45 c	11,53 a	49,43 c
LC/CF/SP	18,08 de	18,33 e	18,38 e	15,10 de	69,89 h
LC/SF/SP	19,15 ef	5,85 a	3,15 a	12,88 ab	41,03 a
LC/CF/CP	17,20 d	14,70 cd	18,50 e	13,55 bc	63,95 g
LC/SF/CP	17,53 d	16,08 d	15,00 d	13,73 bc	62,34 f

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2002-2003 el escurrimiento medio por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos difiere significativamente ($p < 0,05$) (Tabla 4.5.6.). La LC/SF/SP presenta un escurrimiento medio total (41,03) significativamente menor aunque acompañada por la SD/CF/CP (43,90). El mayor escurrimiento medio total en el ciclo lo muestran la LR/CF/SP (71,15) y LC/CF/SP (69,89) sin diferencias estadísticas entre ellas ($p < 0,05$). (Figura 4.5.31). Por otra parte, se observa un conjunto de valores de escurrimiento con niveles intermedios, constituido por un grupo con niveles más altos tales como en la SD/SF/SP (61,18), LR/SF/SP (61,28), LR/CF/CP (59,79) y la LC con pastoreo (63,95-62,34), y por otro lado con niveles más bajos en la SD/CF/SP (55,85), SD/SF/CP (50,18) y la LR/SF/CP (49,43).

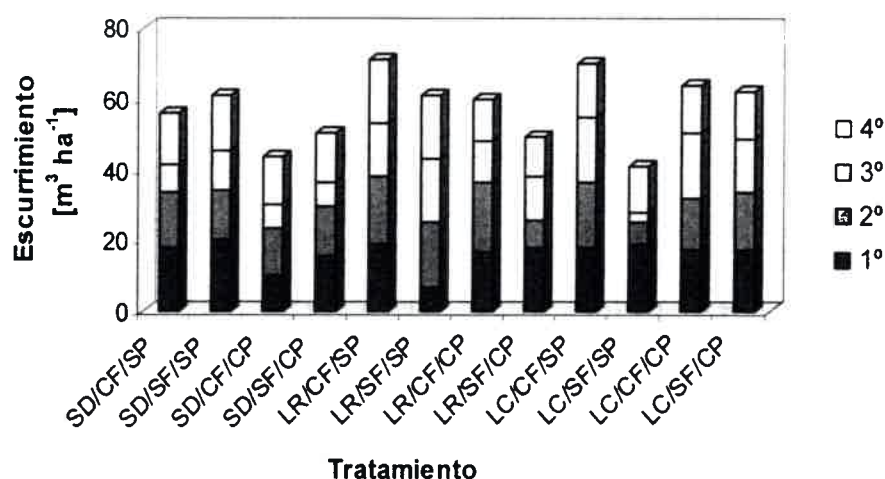


Figura 4.5.31. Escurrimiento medio total por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

En el primer evento del ciclo 2002-2003 (Figura 4.5.32.) la LR/SF/SP (6,73) presenta significativamente el menor escurrimiento, aunque le sigue con un ligero incremento la SD/CF/CP (9,95) ($p < 0,05$). El mayor escurrimiento de este evento lo muestran la SD/SF/SP (20,35), LR/CF/CP (19,15) y la LC/SF/SP (19,15) sin diferencias significativas ($p > 0,05$). Sin embargo, se observa en los demás tratamientos valores altos de escurrimiento (Tabla 4.5.6.), aunque inferiores a los máximos encontrados, conformados por SD/CF/SP (18,00), SD/SF/CP (15,65), LR con pastoreo (16,93-17,95), LC/CF/SP (18,08) y LC con pastoreo (17,20-17,53) ($p > 0,05$).

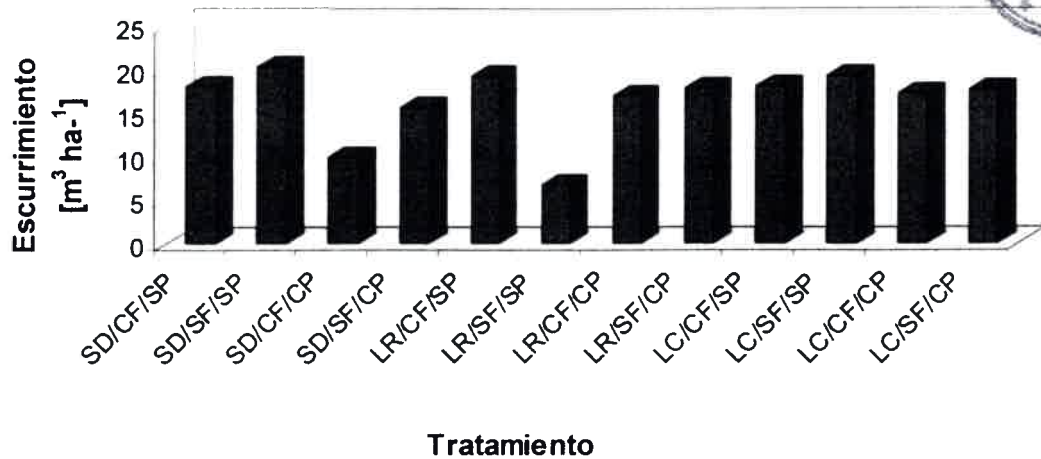


Figura 4.5.32. Ecurrimiento medio en el primer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el segundo evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.6.) el menor escurrimiento significativamente lo presenta la LC/SF/SP (5,85) seguida por la LR/SF/CP (7,50) ($p < 0,05$). Los niveles más altos de escurrimiento lo muestran sin diferencia significativa ($p > 0,05$) la LR/CF/CP (19,48) seguido por la LR sin pastoreo (18,65-18,25) y la LC/CF/SP (18,33). Con valores ligeramente inferiores a los máximos registrados se muestra un conjunto de valores compuesto por los tratamientos de la LC con pastoreo (14,70-16,08) y la SD/CF/SP (15,65) sin diferencia significativa entre sí ($p > 0,05$) y por otro lado, la SD sin fertilización (13,80-13,70) y la SD/CF/CP (13,30) con igual de significación (Figura 4.5.33.).

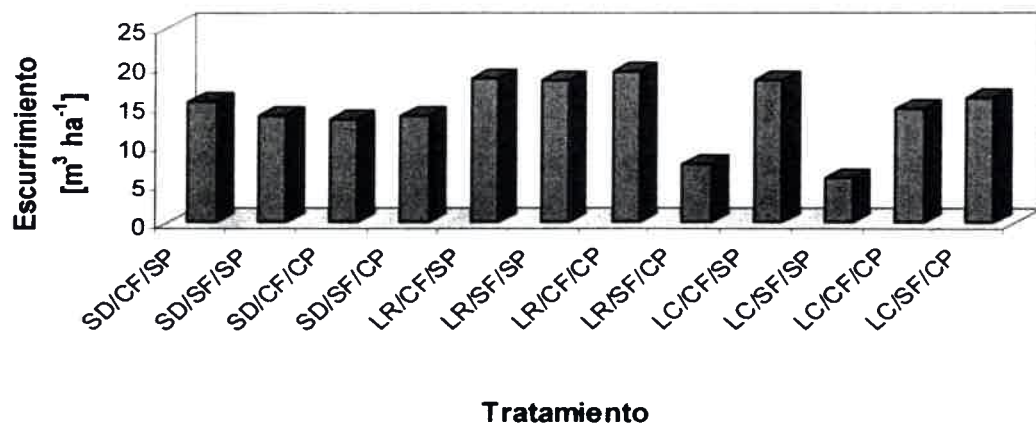


Figura 4.5.33. Ecurrimiento medio en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el tercer evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.6.), el menor escurrimiento lo presenta significativamente la LC/SF/SP (3,15). Con nivel ligeramente superior a este último se muestra un conjunto conformado por la SD con pastoreo (6,85-6,95) y la SD/CF/SP (7,55) sin diferencia significativa. El mayor escurrimiento del evento lo muestran la LR/SF/SP (18,10) y la LC con fertilización (18,38-18,50) sin diferencias estadísticas entre ellas ($p>0,05$). Se observa un grupo de valores intermedios (Figura 4.5.34.) con niveles más bajos en la SD/SF/SP (11,45) y en la LR con pastoreo (11,45-12,45) sin diferencias estadísticas y por otro parte, valores con niveles más altos en LR/CF/SP (15,50) y LC/SF/CP (15,00) ($p>0,05$).

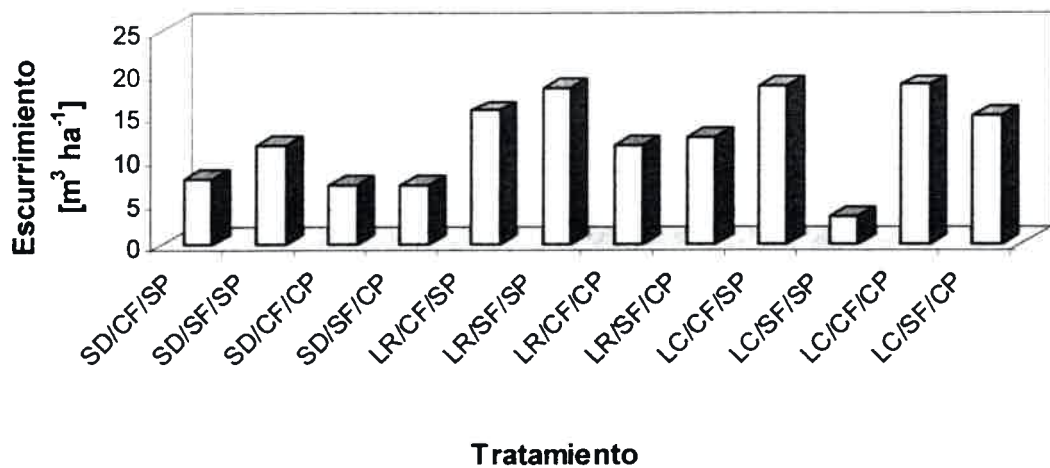


Figura 4.5.34. Ecurrimiento medio en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el cuarto evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.6.), se observa en general altos niveles de escurrimiento, aunque se distinguen niveles más bajos en la LR con pastoreo (11,93-11,53) ($p>0,05$) y escurrimientos más altos en LR sin pastoreo (17,85-18,20) ($p>0,05$). Por otra parte, los demás tratamientos presentan un nivel intermedio de escurrimiento ($p>0,05$) (Figura 4.5.35.).

La Figura 4.5.36. muestra el escurrimiento medio de suelo por evento en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente.

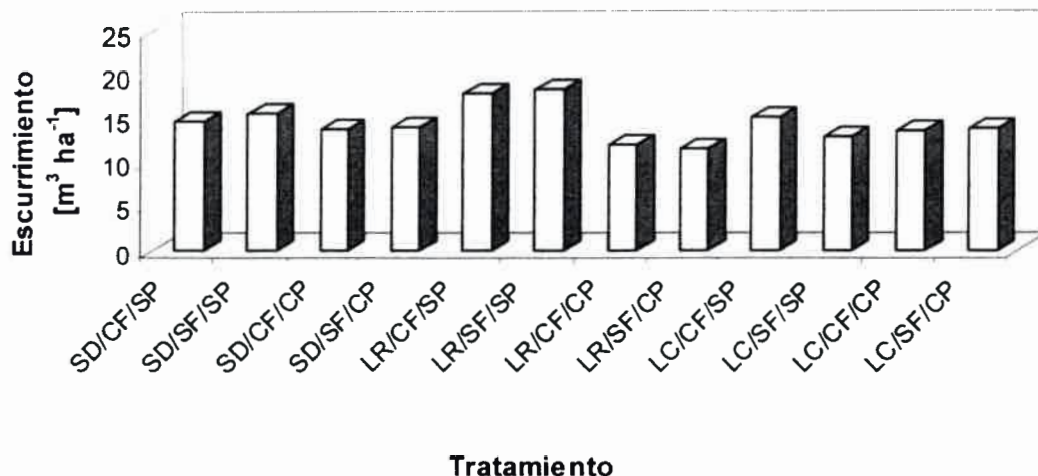


Figura 4.5.35. Ecurrimiento medio en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

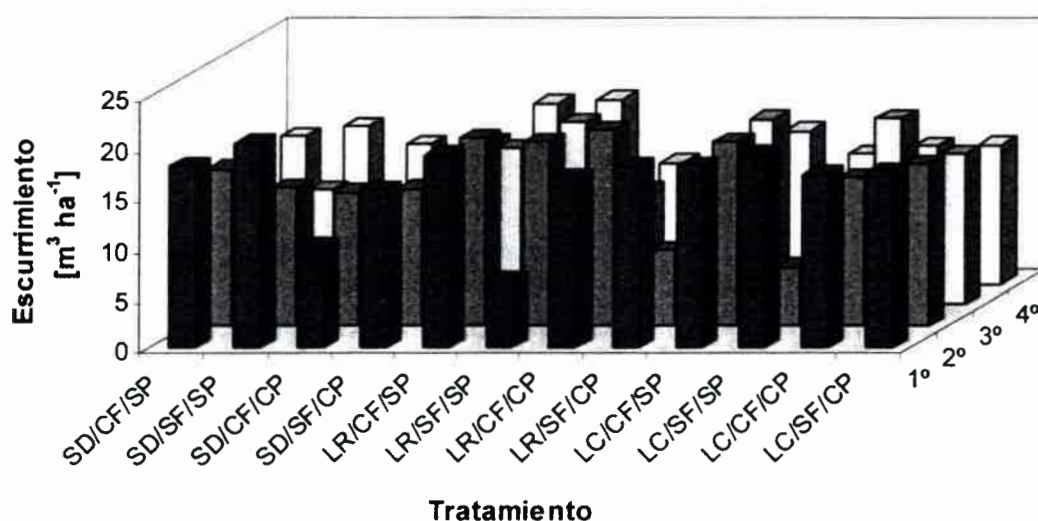


Figura 4.5.36. Ecurrimiento medio por evento en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.5.1.4. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento

Mediante el análisis de correlación se evaluó el grado de dependencia entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos realizadas por mediciones directas en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Considerando todos los datos agrupados por evento y ciclo, se obtuvo una correlación entre pérdida de suelo y escurrimiento ($r=0,36$; $p<0,0001$), mientras que con todos los totales por ciclo y tratamiento la asociación es más elevada ($r=0,54$; $p<0,0001$).

Con todos los datos agrupados por evento y ciclo, se observó una asociación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos en el ciclo 2000-2001 ($r=0,43$; $p=0,003$), 2001-2002 ($r=0,36$; $p<0,01$) y 2002-2003 ($r=0,31$; $p=0,03$), respectivamente. Considerando los totales por ciclo y tratamiento se observa una asociación en el ciclo 2000-2001 ($r=0,70$; $p<0,01$), 2001-2002 ($r=0,53$; $p=0,07$) y 2002-2003 ($r=0,41$; $p=0,19$).

Utilizando todos los datos agrupados por evento, ciclo y tratamiento, se correlacionaron las pérdidas de suelo y los escurrimientos en la SD/CF/SP ($r=0,88$; $p<0,0001$), SD/SF/SP ($r=0,62$; $p=0,03$), SD/SF/CP ($r=0,69$; $p<0,01$), LR/CF/CP ($r=0,62$; $p=0,03$), LR/CF/SP ($r=0,50$; $p<0,10$), LC/CF/SP ($r=0,49$; $p=0,10$) y SD/CF/CP ($r=0,48$; $p=0,12$).

Considerando todos los datos agrupados por evento, ciclo y sistema de labranza, se verifica entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos una asociación en la siembra directa ($r=0,52$; $p<0,0001$), labranza reducida ($r=0,38$; $p<0,01$) y labranza convencional ($r=0,35$; $p=0,02$).

4.5.1.5. Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y las propiedades evaluadas

A través del análisis de correlación se evaluó el grado de dependencia entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos totales realizadas por mediciones directas y las propiedades evaluadas en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Considerando todos los datos en forma conjunta del ciclo 2000-2001 al 2002-2003 sin incluir resistencia mecánica se obtiene correlación entre:

√ La densidad aparente (DA) y el escurrimiento ($r=0,51$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=0,55$; $p<0,0005$), los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,78$; $p<0,000001$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,75$; $p<0,000001$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,57$; $p<0,0003$) y el diámetro medio ponderado (DMP) ($r=0,93$; $p<0,0001$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,66$; $p<0,00001$) y el DMP ($r=-0,65$; $p<0,00001$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,70$; $p<0,000001$) y el DMP ($r=-0,77$; $p<0,000001$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,50$; $p<0,002$) y el DMP ($r=-0,77$; $p<0,000001$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el DMP ($r=-0,56$; $p<0,0003$).

Con todos los datos en forma conjunta del ciclo 2001-2002 y 2002-2003 incluyendo la resistencia mecánica se observa correlación entre:

√ El carbono orgánico (CO) con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,55$; $p<0,005$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,66$; $p<0,0001$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,50$; $p<0,01$), el diámetro medio ponderado (DMP) ($r=0,50$; $p<0,01$) y la pérdida de suelo ($r=-0,64$; $p<0,001$).

√ La densidad aparente (DA) con el escurrimiento ($r=0,56$; $p<0,004$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,62$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=0,63$; $p<0,001$), los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,000001$), los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,91$; $p<0,000001$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,76$; $p<0,000001$) y el diámetro medio ponderado (DMP) ($r=0,93$; $p<0,000001$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,70$; $p<0,0001$) y el DMP ($r=0,66$; $p<0,0001$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,72$; $p<0,000001$) y el DMP ($r=-0,83$; $p<0,000001$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,72$; $p<0,000001$), el DMP ($r=-0,91$; $p<0,000001$) y la velocidad de infiltración ($r=0,50$; $p<0,01$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el DMP ($r=-0,74$; $p<0,00003$).

√ El DMP y la resistencia mecánica en el surco ($r=0,50$; $p<0,01$).

√ El escurrimiento con la resistencia mecánica en el surco ($r=0,68$; $p<0,0002$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,73$; $p<0,00005$).

√ La resistencia mecánica en el surco y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,77$; $p<0,000008$).

√ El contenido de humedad con la resistencia mecánica en el surco ($r=-0,56$; $p<0,004$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=-0,54$; $p<0,007$).

Utilizando en el análisis los datos agrupados por ciclo se observa asociación en:

Ciclo 2000-2001 (sin incluir resistencia mecánica)

√ La densidad aparente con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=-0,53$; $p=0,07$), los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,63$; $p=0,02$) y el diámetro medio ponderado ($r=-0,54$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=0,84$; $p<0,001$), los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,79$; $p<0,002$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,77$; $p<0,003$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,50$; $p=0,10$) y el diámetro medio ponderado ($r=0,93$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro ($r=-0,53$; $p=0,08$), los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,67$; $p<0,01$) y el diámetro medio ponderado ($r=0,93$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,78$; $p<0,003$) y el DMP ($r=-0,68$; $p<0,01$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=-0,75$; $p<0,005$).

Ciclo 2001-2002

√ El carbono orgánico y la RM en el surco ($r=0,56$; $p=0,06$).

√ La densidad aparente con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=-0,50$; $p=0,10$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,54$; $p=0,07$), agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,91$; $p=0,10$), el DMP ($r=-0,54$; $p=0,07$), la infiltración ($r=0,61$; $p=0,03$) y la RM en el surco ($r=-0,57$; $p=0,05$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,002$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,94$; $p<0,0001$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,67$; $p=0,02$), el DMP ($r=0,93$; $p<0,0001$) y la pérdida de suelo ($r=-0,53$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,53$; $p=0,07$) y la infiltración ($r=-0,54$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,64$; $p=0,03$), el diámetro medio ponderado ($r=-0,78$; $p<0,003$) y la pérdida de suelo ($r=0,62$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,67$; $p=0,02$), el DMP ($r=-0,86$; $p<0,003$), la velocidad de infiltración ($r=0,50$; $p=0,10$) y la RM en el surco ($r=-0,55$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro con el diámetro medio ponderado ($r=-0,64$; $p=0,02$) y la RM en el surco ($r=-0,66$; $p=0,02$).

√ El diámetro medio ponderado y la pérdida de suelo ($r=-0,68$; $p<0,01$).

√ El escurrimiento y la resistencia mecánica en el surco ($r=0,51$; $p=0,09$).

Ciclo 2002-2003

√ El carbono orgánico con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,89$; $p<0,0009$), los agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=0,90$; $p<0,0008$), los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,68$; $p<0,01$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,90$; $p<0,0005$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,68$; $p<0,01$), el DMP ($r=0,83$; $p<0,001$), la infiltración ($r=-0,50$; $p=0,10$) y la pérdida de suelo ($r=-0,76$; $p<0,003$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=0,87$; $p<0,003$), los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,001$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,92$; $p<0,00001$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,001$), el DMP ($r=0,95$; $p<0,0001$), la pérdida de suelo ($r=-0,68$; $p<0,01$) y la resistencia mecánica (RM) en el surco ($r=0,66$; $p=0,02$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,68$; $p<0,01$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,93$; $p<0,0001$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,59$; $p=0,04$), el DMP ($r=0,83$; $p<0,001$), la velocidad de infiltración ($r=-0,64$; $p=0,02$), la pérdida de suelo ($r=-0,79$; $p<0,003$) y la RM en el surco ($r=0,53$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,80$; $p<0,002$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,52$; $p=0,08$), el DMP ($r=-0,85$; $p<0,001$) y la pérdida de suelo ($r=0,62$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,76$; $p<0,004$), el DMP ($r=-0,96$; $p<0,0004$), la velocidad de infiltración ($r=0,57$; $p=0,05$), la pérdida de suelo ($r=0,70$; $p<0,01$), la RM en el surco ($r=-0,52$; $p=0,08$) y la RM entre surco ($r=-0,50$; $p=0,09$).

√ Los agregados de de 0,1 a 0,074 mm de diámetro con el DMP ($r=-0,84$; $p<0,001$), la pérdida de suelo ($r=0,58$; $p<0,05$) y la RM en el surco ($r=-0,62$; $p=0,03$).

√ El diámetro medio ponderado con la pérdida de suelo ($r=-0,64$; $p=0,02$) y la resistencia mecánica en el surco ($r=0,55$; $p=0,06$).

√ La velocidad de infiltración y la RM entre surco ($r=-0,53$; $p=0,07$).

Considerando los datos agrupados por tratamiento, se verifica asociación en:

SD/CF/SP

√ La densidad aparente con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,08$), los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,98$; $p<0,006$) y el escurrimiento ($r=0,98$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,08$), el DMP ($r=0,99$; $p=0,04$) y la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro y los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro y el escurrimiento ($r=0,99$; $p=0,02$).

√ Los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p<0,01$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro con el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p=0,08$) y la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p=0,07$).

√ El diámetro medio ponderado y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p<0,01$).

SD/SF/SP

√ El CO con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,99$; $p<0,0001$) y los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro y los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,07$).

SD/CF/CP

√ El carbono orgánico (CO) con la densidad aparente ($r=0,99$; $p=0,03$) y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,03$).

√ La densidad aparente (DA) y la pérdida de suelo ($r=0,98$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p=0,08$) y el escurrimiento ($r=0,99$; $p=0,09$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p<0,001$).

√ El diámetro medio ponderado y el escurrimiento ($r=-0,99$; $p<0,01$).

SD/SF/CP

√ El carbono orgánico y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro y el DMP ($r=0,99$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con los agregados 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,02$) y los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,09$).

LR/CF/SP

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con el DMP ($r=0,99$; $p=0,02$), la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p<0,01$) y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con los agregados 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,04$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,05$) y el escurrimiento ($r=-0,99$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p<0,005$) y el escurrimiento ($r=-0,99$; $p=0,02$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el escurrimiento ($r=-0,99$; $p=0,02$).

√ El diámetro medio ponderado (DMP) con la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p=0,04$) y la pérdida de suelo ($r=0,98$; $p=0,09$).

√ La velocidad de infiltración y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p<0,05$).

LR/SF/SP

√ El carbono orgánico (CO) y la densidad aparente ($r=-0,99$; $p<0,007$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,02$), la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p=0,07$) y la pérdida de suelo ($r=0,98$; $p=0,09$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p=0,02$).

√ Los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro con la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p=0,04$) y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,07$).

√ El diámetro medio ponderado y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,08$).

LR/CF/CP

√ El carbono orgánico con los agregados 4-2 mm de diámetro ($r=0,99$; $p<0,006$) y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,03$).

√ La densidad aparente y los agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,06$).

√ Los agregados 4-2 mm de diámetro y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,03$) y los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,08$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro y los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p<0,05$).

LR/SF/CP

√ El carbono orgánico con los agregados 1-0,5 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,06$), la infiltración ($r=0,99$; $p<0,01$) y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p=0,02$).

√ Los agregados 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,04$), la velocidad de infiltración ($r=-0,98$; $p=0,09$) y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p=0,08$).

√ Los agregados 1-0,5 mm de diámetro con la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p<0,05$) y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=0,99$; $p=0,02$).

LC/CF/SP

√ El CO con la DA ($r=0,99$; $p=0,07$) y el escurrimiento ($r=-0,99$; $p=0,07$).

√ La densidad aparente (DA) y el escurrimiento ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ Los agregados 4-2 mm de diámetro con los agregados de 2-1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,02$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,09$) y el diámetro medio ponderado (DMP) ($r=0,99$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,06$) y el DMP ($r=0,99$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,1-0,0074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,09$) y la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro con el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p=0,02$) y la infiltración ($r=-0,99$; $p=0,04$).

√ El DMP y la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p=0,07$).

LC/SF/SP

√ El carbono orgánico y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p=0,07$).

√ Los agregados 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,06$) y los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p<0,008$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,06$), los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,06$) y el diámetro medio ponderado ($r=0,99$; $p=0,02$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,07$) y el DMP ($r=0,99$; $p=0,09$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=0,99$; $p=0,04$).

LC/CF/CP

√ Los agregados 4-2 mm de diámetro y la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,03$), los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,04$), el DMP ($r=0,99$; $p=0,02$) y la infiltración ($r=-0,99$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p=0,06$) y la infiltración ($r=-0,99$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,99$; $p=0,08$), el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p<0,05$) y la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p=0,02$).

√ El DMP y la velocidad de infiltración ($r=-0,98$; $p=0,09$).

LC/SF/CP

√ El CO y los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p<0,05$).

√ La DA y los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con el diámetro medio ponderado ($r=-0,99$; $p=0,03$) y la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p=0,04$).

√ El DMP y la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p<0,01$).

√ La velocidad de infiltración y la pérdida de suelo ($r=-0,99$; $p=0,08$).

Considerando todos los datos agrupados por sistema de labranza, se observa correlación en:

Siembra directa

√ La densidad aparente con los agregados estables de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,64$; $p=0,08$), el escurrimiento ($r=0,76$; $p=0,02$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,71$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,01$), los agregados estables de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,01$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,75$; $p=0,03$), el DMP ($r=0,77$; $p=0,02$) y la RM entre surco ($r=0,73$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 1 a 0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,83$; $p<0,01$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,75$; $p=0,03$) y el diámetro medio ponderado ($r=-0,95$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,94$; $p<0,0001$) y el DMP ($r=-0,85$; $p<0,008$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=-0,74$; $p=0,02$).

√ El escurrimiento y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,76$; $p=0,02$).

√ La RM en el surco con la RM entre surco ($r=0,78$; $p=0,02$).

√ El contenido de humedad con la RM en el surco ($r=-0,64$; $p=0,08$) y la RM entre surco ($r=-0,89$; $p<0,003$).

Labranza reducida

√ El carbono orgánico y la pérdida de suelo ($r=-0,70$; $p<0,05$).

√ La densidad aparente con el escurrimiento ($r=0,96$; $p<0,0001$), la RM en el surco ($r=0,92$; $p<0,001$) y la RM entre surco ($r=0,85$; $p=0,007$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,74$; $p=0,03$), los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=-0,91$; $p<0,0002$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,81$; $p<0,01$) y el diámetro medio ponderado ($r=0,94$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro con los agregados de 0,5- 0,1 mm de diámetro ($r=-0,63$; $p=0,09$) y el DMP ($r=0,71$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=-0,68$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,76$; $p=0,03$) y el DMP ($r=-0,92$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro y el diámetro medio ponderado ($r=-0,71$; $p=0,04$).

√ La velocidad de infiltración y la pérdida de suelo ($r=-0,76$; $p=0,02$).

√ El escurrimiento con la resistencia mecánica en el surco ($r=0,95$; $p<0,0003$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,87$; $p<0,005$).

√ La RM en el surco con la RM entre surco ($r=0,74$; $p=0,03$).

√ El contenido de humedad con la RM en el surco ($r=-0,77$; $p=0,02$).

Labranza convencional

√ El carbono orgánico y el escurrimiento ($r=-0,65$; $p=0,07$).

√ La DA y los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,67$; $p<0,06$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,84$; $p<0,01$) y la velocidad de infiltración ($r=0,96$; $p<0,0001$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro y los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,70$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro y la velocidad de infiltración ($r=-0,75$; $p=0,03$).

√ El DMP con la pérdida de suelo ($r=0,66$; $p=0,07$), escurrimiento ($r=0,77$; $p=0,02$) y la resistencia mecánica en el surco ($r=0,81$; $p<0,01$).

√ La pérdida de suelo con la resistencia mecánica en el surco ($r=0,80$; $p<0,01$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,91$; $p<0,002$).

√ El contenido de humedad con la RM en el surco ($r=-0,79$; $p<0,01$).

4.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

4.5.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 1999-2000 se presentan en la Tabla 4.5.7. y en la Figura 4.5.37. La pérdida media de suelo en el ciclo difiere significativamente ($p<0,05$) entre las secciones. La loma plana y baja presentan una pérdida media total de suelo (0,26 y 0,23) significativamente menor, mientras la mayor pérdida la muestra la loma alta (0,32) ($p<0,05$). La loma media (0,28) presenta ($p<0,05$) un valor intermedio de pérdida (Figura 4.5.37.).

Tabla 4.5.7. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,09 a	0,05 a	0,09 a	0,03 a	0,26 ab
Loma alta	0,07 a	0,04 a	0,13 b	0,08 b	0,32 c
Loma media	0,10 a	0,04 a	0,09 a	0,05 ab	0,28 bc
Loma baja	0,07 a	0,02 a	0,09 a	0,05 ab	0,23 ab

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

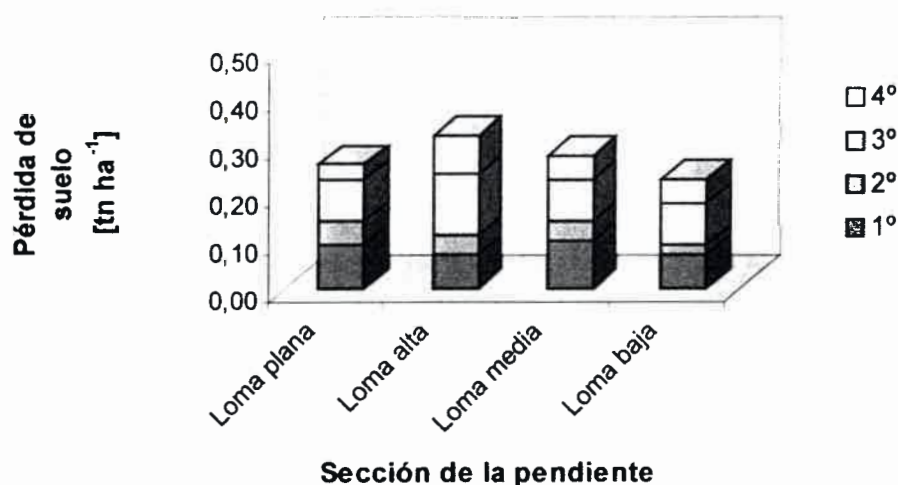


Figura 4.5.37. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el primer evento del ciclo (Tabla 4.5.7.) las pérdidas no presentan diferencias significativas en las secciones de la pendiente (Figura 4.5.38.)

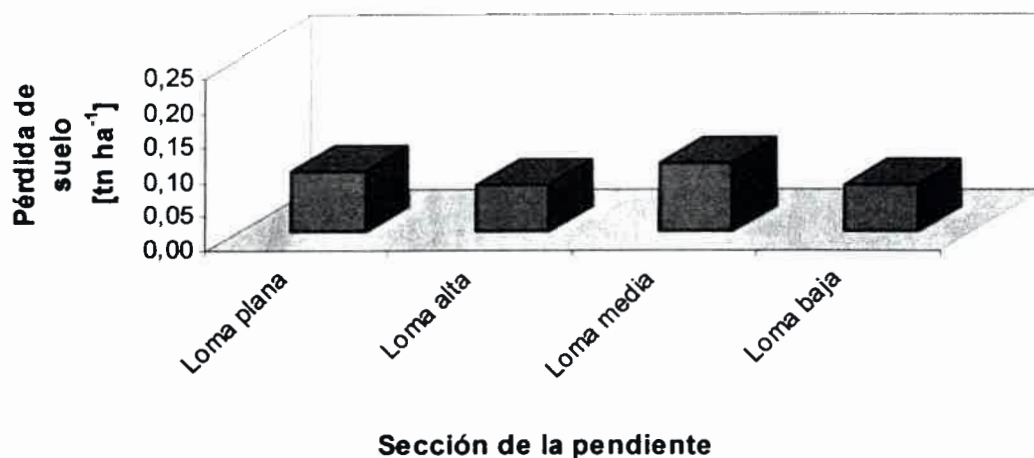


Figura 4.5.38. Pérdida media de suelo en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el segundo evento del ciclo 1999-2000, al igual que el anterior evento (Tabla 4.5.7.), las pérdidas de suelo en las secciones de la pendiente no presentan diferencias significativas (Figura 4.5.39.).

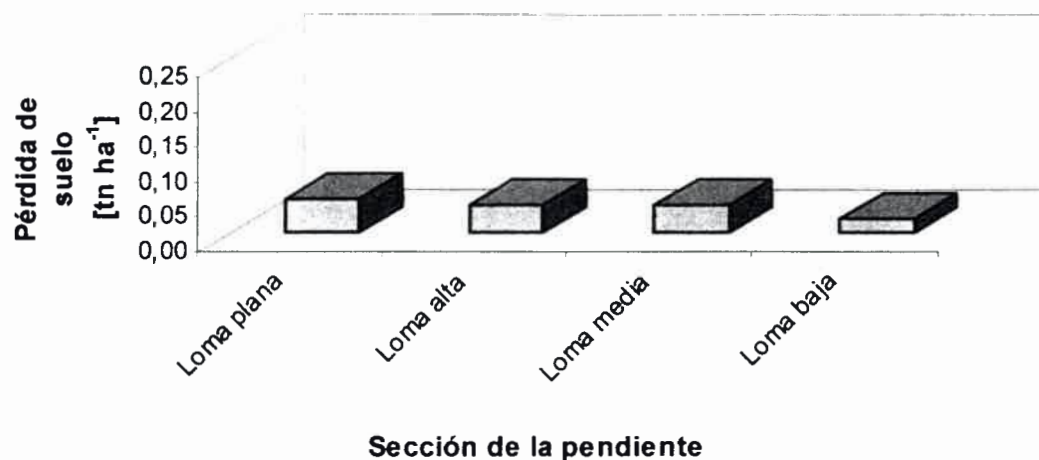


Figura 4.5.39. Pérdida media de suelo en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el tercer evento del ciclo 1999-2000 se observa en la loma alta significativamente la mayor pérdida de suelo (0,13) (Tabla 4.5.7.) mientras que las demás secciones presentan el nivel más bajo (0,09) y sin diferencias significativas entre sí (Figura 4.5.40.).

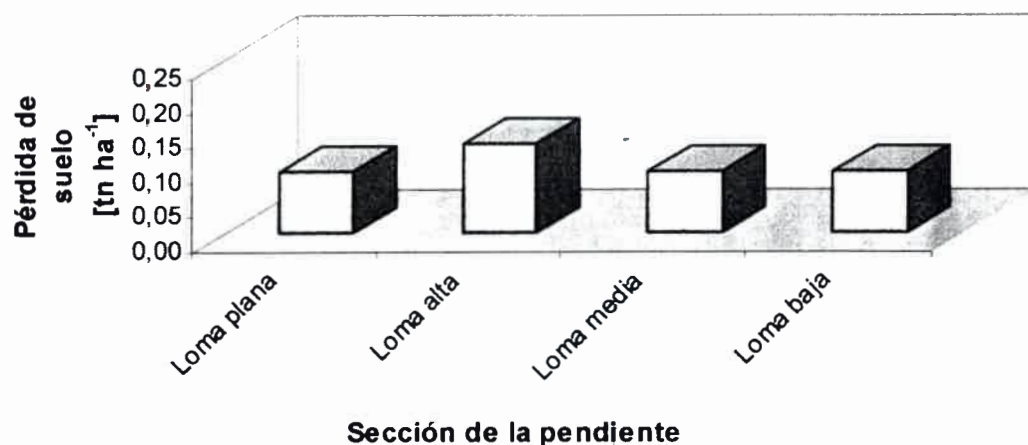


Figura 4.5.40. Pérdida media de suelo en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el cuarto evento del ciclo 1999-2000 (Tabla 4.5.7.), la menor pérdida de suelo se presenta significativamente en la loma plana (0,03), y la mayor pérdida (0,08) en la loma alta ($p < 0,05$). La loma media y baja muestran un nivel intermedio de pérdida (0,05) (Figura 4.5.41.).

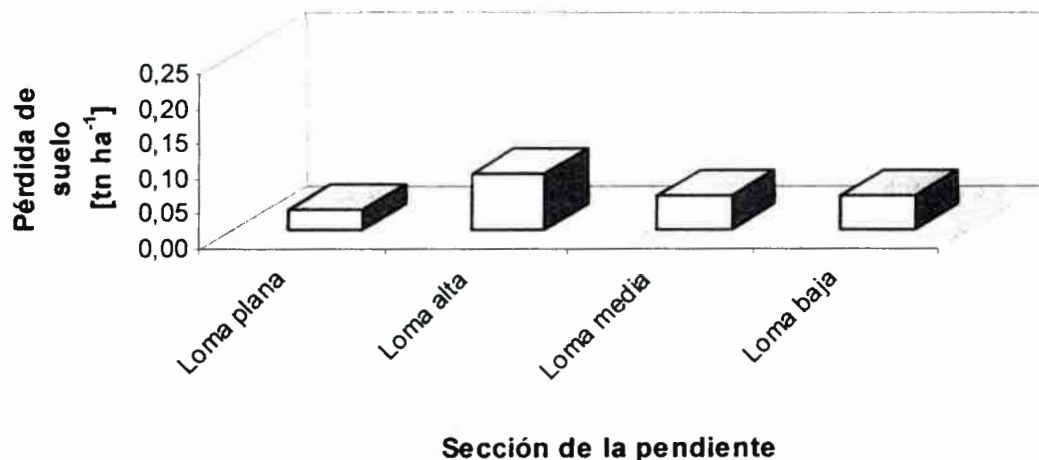


Figura 4.5.41. Pérdida media de suelo en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En la Figura 4.5.42. se presenta la pérdida media de suelo por sección y a nivel de evento en el ciclo 1999-2000.

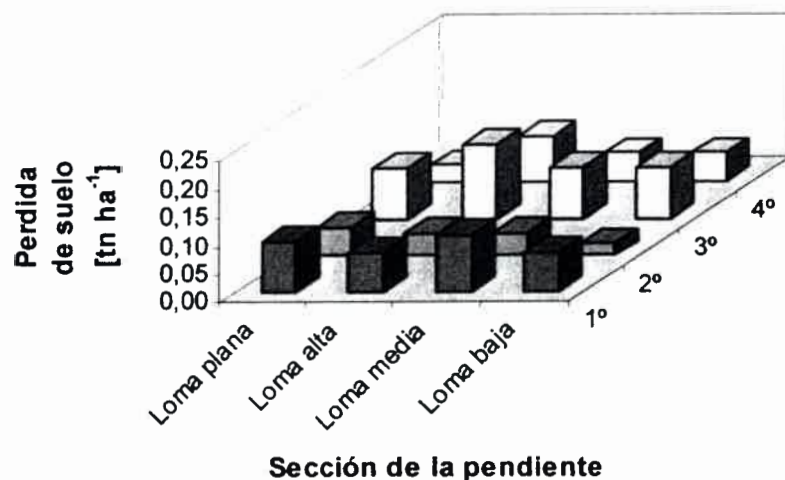


Figura 4.5.42. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

➤ Ecurrimiento

El escurrimiento de suelo por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 1999-2000 se presentan en la Tabla 4.5.8. y en la Figura 4.5.43.

Tabla 4.5.8. Ecurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Ecurrimiento [$m^3 ha^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	5,50 a	4,33 b	4,93 a	8,73 b	23,49 a
Loma alta	10,90 c	2,65 a	8,33 b	8,60 b	30,48 b
Loma media	8,50 b	2,60 a	8,08 b	4,50 a	23,68 a
Loma baja	9,50 bc	2,70 a	4,78 a	8,25 b	25,23 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 1999-2000 el escurrimiento medio por erosión hídrica laminar presenta un escurrimiento medio total, significativamente mayor (30,48), en la loma alta (Tabla 4.5.8.), mientras que en la loma plana (23,49), media (23,68) y baja (25,23) se muestran los menores escurrimientos sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$) (Figura 4.5.43).

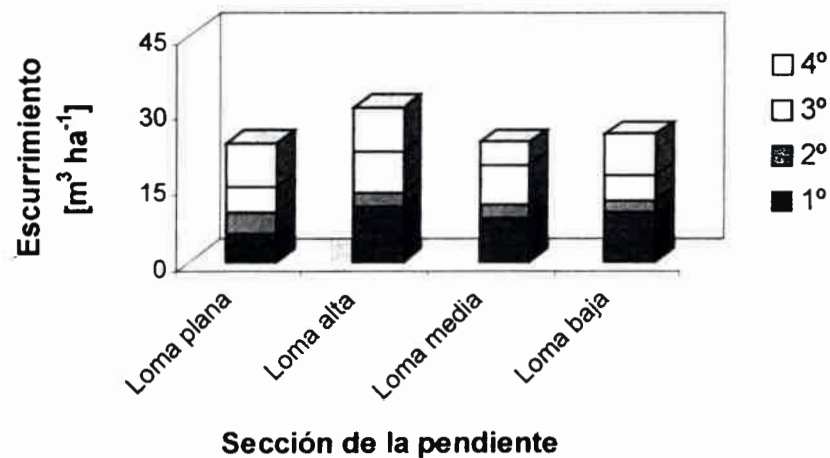
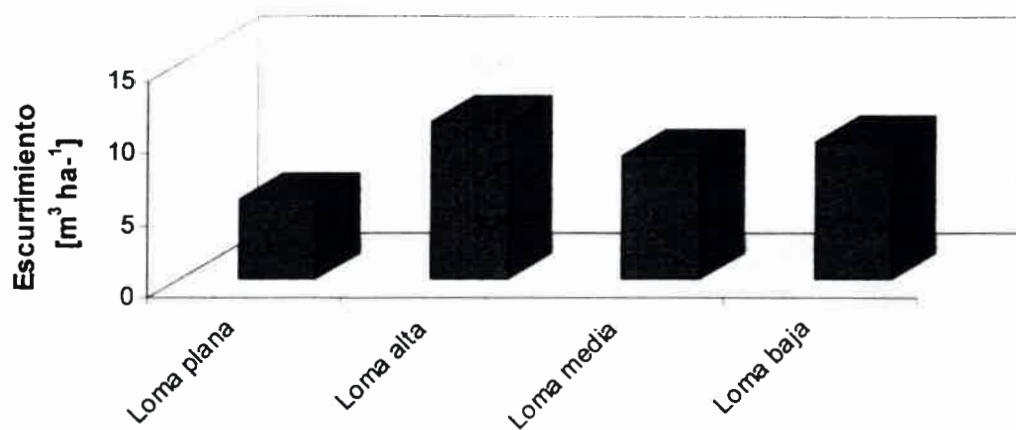


Figura 4.5.43. Ecurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el primer evento del ciclo 1999-2000 (Tabla 4.5.8.) la loma plana (5,50) presenta significativamente ($p < 0,05$) el menor escurrimiento (Figura 4.5.44.). El mayor escurrimiento de este evento lo muestra la loma alta (10,90)

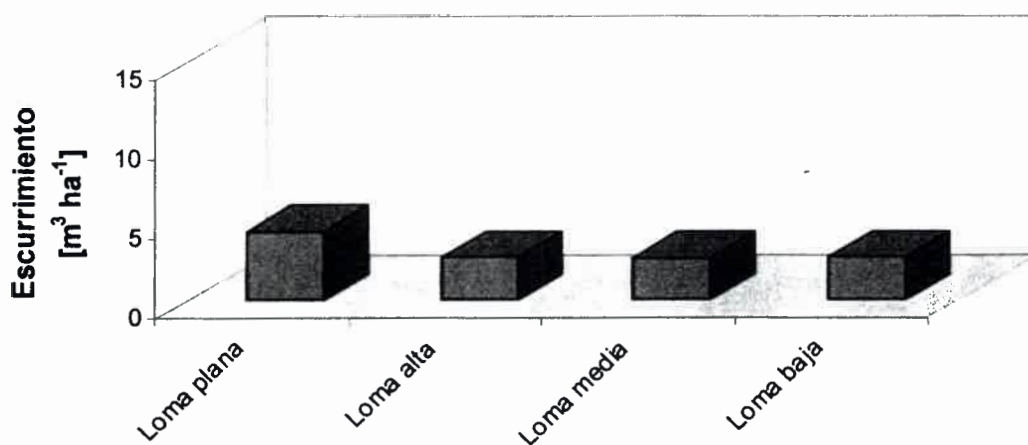
($p < 0,05$) mientras que la loma baja (9,50) y media (8,50) presentan un nivel intermedio de escurrimiento ($p > 0,05$).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.44. Escrimento medio en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el segundo evento del ciclo 1999-2000 (Tabla 4.5.8.) el nivel más alto de escurrimiento lo muestra significativamente ($p < 0,05$) la loma alta (4,33). Mientras que el menor escurrimiento lo presentan la loma alta (2,65), media (2,60) y baja (2,70) ($p > 0,05$) (Figura 4.5.45.).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.45. Escrimento medio en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el tercer evento del ciclo (Tabla 4.5.8.) el menor escurrimiento lo presenta la loma plana (4,93) y baja (4,78) ($p>0,05$). El mayor escurrimiento lo muestran la loma alta (8,33) y media (8,08) ($p>0,05$) (Figura 4.5.46.).

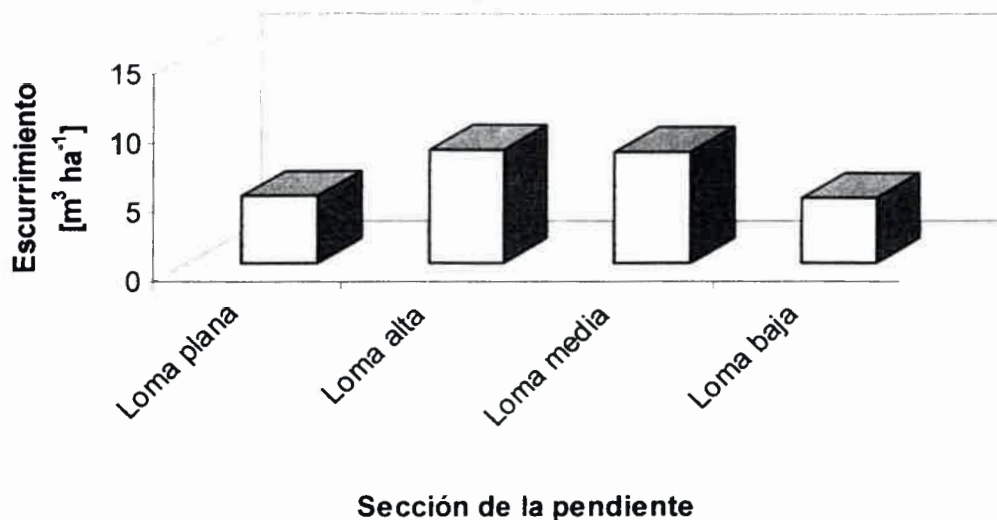


Figura 4.5.46. Ecurrimiento medio en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

En el cuarto evento del ciclo 1999-2000 (Tabla 4.5.8.) la loma media presenta significativamente el menor escurrimiento (4,50), mientras la loma plana (8,73), alta (8,60) y baja (8,25) muestran los mayores escurrimientos sin diferencia significativa entre sí (Figura 4.5.47.).

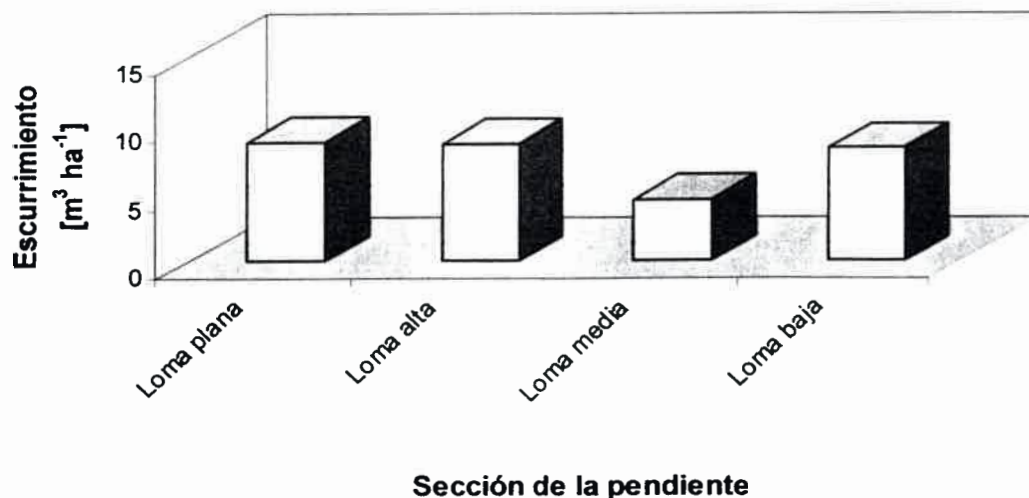


Figura 4.5.47. Ecurrimiento medio en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

La Figura 4.5.48. presenta el escurrimiento medio total por evento en el ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

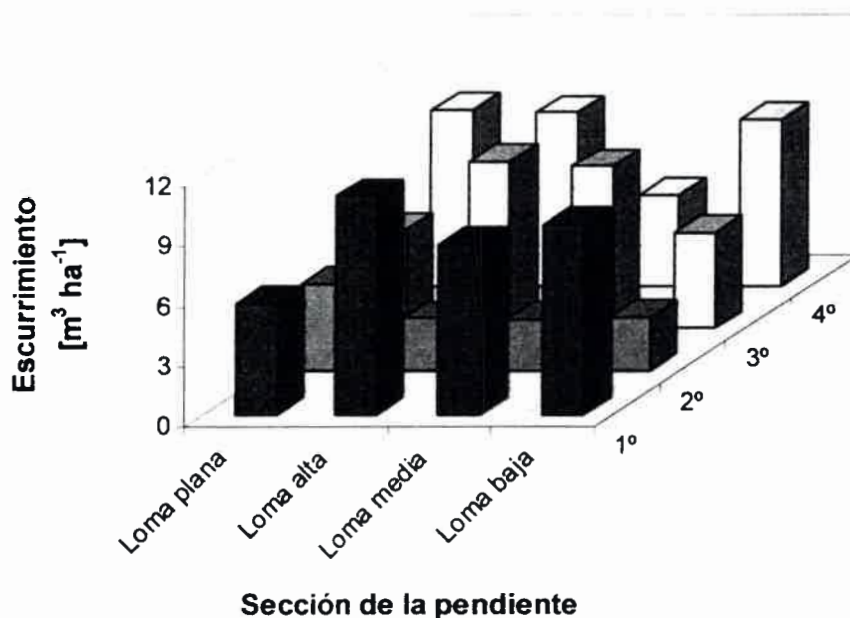


Figura 4.5.48. Escurrimiento medio por evento en el ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.5.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.5.9. y en la Figura 4.5.49.

Tabla 4.5.9. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [$tn ha^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,18 b	0,05 a	0,05 ab	0,01 a	0,29 b
Loma alta	0,24 c	0,05 a	0,07 b	0,03 a	0,39 c
Loma media	0,19 b	0,04 a	0,05 ab	0,02 a	0,30 b
Loma baja	0,12 a	0,03 a	0,03 a	0,02 a	0,20 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La pérdida media de suelo por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones durante el ciclo 2000-2001 difiere significativamente ($p < 0,05$) entre ellas (Tabla 4.5.9.). La loma baja presenta una menor pérdida media total de suelo (0,20), mientras la mayor la loma alta (0,39) ($p < 0,05$). La loma plana (0,29) y media (0,30) presentan un valor intermedio pérdida (Figura 4.5.49.).

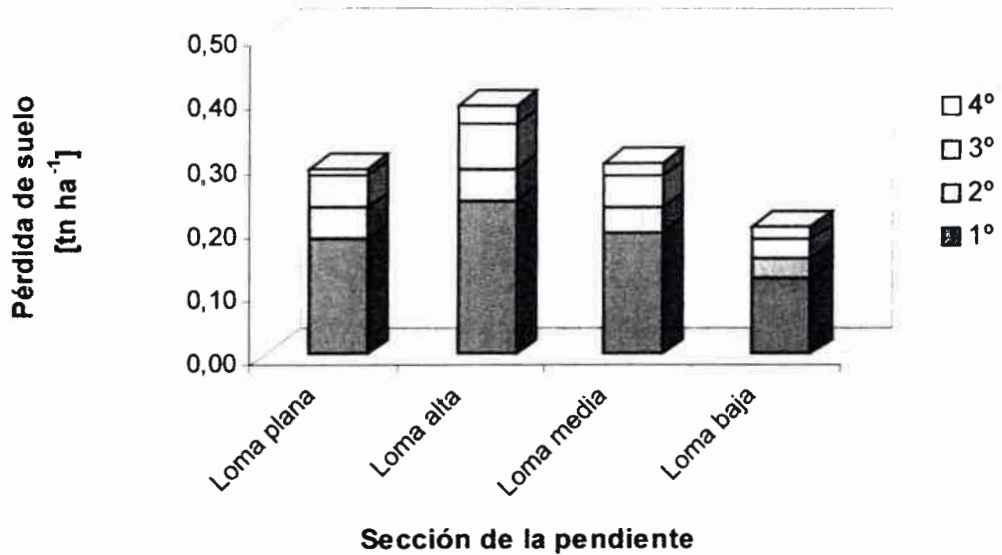


Figura 4.5.49. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el primer evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.9.) la menor pérdida de suelo en la pendiente la presenta significativamente la loma baja (0,12). En la loma alta se muestra la mayor pérdida de suelo (0,24) ($p < 0,05$), y en las demás secciones niveles intermedios (Figura 4.5.50.).

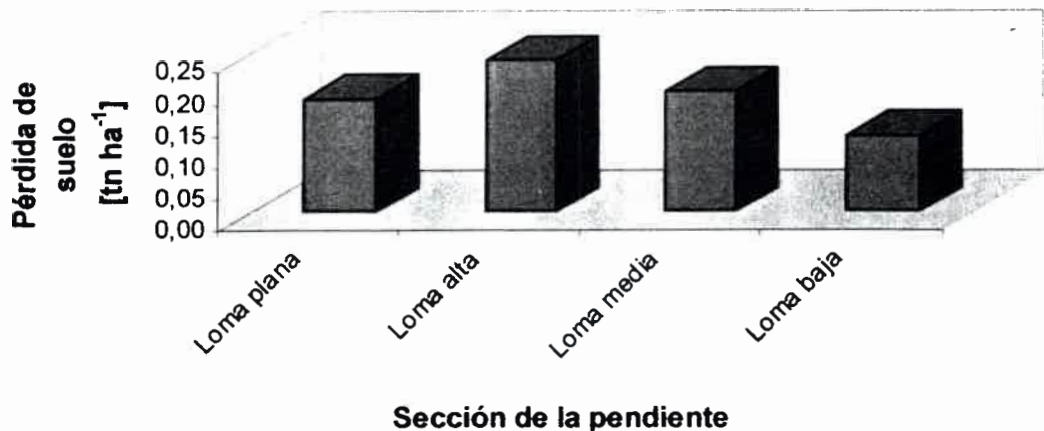


Figura 4.5.50. Pérdida media de suelo en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el segundo evento del ciclo 2000-2001, las pérdidas de suelo en las secciones de la pendiente no presentan diferencias significativas (Tabla 4.5.9.), aunque en la loma baja se muestra el menor nivel de pérdida (0,03) y en la loma plana y alta la mayor (0,05) (Figura 4.5.51.).

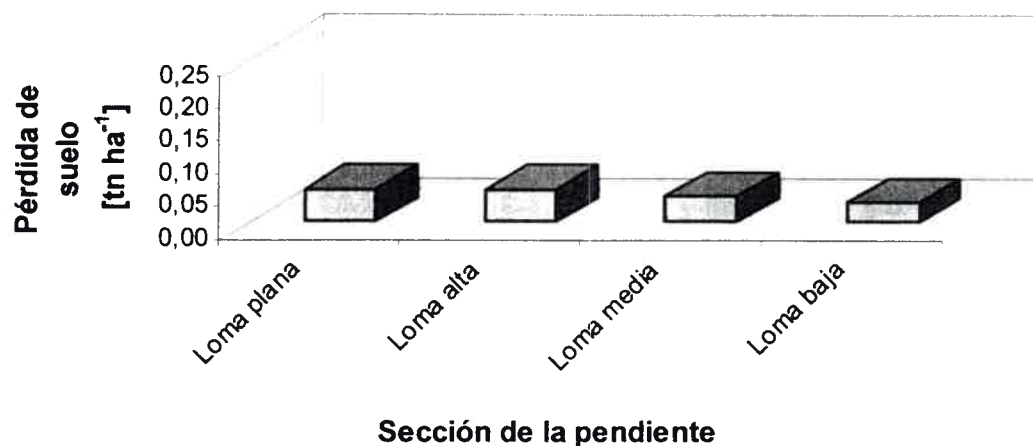


Figura 4.5.51. Pérdida media de suelo en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el tercer evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.9.) en la loma alta se observa significativamente la mayor pérdida de suelo (0,07) mientras que la loma baja presenta el nivel más bajo (0,03). La loma plana y baja muestran igual nivel de pérdida (0,05) y sin diferencias significativas entre sí (Figura 4.5.52.).

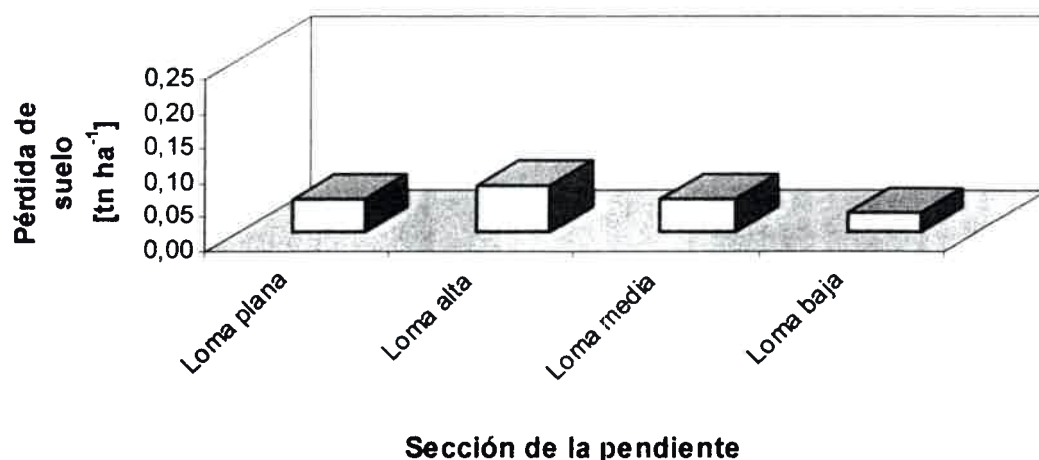


Figura 4.5.52. Pérdida media de suelo en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el cuarto evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.6.9.) se observa un nivel de pérdida de suelo muy bajo y sin diferencia significativa en la pendiente, aunque en la loma plana (0,01) se observa el nivel más bajo, y el mayor en la loma alta (0,03) (Figura 4.5.53.).

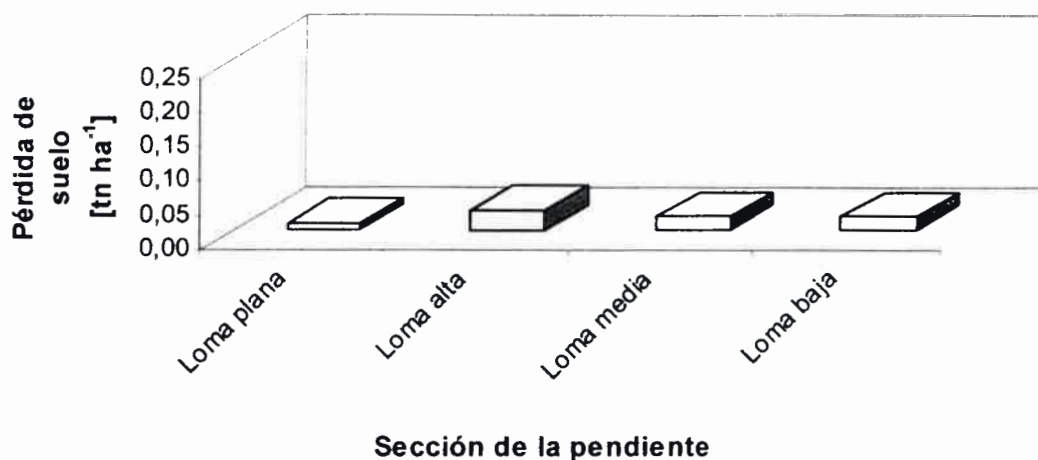


Figura 4.5.53. Pérdida media de suelo en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En la Figura 4.5.54. se muestra la pérdida media de suelo por eventos en el ciclo 2000-2001 en las distintas secciones de la pendiente El Vertedero.

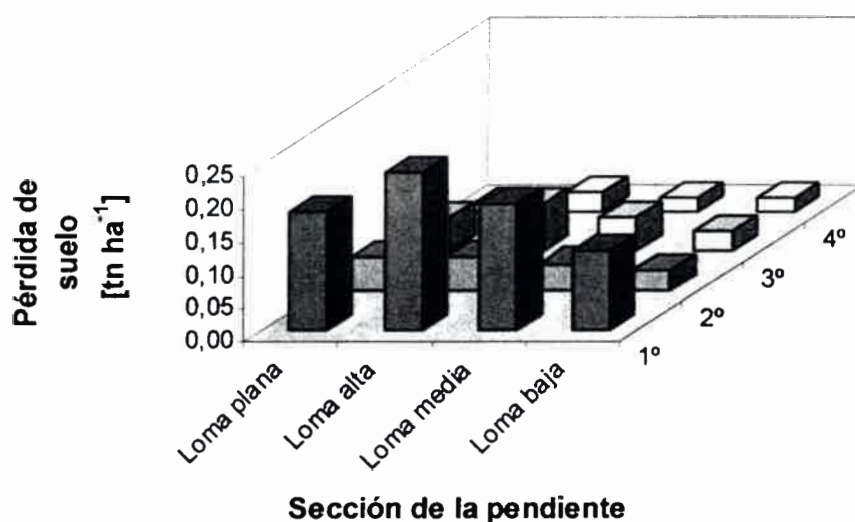


Figura 4.5.54. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

➤Esgurrimiento

El esgurrimiento de suelo por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.5.10. y en la Figura 4.5.55.

Tabla 4.5.10. Esgurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Esgurrimiento [$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	14,85 ab	15,13 c	11,99 ab	2,65 a	44,62 c
Loma alta	16,63 b	7,00 a	13,58 bc	6,78 b	43,99 c
Loma media	14,75 ab	6,41 a	14,38 c	5,63 b	41,17 b
Loma baja	13,55 a	10,13 b	11,50 a	3,43 a	38,61 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2000-2001 el esgurrimiento medio por erosión hídrica laminar muestra un esgurrimiento medio total (Tabla 4.5.10.) significativamente menor en la loma baja (38,61), mientras que en la loma plana (44,62) y alta (43,99) presenta el mayor esgurrimiento medio total sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). La loma media (41,17) tiene un nivel intermedio de esgurrimiento (Figura 4.5.55).

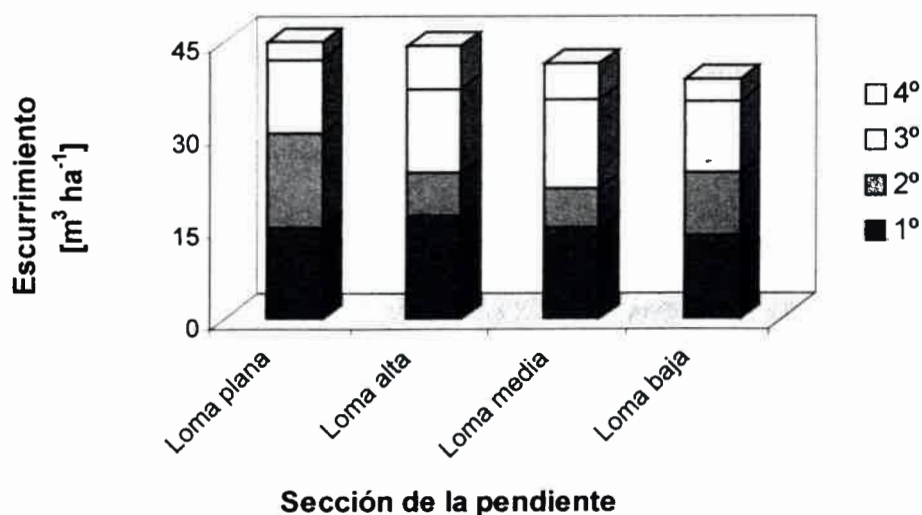


Figura 4.5.55. Esgurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el primer evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.10.) la loma baja (13,55) muestra significativamente ($p < 0,05$) el menor escurrimiento (Figura 4.5.56.). El mayor escurrimiento se presenta en la loma alta (16,63) ($p < 0,05$), mientras que la loma plana (14,85) y media (14,75) tienen un nivel intermedio.

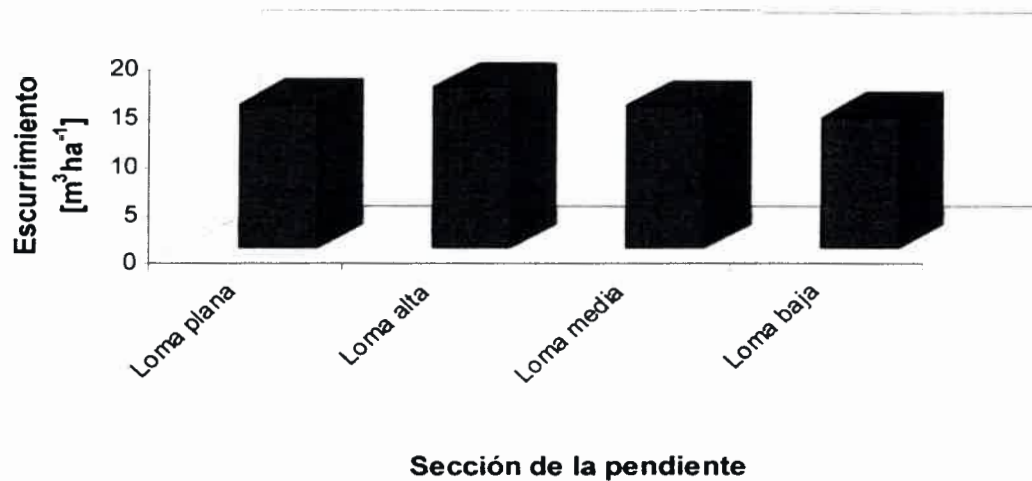


Figura 4.5.56. Escurrimiento medio en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el segundo evento (Figura 4.5.57.) el nivel más alto de escurrimiento lo muestra ($p < 0,05$) la loma plana (15,13), mientras que el menor la loma alta (7,00) y media (6,41) ($p > 0,05$). La loma baja muestra un nivel intermedio.

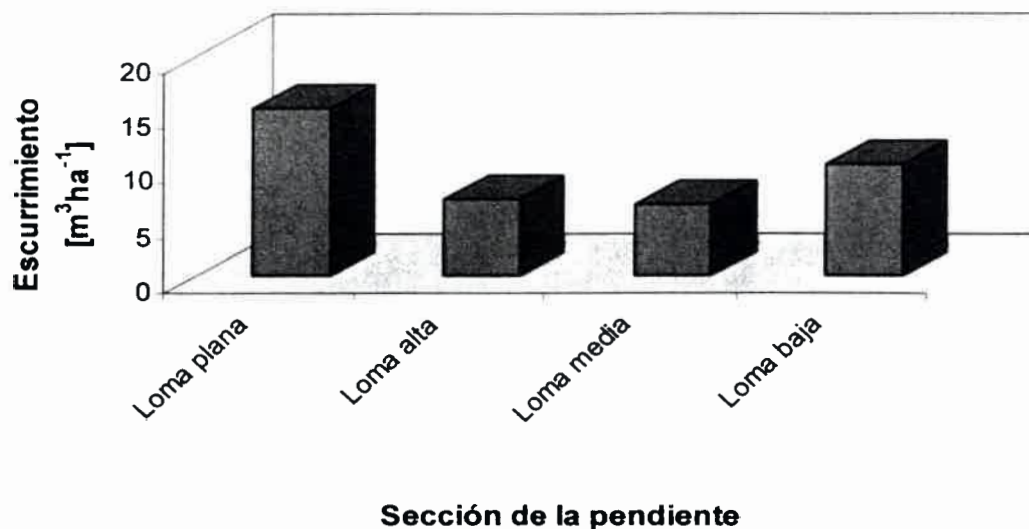
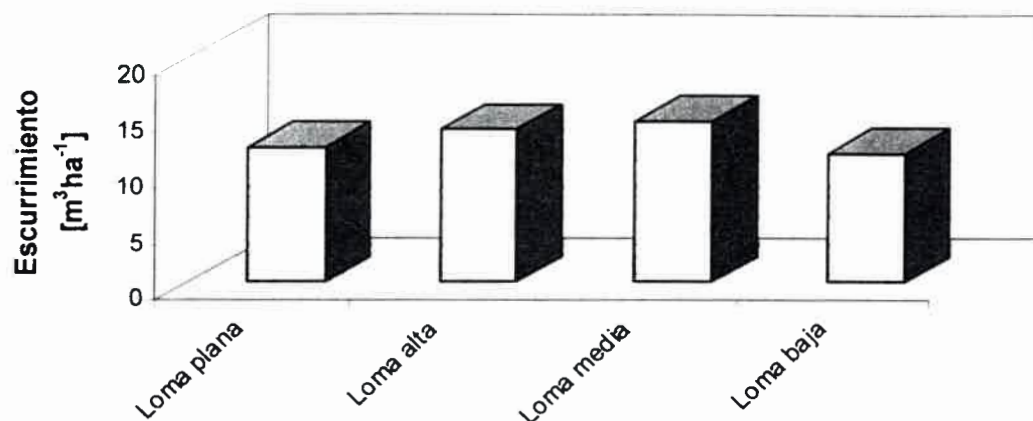


Figura 4.5.57. Escurrimiento medio en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

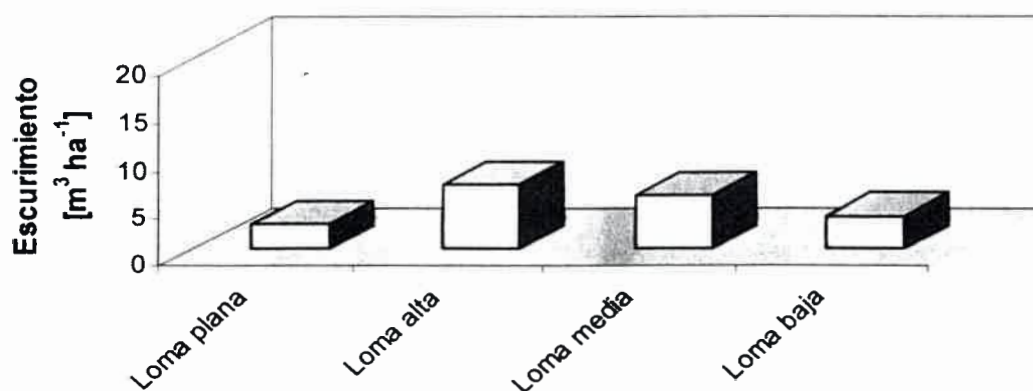
En el tercer evento del ciclo (Tabla 4.5.10.) el menor escurrimiento lo presenta la loma plana (11,99) y baja (11,50) ($p>0,05$). El mayor escurrimiento lo muestran la loma alta (13,58) y media (14,38) ($p>0,05$) (Figura 4.5.58.).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.58. Escurrencio medio en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En el cuarto evento del ciclo 2000-2001 (Tabla 4.5.10.) la loma plana (2,65) y baja (3,43) presentan el menor escurrimiento ($p>0,05$), mientras la loma alta (6,78) y media (5,63) muestran los mayores escurrimientos sin diferencia significativa entre sí (Figura 4.5.59.).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.59. Escurrencio medio en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

En la Figura 4.5.60. se presenta el escurrimiento medio por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2000-2001.

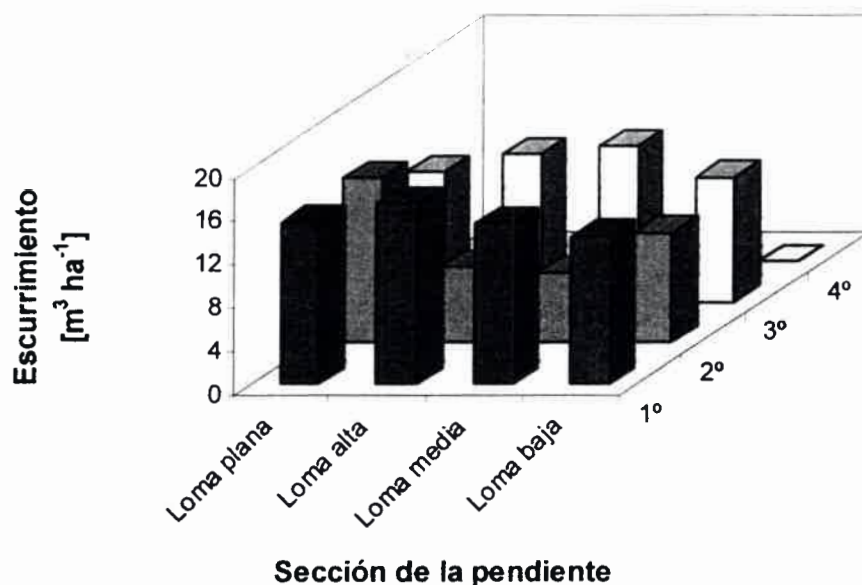


Figura 4.5.60. Ecurrimiento medio por evento en el ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.5.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.5.11. y en la Figura 4.5.61.

Tabla 4.5.11. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,23 c	0,06 a	0,07 b	0,02 a	0,38 b
Loma alta	0,13 a	0,07 a	0,04 a	0,06 ab	0,30 a
Loma media	0,14 ab	0,07 a	0,07 b	0,08 b	0,36 b
Loma baja	0,18 b	0,06 a	0,04 a	0,07 b	0,35 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La menor pérdida media total de suelo por erosión hídrica laminar en el ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.11.) se presenta significativamente en la loma alta (0,30) mientras la mayor pérdida se muestra en la loma plana (0,38), media (0,36) y baja (0,35) sin diferencia significativa ($p > 0,05$) (Figura 4.5.61.).

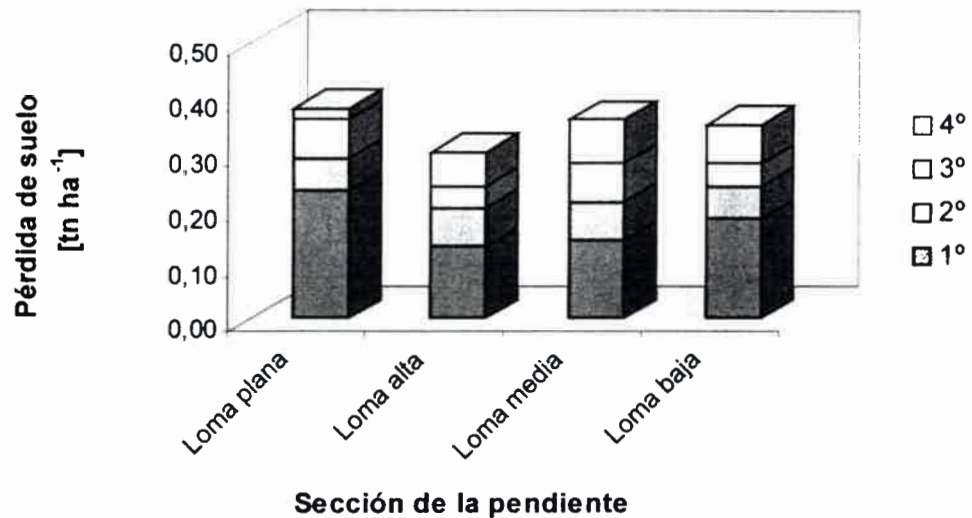


Figura 4.5.61. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el primer evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.11.) la menor pérdida de suelo en la pendiente la presenta ($p < 0,05$) la loma alta (0,13) y media (0,14). La mayor pérdida en el primer evento la muestra ($p < 0,05$) la loma plana (0,23), mientras que la loma baja un nivel intermedio (0,18) (Figura 4.5.62.).

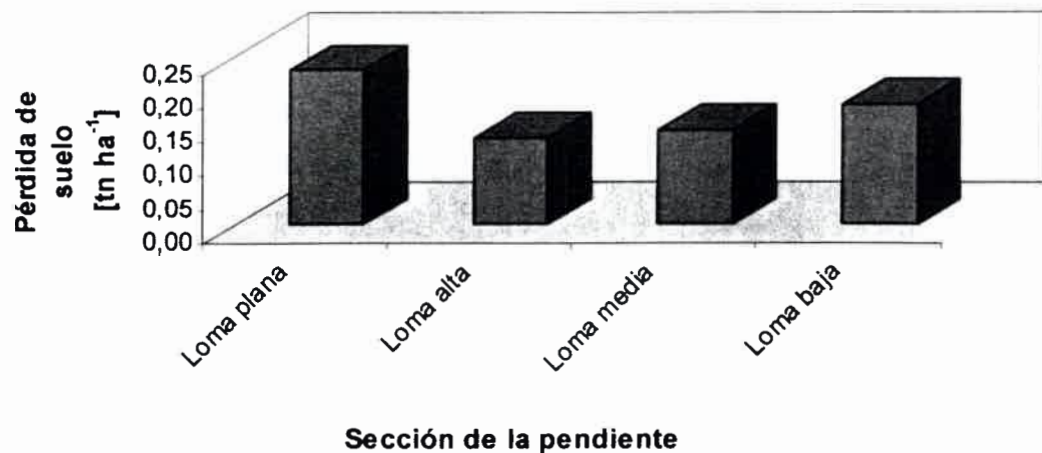


Figura 4.5.62. Pérdida media de suelo en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el segundo evento del ciclo las pérdidas de suelo en las secciones de la pendiente no presentan diferencias significativas (Tabla 4.5.11.), aunque en la loma plana y baja se muestra el menor nivel de pérdida (0,06) mientras que en la loma alta y media un nivel mayor (0,07) (Figura 4.5.63.).

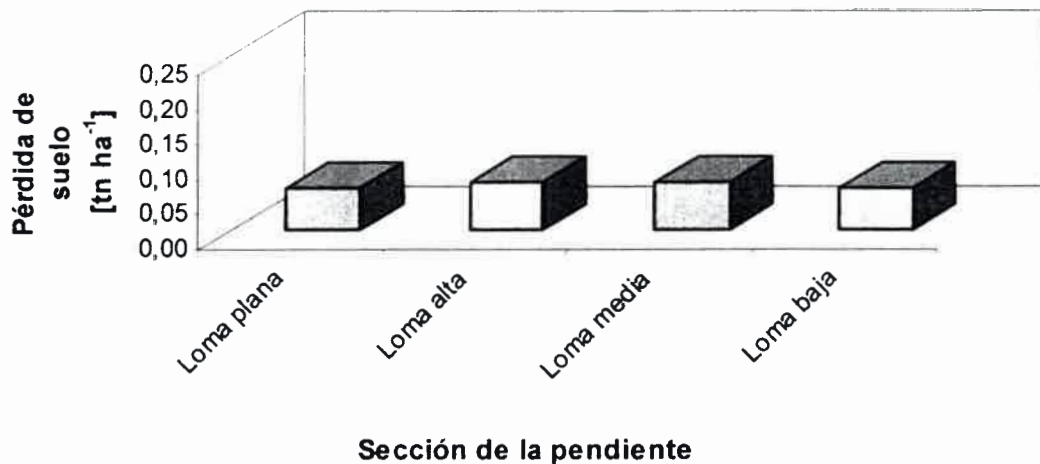


Figura 4.5.63. Pérdida media de suelo en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el tercer evento del ciclo (Tabla 4.5.11.) en la loma plana y media se observa ($p < 0,05$) la mayor pérdida de suelo (0,07) mientras que la loma alta y baja presenta el nivel más bajo con igual pérdida (0,04) (Figura 4.5.64.).

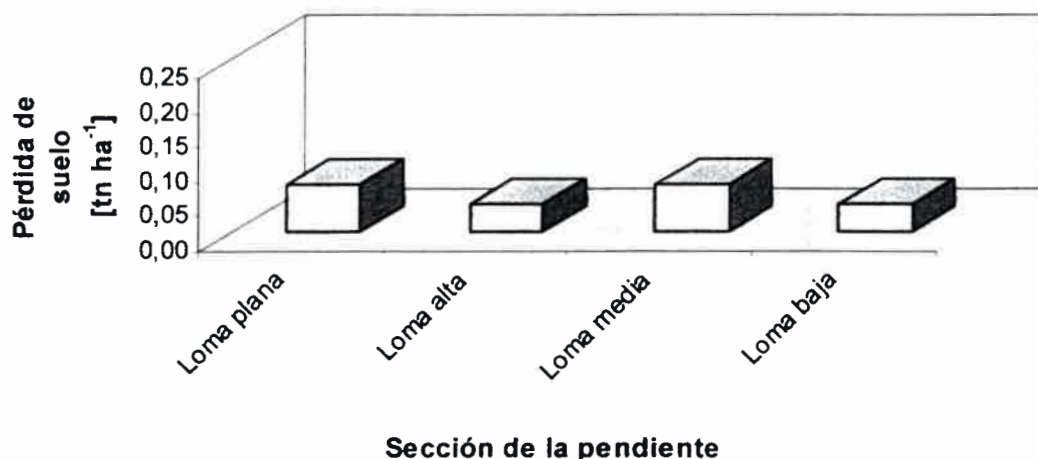
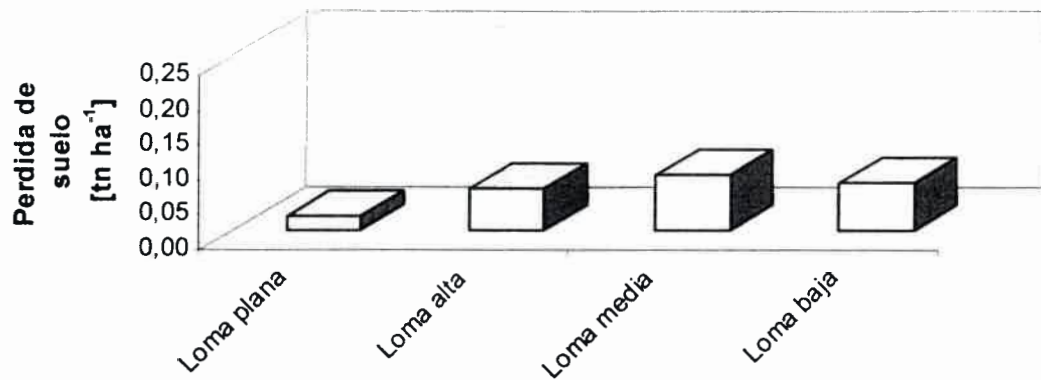


Figura 4.5.64. Pérdida media de suelo en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el cuarto evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.11.) en la loma plana se presenta significativamente el nivel de pérdida de suelo más bajo (0,02) y el

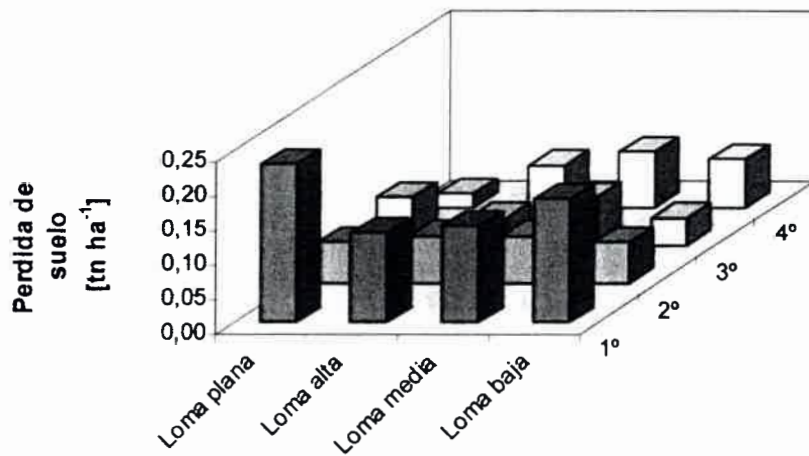
nivel más alto en la loma media (0,08) y baja (0,07) ($p > 0,05$). La loma alta muestra un nivel intermedio de pérdida (0,06) (Figura 4.5.65.).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.65. Pérdida media de suelo en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

La Figura 4.5.66. muestra la pérdida de suelo por eventos en el ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



Sección de la pendiente

Figura 4.5.66. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento de suelo por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 2001-2002 se presentan en la Tabla 4 5.12. y en la Figura 4.5.67.

Tabla 4.5.12. Ecurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Ecurrimiento [$m^3 ha^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	12,13 b	53,90 a	15,85 b	5,53 b	87,41 b
Loma alta	10,63 b	65,10 b	11,85 a	4,30 b	91,88 c
Loma media	14,28 c	64,90 b	17,20 c	7,00 c	103,38 d
Loma baja	6,90 a	54,85 a	17,53 c	2,60 a	81,88 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2001-2002 el menor escurrimiento medio total por erosión hídrica laminar (Tabla 4.5.12.) lo muestra significativamente la loma baja, en (81,88), mientras que la loma media (103,38) presenta el mayor escurrimiento medio ($p < 0,05$). La loma plana (87,41) y alta (91,88) tienen un nivel intermedio de escurrimiento con diferencia significativa entre sí (Figura 4.5.67).

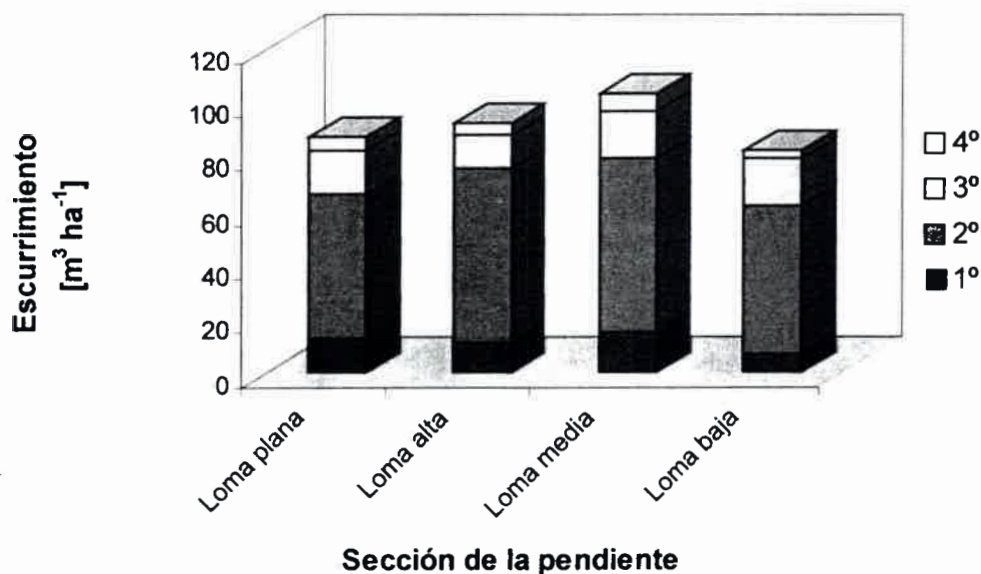


Figura 4.5.67. Ecurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el primer evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.12.) la loma baja (6,90) muestra ($p < 0,05$) el menor escurrimiento (Figura 4.5.68.) y la loma media (14,28) el mayor ($p < 0,05$), mientras que la loma plana (12,13) y alta (10,63) tienen un nivel intermedio de escurrimiento ($p > 0,05$).

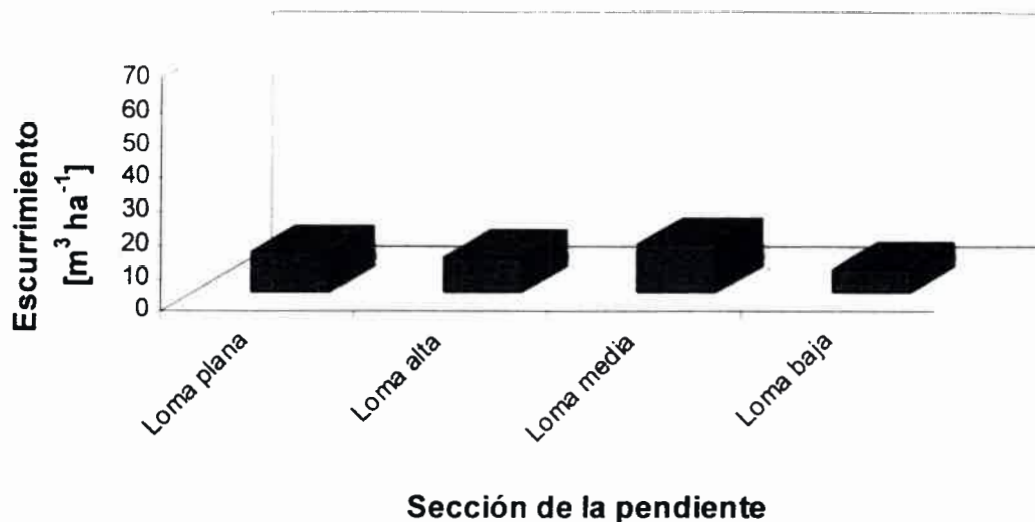


Figura 4.5.68. Escorrimento medio en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el segundo evento del ciclo (Tabla 4.5.12.) el menor nivel de escorrimento lo muestran la loma plana (53,90) y baja (54,85) ($p > 0,05$), mientras que el mayor escorrimento lo presentan la loma alta (65,10) y media (64,90) sin diferencia significativa entre sí ($p > 0,05$) (Figura 4.5.69.).

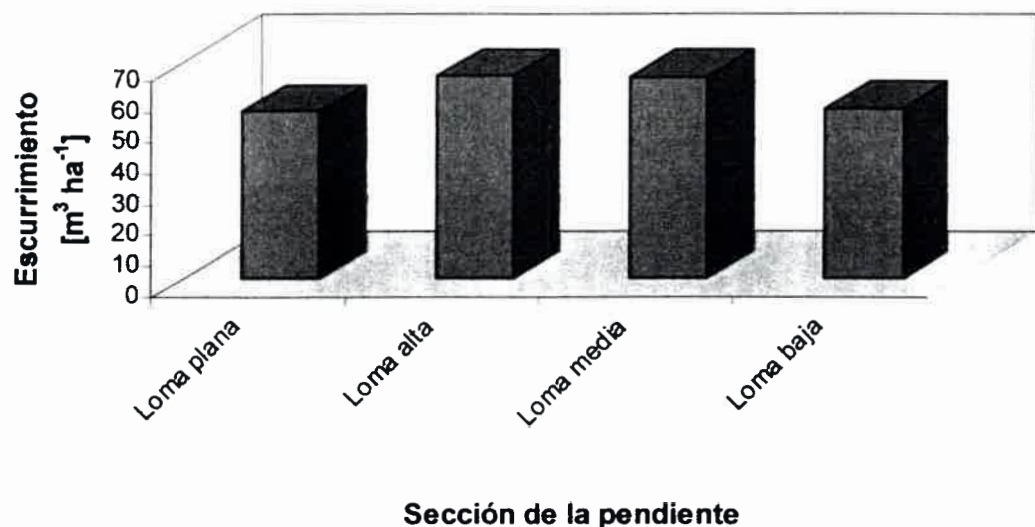


Figura 4.5.69. Escorrimento medio en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el tercer evento del ciclo (Tabla 4.5.12.) el menor escurrimiento lo presenta significativamente la loma alta (11,85) y el mayor escurrimiento la loma media (17,20) y baja (17,53) ($p > 0,05$). La loma plana (15,85) tiene un nivel intermedio de escurrimiento (Figura 4.5.70.).

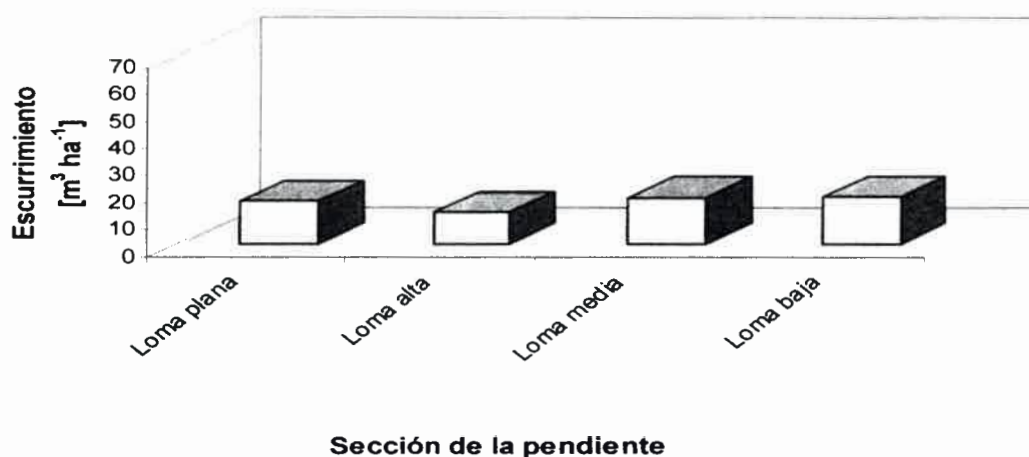


Figura 4.5.70. Ecurrimiento medio en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

En el cuarto evento del ciclo 2001-2002 (Tabla 4.5.12.) la loma baja (2,60) muestra ($p < 0,05$) el menor escurrimiento, mientras que la loma media (7,00) presenta el mayor escurrimiento ($p < 0,05$) (Figura 4.5.71.). Con niveles intermedios la loma plana (5,53) y alta (4,30) y sin diferencia significativa.

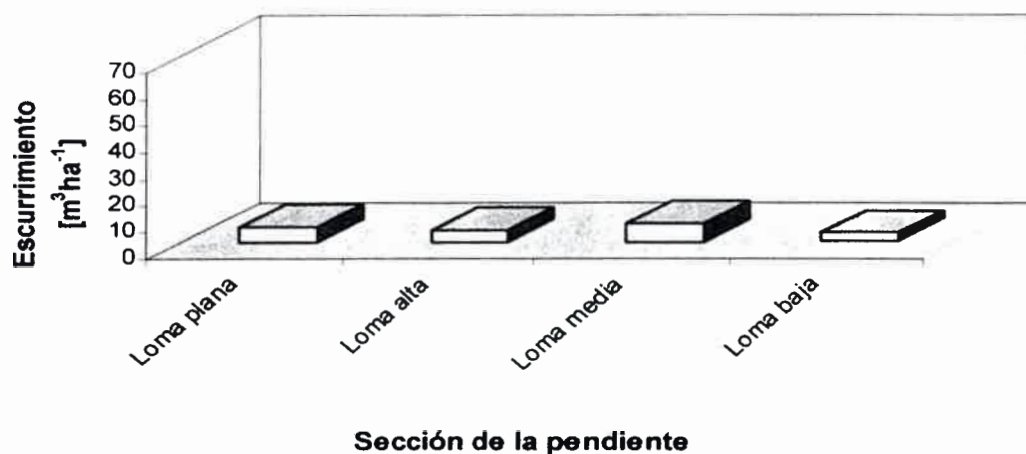


Figura 4.5.71. Ecurrimiento medio en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

La Figura 4.5.72. muestra el escurrimiento medio por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2001-2002.

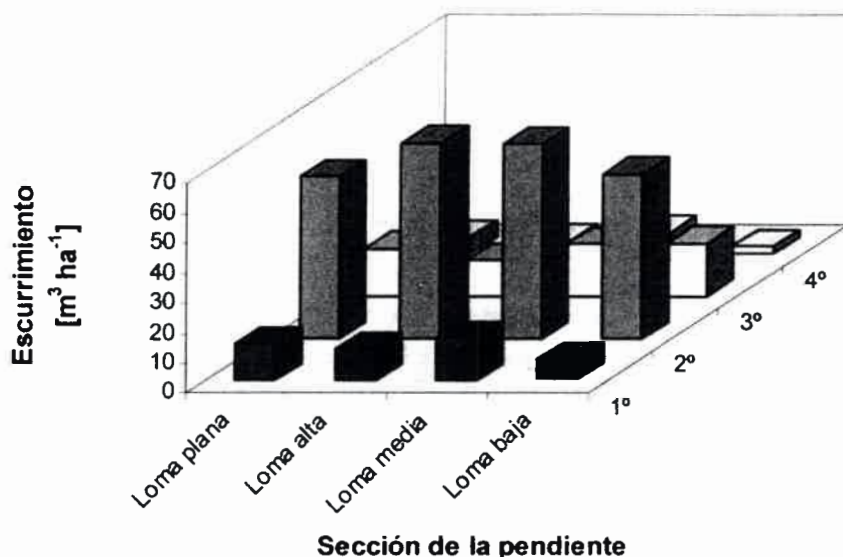


Figura 4.5.72. Ecurrimiento medio por evento en el ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.5.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida media de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.5.13. y en la Figura 4.5.73.

Tabla 4.5.13. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [$tn ha^{-1}$]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,09 a	0,06 a	0,16 b	0,05 a	0,36 a
Loma alta	0,11 a	0,06 a	0,08 a	0,06 a	0,31 a
Loma media	0,22 c	0,11 b	0,08 a	0,08 b	0,49 b
Loma baja	0,18 b	0,09 a	0,13 b	0,04 a	0,44 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La menor pérdida media total de suelo por erosión hídrica laminar en el ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.13.) se presenta significativamente en la loma plana (0,36) y alta (0,31), mientras la mayor pérdida se muestra en la loma media (0,49) y baja (0,44) sin diferencia significativa ($p > 0,05$) (Figura 4.5.73.).

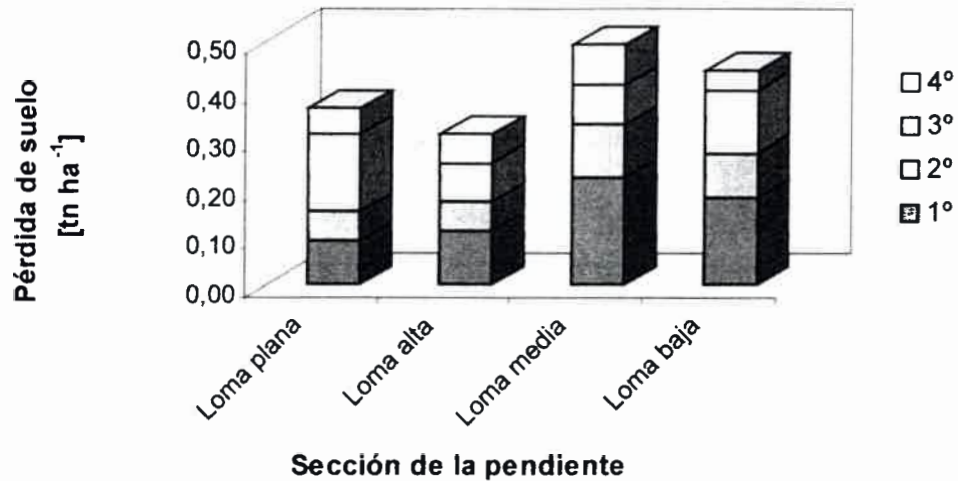


Figura 4.5.73. Pérdida media de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

En el primer evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.13.), la menor pérdida de suelo en la pendiente la presenta significativamente la loma plana (0,09) y alta (0,11) sin diferencia significativa ($p < 0,05$). La mayor pérdida de suelo la muestra ($p < 0,05$) la loma media (0,22), mientras que la loma baja presenta un nivel intermedio (0,18) (Figura 4.5.74.).

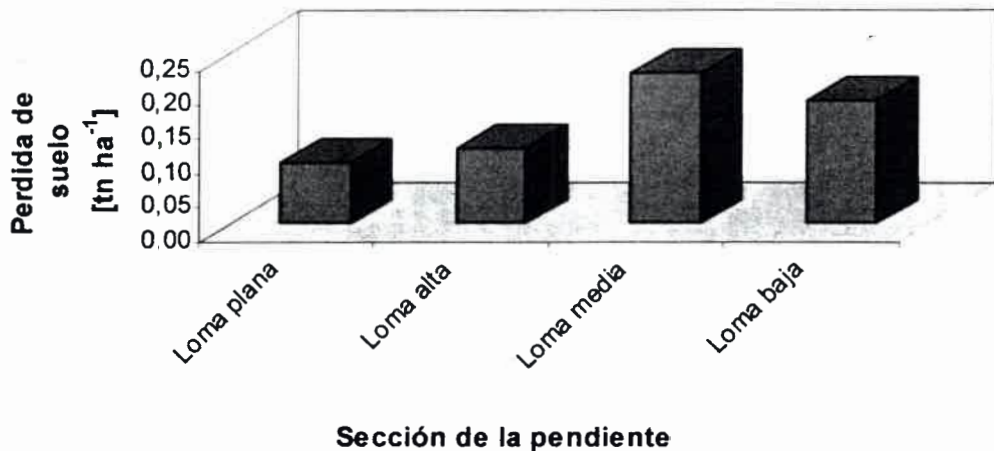


Figura 4.5.74. Pérdida media de suelo en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

En el segundo evento del ciclo 2002-2003, la mayor pérdida de suelo (Tabla 4.5.13.) la presenta significativamente la loma media (0,11). La menor pérdida de este evento la muestra (p>0,05) la loma plana y alta con igual nivel (0,06) y la loma baja (0,09) (Figura 4.5.75.).

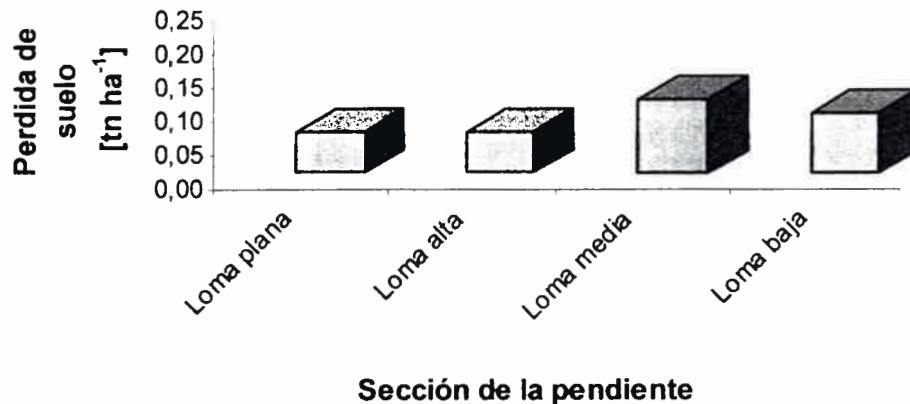


Figura 4.5.75. Pérdida media de suelo en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

En el tercer evento del ciclo (Tabla 4.5.13.) se observa la menor pérdida de suelo en la loma alta y media, con igual nivel (0,08) y sin diferencias significativas entre sí, mientras que la loma plana (0,16) y baja (0,13) presentan el nivel más alto (p>0,05) (Figura 4.5.76.).

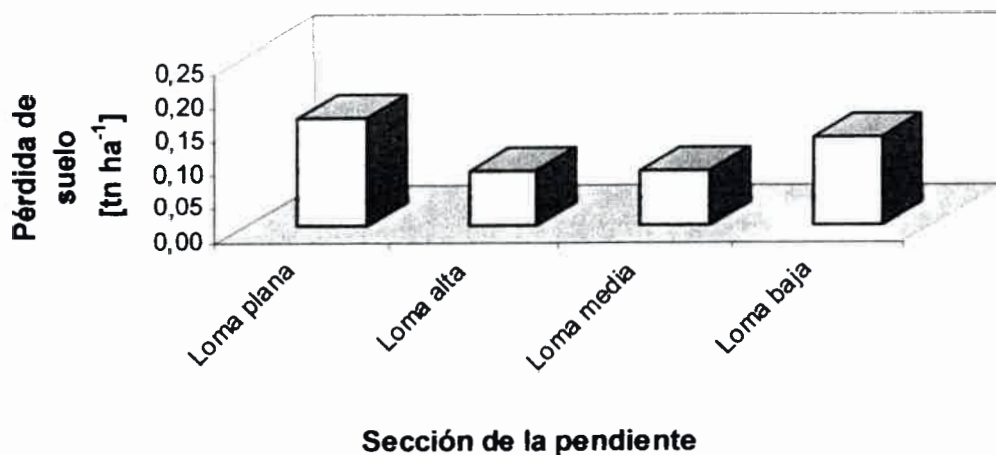
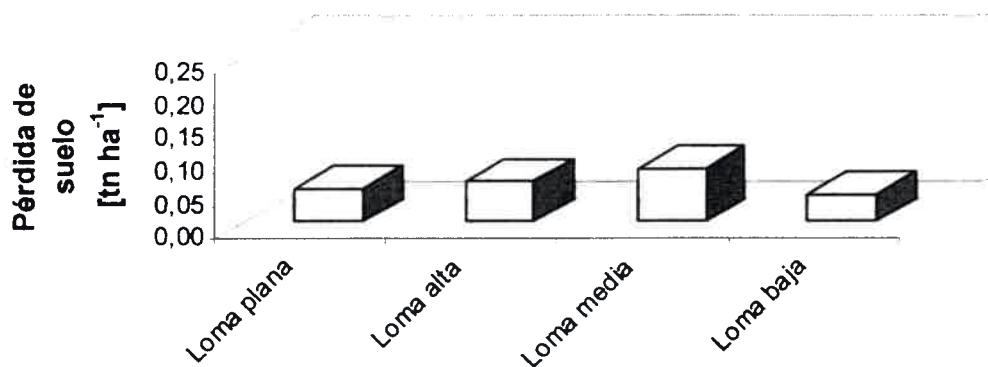


Figura 4.5.76. Pérdida media de suelo en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

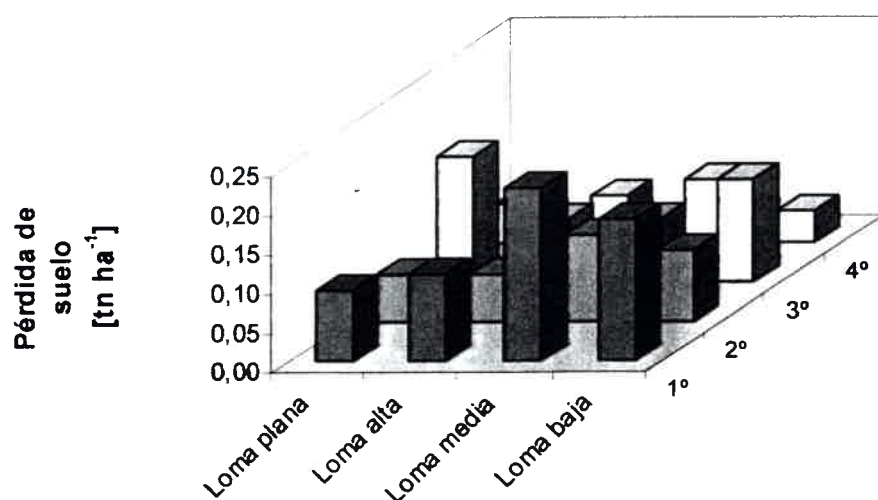
En el cuarto evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.13.) en la loma media se presenta, significativamente, la mayor pérdida de suelo (0,08). En la loma plana (0,05), alta (0,06) y baja (0,04) se observa el menor el nivel de pérdida (0,05) (Figura 4.5.77.).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.77. Pérdida media de suelo en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

La Figura 4.5.78. muestra la pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



Sección de la pendiente

Figura 4.5.78. Pérdida media de suelo por evento en el ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

➤Esgurrimiento

El esgurrimiento de suelo por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el ciclo 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.5.14. y en la Figura 4.5.79.

Tabla 4.5.14. Esgurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Esgurrimiento [m ³ ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
Loma plana	15,15 c	2,60 a	9,73 b	5,33 a	32,81 b
Loma alta	5,78 a	9,00 c	7,80 ab	7,23 a	29,81 a
Loma media	8,28 b	11,00 d	6,85 a	11,00 b	37,13 c
Loma baja	18,20 d	6,60 b	7,25 a	9,90 b	41,95 d

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2002-2003 el menor esgurrimiento medio total por erosión hídrica laminar (Tabla 4.5.14.) lo muestra significativamente la loma alta (29,81), mientras que la loma baja (41,95) presenta el mayor esgurrimiento medio ($p < 0,05$). La loma plana (32,81) y media (37,13) tienen un nivel intermedio de esgurrimiento con diferencia significativa entre sí (Figura 4.5.79).

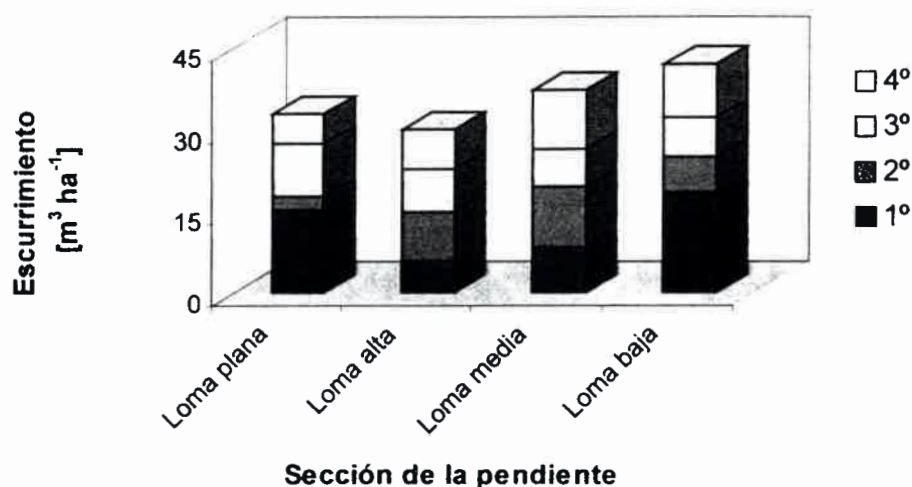
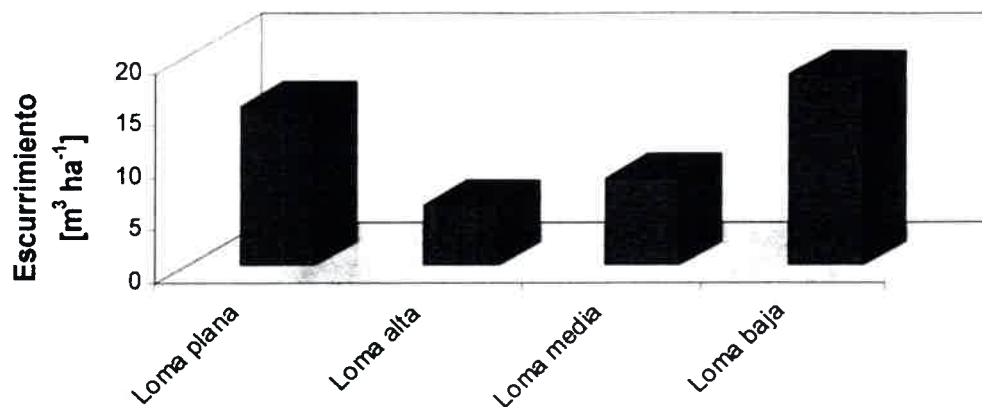


Figura 4.5.79. Esgurrimiento medio de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

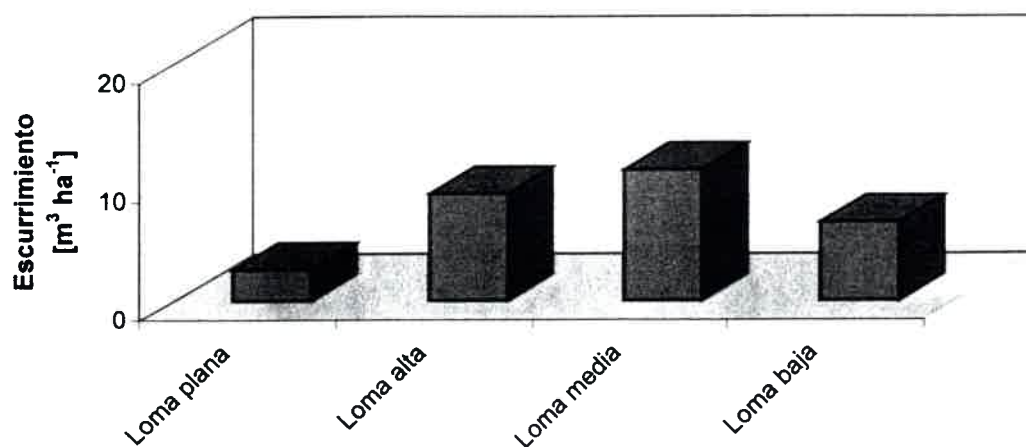
En el primer evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.14.) la loma alta (5,78) muestra significativamente ($p < 0,05$) el menor escurrimiento, mientras que la loma baja (18,20) el mayor escurrimiento ($p < 0,05$) (Figura 4.5.80.). La loma media (8,28) presenta un nivel intermedio de pérdida de suelo.



Sección de la pendiente

Figura 4.5.80. Eскурrimiento medio en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

En el segundo evento del ciclo (Tabla 4.5.14.) el menor nivel de escurrimiento lo muestra significativamente la loma plana (2,60).



Sección de la pendiente

Figura 4.5.81. Eскурrimiento medio en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

El mayor escurrimiento lo presenta la loma media (11,00) ($p < 0,05$), mientras que con niveles intermedios la loma alta (9,00) y baja (6,60) ($p < 0,05$) (Figura 4.5.81.).

En el tercer evento del ciclo 2002-2003 (Tabla 4.5.14.) la loma plana (9,73) presenta significativamente el mayor escurrimiento (Figura 4.5.82.). El menor escurrimiento lo muestran la loma media (6,85) y baja (7,25) ($p > 0,05$). La loma alta (7,80) tiene un nivel intermedio de escurrimiento.

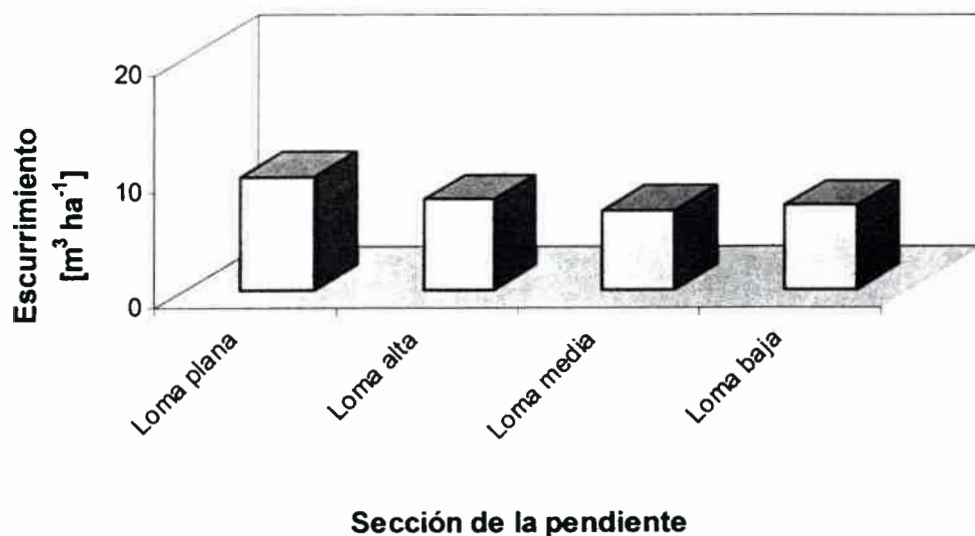
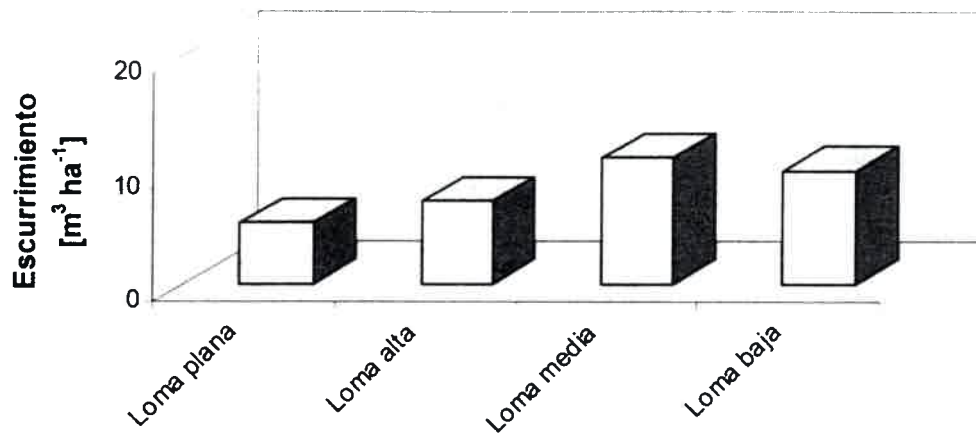


Figura 4.5.82. Escurrimiento medio en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

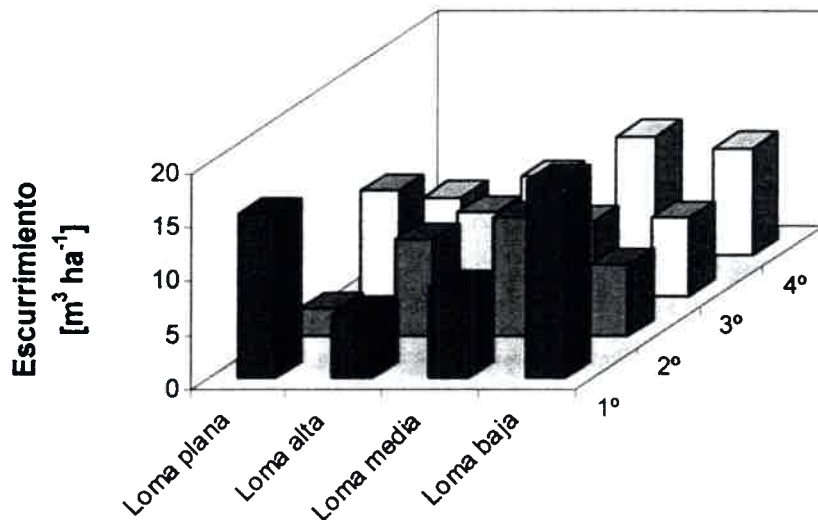
En el cuarto evento del ciclo el menor escurrimiento lo muestran la loma plana (5,33) y alta (7,23) sin diferencia significativa entre sí, mientras que el mayor la loma media (11,00) y baja (9,90) ($p > 0,05$) (Figura 4.5.83.).

En la Figura 4.5.84. se presenta el escurrimiento medio por evento en el ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente.



Sección de la pendiente

Figura 4.5.83. Escorrimento medio en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.



Sección de la pendiente

Figura 4.6.84. Escorrimento medio por evento en el ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

4.5.2.5. Relación entre pérdida de suelo y escorrimento

Se estableció el grado de dependencia entre las pérdidas de suelo y los escorrimentos evaluados por mediciones directas, mediante el análisis de correlación en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Con todos los datos agrupados por evento y año, se observa una asociación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos en los ciclos 1999-2000 ($r=0,43$; $p=0,10$), 2000-2001 ($r=0,70$; $p<0,0001$) y 2002-2003 ($r=0,38$; $p=0,15$). Considerando los totales anuales por sección se obtuvieron bajos coeficientes de asociación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos.

Utilizando todos los datos agrupados por evento y año por sección, no se observa correlación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos en las diferentes secciones de la pendiente. Por otra parte, tomando los datos totales por año y sección, se obtiene correlación en el ciclo 1999-2000 en la loma media ($r=0,98$; $p=0,02$) y en el ciclo 2000-2001 en la loma alta ($r=0,85$; $p=0,15$).

4.5.2.6. Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y las propiedades evaluadas

A través del análisis de correlación se evaluó el grado de dependencia entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos totales realizadas por mediciones directas en los ciclos y las propiedades evaluadas en las distintas secciones de la pendiente El Vertedero.

Considerando todos los datos en forma conjunta del año 1999-2000, sin incluir la velocidad de infiltración y la resistencia mecánica, se obtiene correlación entre:

√ El carbono orgánico (CO) y los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,50$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,80$; $p<0,0001$) y el diámetro medio ponderado (DMP) ($r=0,75$; $p<0,001$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro y la pérdida de suelo ($r=-0,50$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro ($r=0,62$; $p<0,01$) y el Diámetro medio ponderado (DMP) ($r=-0,56$; $p<0,01$).

√ Los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,62$; $p<0,01$), el DMP ($r=-0,56$; $p=0,02$) y la pérdida de suelo ($r=0,50$; $p<0,05$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el DMP ($r=-0,50$; $p<0,05$).

Utilizando todos los datos en forma conjunta del año 2000 al 2002 sin incluir la resistencia mecánica se obtiene correlación entre:

√ El carbono orgánico (CO) con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,57$; $p<0,05$), los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=-0,56$; $p=0,06$) y la velocidad de infiltración ($r=-0,69$; $p<0,01$).

√ La DA y los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,59$; $p=0,04$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,68$; $p<0,01$) y la velocidad de infiltración ($r=-0,54$; $p=0,07$).

√ Los agregados de 2 a 1 mm de diámetro y la pérdida de suelo ($r=-0,50$; $p=0,09$).

√ Los agregados de 0,5 a 0,1 mm de diámetro y los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro ($r=0,56$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro y el DMP ($r=-0,56$; $p=0,06$).

√ La pérdida de suelo y la velocidad de infiltración ($r=-0,64$; $p=0,02$).

Tomando todos los datos en forma conjunta del año 2001 y 2002 se observa correlación entre:

√ El carbono orgánico (CO) con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,67$; $p=0,07$), la pérdida de suelo ($r=0,62$; $p=0,09$), la velocidad de infiltración ($r=-0,63$; $p=0,09$), la resistencia mecánica en el surco ($r=0,91$; $p<0,002$) y la resistencia mecánica entre surco ($r=0,78$; $p=0,02$).

√ La densidad aparente con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,71$; $p=0,04$) y los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,63$; $p=0,09$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con la pérdida de suelo ($r=0,68$; $p=0,06$), el escurrimiento ($r=-0,65$; $p=0,08$) y la infiltración ($r=-0,75$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,1 a 0,074 mm de diámetro con la RM en el surco ($r=-0,77$; $p=0,02$) y la RM entre surco ($r=-0,81$; $p<0,01$).

√ La pérdida de suelo y la velocidad de infiltración ($r=-0,69$; $p<0,05$).

√ La RM en el surco y la RM entre surco ($r=0,93$; $p<0,001$).

Considerando todos los datos agrupados por sección de la pendiente se obtiene correlación entre:

Loma plana

√ El carbono orgánico (CO) con los agregados de 2-1 mm de diámetro ($r=0,94$; $p=0,06$), la velocidad de infiltración ($r=-0,98$; $p=0,10$) y la pérdida de suelo ($r=0,87$; $p=0,13$).

√ La densidad aparente con los agregados de 4-2 mm de diámetro ($r=0,80$; $p=0,19$), los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,95$; $p=0,04$) y el escurrimiento ($r=-0,86$; $p=0,13$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,99$; $p<0,003$), los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,93$; $p=0,06$), DMP ($r=0,97$; $p=0,03$) y el escurrimiento ($r=-0,88$; $p=0,11$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=0,86$; $p=0,11$) y la pérdida de suelo ($r=0,98$; $p<0,01$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p<0,03$) y la pérdida de suelo ($r=0,87$; $p=0,12$).

√ Los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro con los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=-0,91$; $p=0,09$), DMP ($r=-0,98$; $p<0,01$) y el escurrimiento ($r=0,85$; $p=0,15$).

√ Los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro con el DMP ($r=0,84$; $p=0,17$), y el escurrimiento ($r=-0,96$; $p=0,04$).

Loma alta

√ El carbono orgánico (CO) con el DMP ($r=-0,93$; $p=0,07$), los agregados de 2-1 mm de diámetro ($r=-0,94$; $p<0,05$) y el escurrimiento ($r=0,90$; $p=0,09$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con el DMP ($r=0,93$; $p=0,07$) y la velocidad de infiltración ($r=-0,98$; $p<0,01$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con el escurrimiento ($r=-0,87$; $p=0,13$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,96$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro con el escurrimiento ($r=0,96$; $p=0,03$).

Loma media

√ El carbono orgánico (CO) con el DMP ($r=-0,82$; $p=0,03$).

√ La densidad aparente con la velocidad de infiltración ($r=0,99$; $p=0,06$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro ($r=-0,86$; $p=0,13$), los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,85$; $p=0,15$) y el escurrimiento ($r=-0,89$; $p=0,10$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=-0,96$; $p=0,03$), los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=-0,92$; $p=0,08$) y el escurrimiento ($r=-0,89$; $p=0,11$).

√ Los agregados de 1-0,5 mm de diámetro con los agregados de 0,5-0,1 mm de diámetro ($r=0,92$; $p=0,08$) y los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,85$; $p=0,15$).

√ Los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro con la pérdida de suelo ($r=0,92$; $p=0,08$).

√ El DMP con la pérdida de suelo ($r=-0,91$; $p=0,08$).

√ La velocidad de infiltración con la pérdida de suelo ($r=-0,98$; $p<0,02$).

Loma baja

√ El carbono orgánico (CO) con la densidad aparente ($r=-0,87$; $p=0,12$) y la pérdida de suelo ($r=0,99$; $p<0,008$).

√ Los agregados de 4-2 mm de diámetro con los agregados de 2-1 mm de diámetro ($r=-0,93$; $p=0,07$) y la velocidad de infiltración ($r=-0,98$; $p=0,02$).

√ Los agregados de 2-1 mm de diámetro con los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro ($r=0,97$; $p=0,03$).

√ Los agregados de 0,1-0,074 mm de diámetro con el DMP ($r=-0,93$; $p=0,07$).

√ El DMP con el escurrimiento ($r=0,99$; $p<0,006$).

4.5.3. COMPARACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO ENTRE SITUACIONES SIMILARES DE LA PENDIENTE POZO DEL CARRIL Y EL VERTEDERO

Se efectuó la comparación de la pérdida de suelo y el escurrimiento evaluado por medición directa, entre la siembra directa con fertilización y pastoreo de la pendiente Pozo del Carril y el sector de loma plana de la pendiente El Vertedero.

En la Tabla 4.5.15. se presenta la comparación de la pérdida de suelo entre la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero en el período 2000-2003.

Tabla 4.5.15. Comparación de la pérdida de suelo entre la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero en el período 2000-2003.

Ciclo	Evento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]		p
		Pozo del Carril	El Vertedero	
2000-2001	1	0,10	0,18	0,04
	2	0,07	0,05	ns
	3	0,05	0,07	ns
	4	0,06	0,03	0,008
2001-2002	1	0,23	0,23	ns
	2	0,03	0,06	ns
	3	0,01	0,07	0,005
	4	0,06	0,02	0,01
2002-2003	1	0,27	0,09	0,01
	2	0,14	0,06	0,02
	3	0,05	0,16	0,01
	4	0,02	0,05	ns

ns: no significativo

En relación con las pérdidas de suelo en el primer y cuarto evento del ciclo 2000-2001, hubo diferencias significativas entre los sitios evaluados, siendo mayor la pérdida media en la loma plana de la pendiente El Vertedero que en la SD/CF/CP de Pozo del Carril. En los demás eventos del ciclo no se observan diferencias significativas entre los sitios.

En el ciclo 2001-2002, hubo diferencias significativas entre los sitios analizados en el tercer y cuarto evento, siendo mayor la pérdida de suelo media en el tercer evento en la loma plana de la pendiente El Vertedero y en el cuarto en el tratamiento del Pozo del Carril. No se observaron diferencias significativas entre los sitios en los demás eventos.

En el primer, segundo y tercer evento del ciclo 2002-2003 se observaron diferencias significativas entre los sitios, presentando mayor pérdida de suelo media la SD/CF/CP en el primer y segundo evento, mientras que en el tercer evento la pérdida fue mayor loma plana de la pendiente El Vertedero. En el cuarto evento no se observan diferencias significativas entre los tratamientos analizados.

En la Tabla 4.5.16. se presenta la comparación del escurrimiento entre la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero en el período 2000-2003.

Tabla 4.5.16. Comparación del escurrimiento entre la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero en el período 2000-2003.

Ciclo	Evento	Eskurrimiento [m ³ ha ⁻¹]		p
		Pozo del Carril	El Vertedero	
2000-2001	1	16,43	14,39	0,0005
	2	19,83	14,67	0,0001
	3	8,58	11,54	0,0006
	4	10,58	2,39	0,008
2001-2002	1	21,68	11,68	0,0001
	2	1,84	53,41	0,0001
	3	1,56	15,39	0,006
	4	2,75	5,13	0,008
2002-2003	1	9,51	14,69	0,0002
	2	12,84	2,34	0,0005
	3	6,43	9,29	0,001
	4	13,34	4,94	0,0002

El escurrimiento en el ciclo 2000-2001 presentó diferencias significativas entre los sitios evaluados, siendo mayor el escurrimiento en el primer, segundo y cuarto evento en la SD/CF/CP de Pozo del Carril, mientras que el tercer evento fue mayor en la loma plana de la pendiente El Vertedero.

En el ciclo 2001-2002 se observan diferencias significativas entre los sitios analizados, siendo mayor el escurrimiento medio en el tratamiento del Pozo del Carril solo en el primer evento respecto a la loma plana de la pendiente El Vertedero.

El ciclo 2002-2003 presenta diferencias significativas en los sitios estudiados, presentando mayor escurrimiento medio la loma plana en el primer y tercer evento, mientras que en los demás eventos fue mayor en la SD/CF/CP.

4.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION HIDRICA LAMINAR

Se presenta a continuación las características de los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar, evaluadas por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril y en las secciones de la pendiente El Vertedero, respectivamente. Por otra parte, se muestra la relación existente entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, como así también con la cobertura vegetal y la intensidad de las precipitaciones.

4.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

4.6.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001

Caracterización de los sedimentos por evento

✓ *Primer evento*

En la Tabla 4.6.1. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.1. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,01 d	0,07 b	1,30 g	59,09 h	27,80 ab	13,20 ab
SD/SF/SP	1,33 g	0,15 d	0,88 d	52,61 c	31,25 d	16,63 e
SD/CF/CP	0,94 c	0,42 e	3,07 l	57,83 gh	26,87 a	13,28 bc
SD/SF/CP	1,33 g	0,03 a	0,40 b	54,67 de	31,61 d	14,80 cd
LR/CF/SP	0,63 a	0,05 ab	0,95 e	57,34 fg	29,25 bc	14,13 bc
LR/SF/SP	1,33 g	0,67 f	1,49 h	50,87 b	32,56 d	15,92 de
LR/CF/CP	0,63 a	0,93 g	2,86 k	53,74 cd	29,65 c	14,32 bc
LR/SF/CP	1,02 d	0,07 b	0,36 a	59,25 h	28,78 bc	13,04 ab
LC/CF/SP	1,02 d	0,15 d	1,65 i	48,09 a	38,10 e	13,50 bc
LC/SF/SP	0,71 b	0,07 b	0,84 c	49,99 b	37,01 e	13,60 bc
LC/CF/CP	1,10 e	0,11 c	2,76 j	49,89 b	31,67 d	17,07 e
LC/SF/CP	1,17 f	0,05 ab	1,07 f	56,11 ef	31,71 d	12,54 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el primer evento del ciclo 2000-2001 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.1.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la LR/CF/SP (0,63), LR/CF/CP (0,63) y con nivel ligeramente superior la LC/SF/SP (0,71). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD sin fertilización y la LR/SF/SP con igual valor (1,33) y sin diferencia significativa ($p > 0,05$). Los demás tratamientos constituyen un grupo con nivel intermedio de carbono orgánico del sedimento recogido (promedio 0,99) aunque se destaca la LC con pastoreo (1,10-1,17) que muestra un contenido más alto (Figura 4.6.1.).

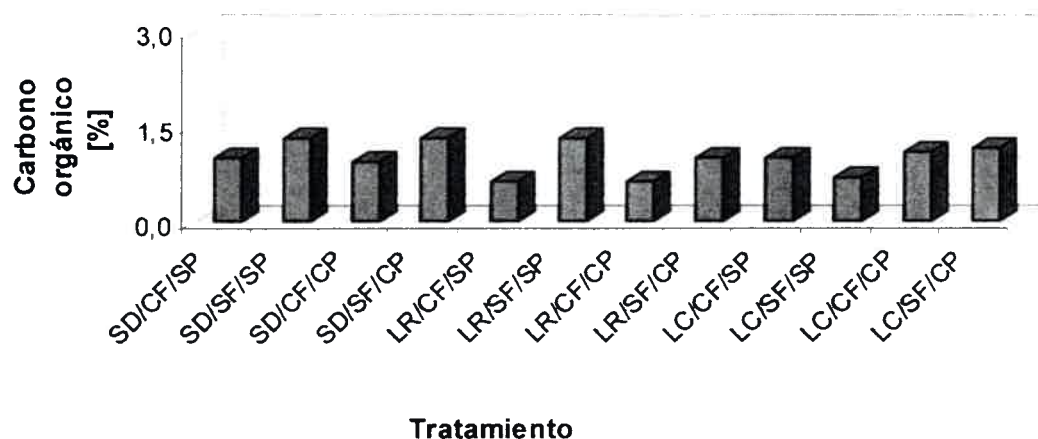


Figura 4.6.1. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el primer evento (Tabla 4.6.1.) presenta significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (0,93), el menor en la SD/SF/CP (0,03), aunque con niveles ligeramente superiores la LR/CF/SP (0,05), LR/SF/CP (0,07) SD/CF/SP (0,07) y la LC sin fertilización (0,07-0,05), mientras que la SD/CF/CP (0,42) y la LR/SF/SP (0,67) muestran un nivel intermedio ($p < 0,05$).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la SD/CF/CP (3,07), sin embargo con un nivel ligeramente inferior ($p < 0,05$) acompañan este nivel la LR/CF/CP (2,86) y la LC/CF/CP (2,76); el menor contenido lo muestran la LR/SF/CP (0,36) y la SD/SF/CP (0,40), mientras que los demás tratamientos forman un conjunto de valores intermedios ($p < 0,05$) con niveles más altos en la

SD/CF/SP (1,30); LR/SF/SP (1,49), LC/CF/SP (1,65) y más bajos en la SD/SF/SP (0,88), LR/CF/SP (0,95) y LC/SF/SP (0,84).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LC con fertilización (48,09-49,89), LC/SF/SP (49,49) y LR/SF/SP (50,87); el más alto ($p > 0,05$) en la SD con fertilización (59,09-57,83), LR/CF/SP (57,34), LR/SF/CP (59,25) y LC/SF/CP (56,11), y con un nivel intermedio la SD sin fertilización (52,61-54,67) y LR/CF/CP (53,74).

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LC sin pastoreo (38,10-37,01), el menor en la SD con fertilización (27,80-26,87) ($p < 0,05$), y con un valores intermedios en la SD sin fertilización (31,25-31,61), LR sin pastoreo (29,25-32,56), LR con pastoreo (29,65-28,78) y LC con pastoreo (31,67-31-71).

La arcilla presenta significativamente el mayor valor en la SD/SF/SP (16,63), LR/SF/SP (15,92) y LC/CF/CP (17,07), el menor en la LC/SF/CP (12,54), mientras que los tratamientos restantes muestran un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.2.).

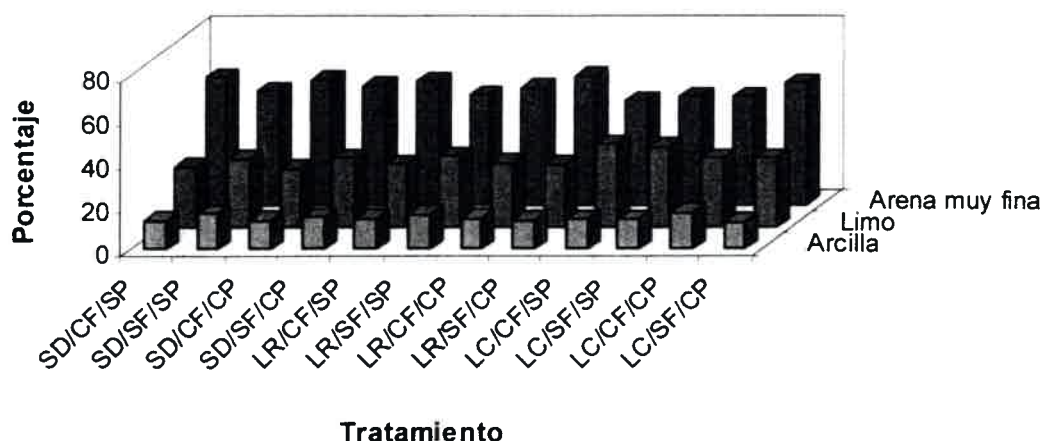


Figura 4.6.2. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 1999-2000 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.2. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.2. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,43 e	0,09 cd	1,04 e	55,47 cd	30,71 gh	14,20 cd
SD/SF/SP	1,01 bc	0,09 cd	1,90 h	55,34 cd	29,79 fg	14,08 bc
SD/CF/CP	2,02 i	1,35 h	2,71 k	56,52 d	27,33 de	13,50 ab
SD/SF/CP	2,83 j	0,11 d	1,59 g	59,39 e	24,90 b	15,51 de
LR/CF/SP	0,98 b	0,04 ab	0,35 a	62,87 fg	21,46 a	15,64 de
LR/SF/SP	2,01 i	0,33 g	0,49 c	63,43 g	21,89 a	16,74 ef
LR/CF/CP	1,04 c	1,41 i	2,74 k	58,86 e	25,76 bc	12,66 a
LR/SF/CP	1,14 d	0,08 cd	0,85 d	61,40 f	26,52 cd	12,65 a
LC/CF/SP	1,83 h	0,28 f	1,43 f	46,20 a	33,48 i	20,10 g
LC/SF/SP	0,93 a	0,07 bc	2,14 i	48,92 b	31,78 h	17,12 f
LC/CF/CP	1,63 f	0,19 e	2,53 j	55,18 cd	28,31 ef	15,29 de
LC/SF/CP	1,78 g	0,03 a	0,42 b	54,62 c	30,08 g	16,34 ef

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el segundo evento del ciclo 2000-2001 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.2.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la LC/SF/SP (0,93) y LR/CF/SP (0,98) y con nivel ligeramente superior en la SD/SF/SP (1,01) y LR/CF/CP (1,04) ($p > 0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD/SF/CP (2,83) ($p < 0,05$). La SD/CF/CP (2,02), LR/SF/SP (2,01), LC/CF/SP (1,83) y la LC con pastoreo (1,63-1,78) constituyen un grupo con nivel intermedio de carbono orgánico del sedimento recogido (Figura 4.6.3).

La arena media del sedimento en el segundo evento (Tabla 4.6.2.) muestra significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (1,41) y la

SD/CF/CP (1,35), y el menor en la LC/SF/CP (0,03) y la LR/CF/SP (0,04) ($p>0,05$), aunque se presenta un grupo con niveles ligeramente superiores a los menores encontrados constituido por la SD sin pastoreo con igual contenido (0,09), SD/SF/CP (0,11), LR/SF/CP (0,08) y la LC/SF/SP (0,07).

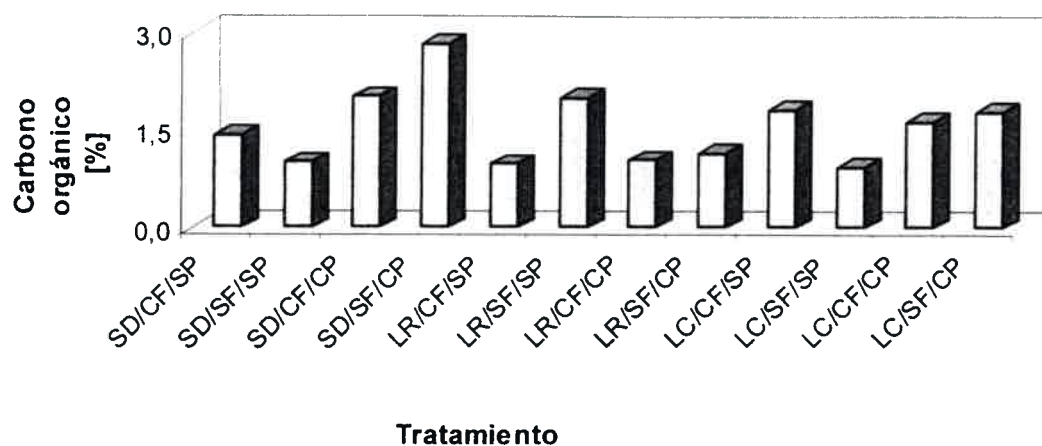


Figura 4.6.3. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la SD/CF/CP (2,71), LR/CF/CP (2,74) y la LC/CF/CP (2,53); el menor contenido ($p<0,05$) en la LR/CF/SP (0,35), y la LC/SF/CP (0,42), mientras que niveles intermedios ($p<0,05$) se presentan muy dispersos.

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p<0,05$) en la LC sin pastoreo (46,20-48,92), el más alto ($p>0,05$) en la LR sin pastoreo (62,87-63,43), y LR/SF/CP (61,40), y con un nivel intermedio en los demás tratamientos de la pendiente.

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LC sin pastoreo (33,48-31,78) aunque con valores muy próximos (Figura 4.6.4.) la SD sin pastoreo (30,71-29,79) y la LC con pastoreo (28,31-30,08), mientras que el menor valor en la LR sin pastoreo (21,46-21,89) ($p>0,05$). La SD con pastoreo (27,33-24,90) y la LR con pastoreo (25,76-26,52) presentan un nivel intermedio.

La arcilla presenta significativamente ($p<0,05$) el mayor valor en la LC/CF/SP (20,10), y el menor contenido en la LR con pastoreo (12,66-12,65),

mientras que los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.4.).

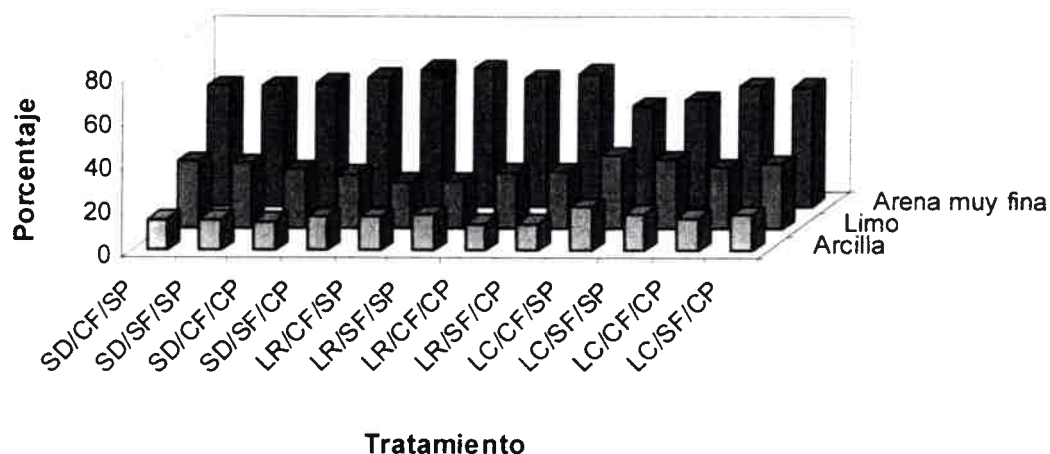


Figura 4.6.4. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.6.3. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.3. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,01 a	0,01 a	0,01 a	56,01 c	29,65 ef	12,35 bc
SD/SF/SP	1,38 d	0,05 bc	0,49 d	56,97 c	30,02 ef	13,98 cd
SD/CF/CP	1,31 c	0,22 d	2,07 h	57,77 cd	28,16 cd	12,74 c
SD/SF/CP	2,13 g	0,06 bc	0,30 b	59,12 d	29,23 de	13,30 cd
LR/CF/SP	1,33 c	0,01 a	0,01 a	56,05 c	30,01 ef	11,15 ab
LR/SF/SP	1,09 ab	0,05 bc	0,53 e	57,03 c	30,91 f	12,99 cd
LR/CF/CP	1,32 c	0,25 d	2,11 i	54,74 b	29,84 ef	14,57 ef
LR/SF/CP	1,78 f	0,08 c	0,47 d	62,15 e	27,35 bc	11,44 ab
LC/CF/SP	2,64 h	0,07 c	2,06 h	41,73 a	35,39 g	22,24 g
LC/SF/SP	1,42 e	0,05 bd	0,43 c	61,56 e	28,99 de	10,47 a
LC/CF/CP	1,33 c	0,03 ab	1,68 g	62,14 e	23,24 a	14,43 ef
LC/SF/CP	1,42 e	0,05 bc	0,87 f	59,28 d	26,36 b	14,94 f

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el tercer evento del ciclo 2000-2001 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.3.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la SD/CF/SP (1,01) y LR/SF/SP (1,09). El mayor nivel de carbono lo muestra la LC/CF/SP (2,64) y con nivel ligeramente inferior la SD/SF/CP (2,13) ($p < 0,05$). La LR/SF/CP presenta un nivel intermedio (1,78) ($p < 0,05$). En los demás tratamientos se observan niveles de carbono ligeramente superiores a los mínimos encontrados (Figura 4.6.5.).

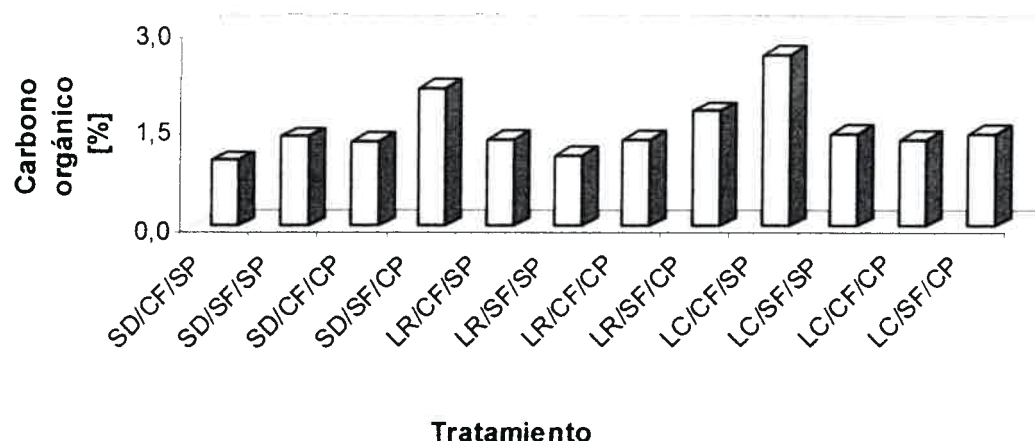


Figura 4.6.5. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el tercer evento (Tabla 4.6.3.) muestra significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (0,25) y la SD/CF/CP (0,22), y el menor en la SD/CF/SP y la LR/CF/SP con igual contenido (0,01) ($p > 0,05$), aunque se presenta un grupo con niveles ligeramente superiores a los menores encontrados constituido por la SD sin fertilización (0,05-0,06), la LR sin fertilización (0,05-0,08), la LC con fertilización (0,07-0,03) y la LC sin fertilización con igual nivel (0,05).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la SD/CF/CP (2,07), LR/CF/CP (2,11) y la LC/CF/CP (2,06); el menor contenido ($p < 0,05$) en la SD/CF/SP y LR/CF/SP con igual nivel (0,01) y sin diferencia significativa. Por otra parte, se observa un conjunto de tratamientos con niveles superiores al menor contenido encontrado (Tabla 4.6.3.) compuesto por la SD sin fertilización (0,49-0,30), LR sin fertilización (0,53-0,47) y LC/SF/SP (0,43).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LC/CF/SP (41,73), el más alto en la LR/SF/CP (62,15), LC/SF/SP (61,56) y LC/CF/CP (62,14) ($p > 0,05$). El resto de los tratamientos constituyen un grupo con nivel inferior a los máximos registrados en la pendiente.

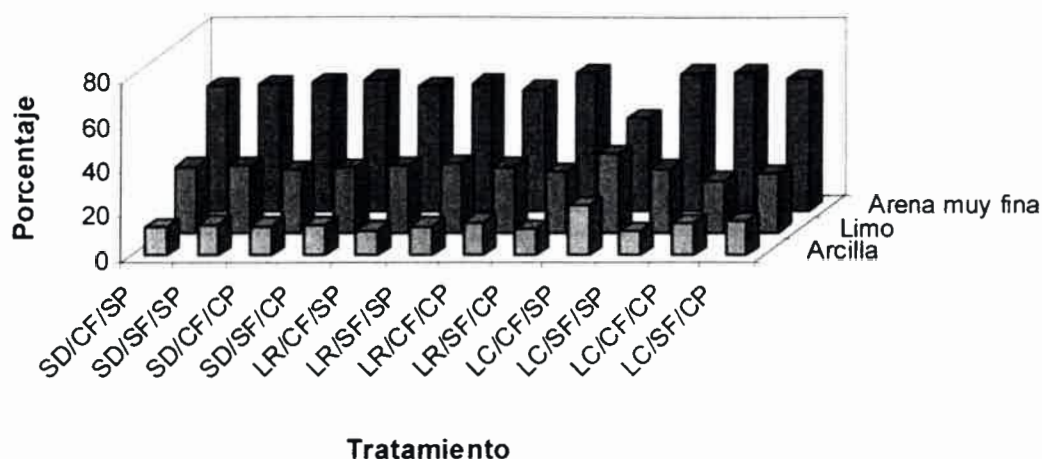


Figura 4.6.6. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LC/CF/SP (35,39) y el menor en la LC con pastoreo (23,24-26,36) ($p < 0,05$). Los demás tratamientos de la pendiente muestran valores intermedios.

La arcilla presenta significativamente el mayor valor en la LC/CF/SP (22,24), y el menor contenido en la LC/SF/SP (10,47) ($p < 0,05$), la LR/CF/SP (11,15) y la LR/SF/CP (11,44) sin diferencia significativa entre sí. El resto de los tratamientos conforma un grupo bastante homogéneo con un nivel de arcilla ligeramente superior al mínimo encontrado (Figura 4.6.6.).

✓ **Cuarto evento**

En la Tabla 4.6.4. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.4. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,78 f	0,09 b	0,68 f	68,46 gh	19,70 b	12,55 bc
SD/SF/SP	1,42 d	0,07 ab	0,57 e	61,11 e	25,73 d	14,01 cd
SD/CF/CP	1,39 cd	0,32 d	2,65 i	69,60 h	17,30 a	11,70 b
SD/SF/CP	1,49 e	0,06 ab	0,47 c	60,10 e	28,10 e	12,82 bc
LR/CF/SP	1,13 a	0,07 ab	0,36 a	61,63 e	25,77 d	13,66 cd
LR/SF/SP	1,78 f	0,07 ab	0,76 g	58,26 d	25,40 d	16,99 e
LR/CF/CP	1,28 b	0,06 a	0,78 g	40,82 a	40,27 g	19,56 f
LR/SF/CP	1,36 c	0,09 ab	0,51 d	67,85 g	23,78 c	9,26 a
LC/CF/SP	1,14 a	0,07 ab	0,35 a	43,70 b	35,78 f	21,61 g
LC/SF/SP	1,42 d	0,07 ab	0,41 b	57,60 d	28,90 e	14,55 d
LC/CF/CP	1,40 d	0,28 c	0,56 e	65,68 f	23,38 c	11,59 b
LC/SF/CP	1,41 d	0,49 e	1,42 h	45,40 c	28,37 e	25,74 h

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el cuarto evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.4.) se presenta en la LR/CF/SP (1,13) y la LC/CF/SP (1,14) ($p > 0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD/CF/SP y la LC/SF/SP con igual nivel (1,78) ($p > 0,05$). Los demás tratamientos presentan un nivel intermedio de carbono aunque se destaca la SD/SF/CP (1,49) por tener un valor ligeramente mayor (Figura 4.6.7.).

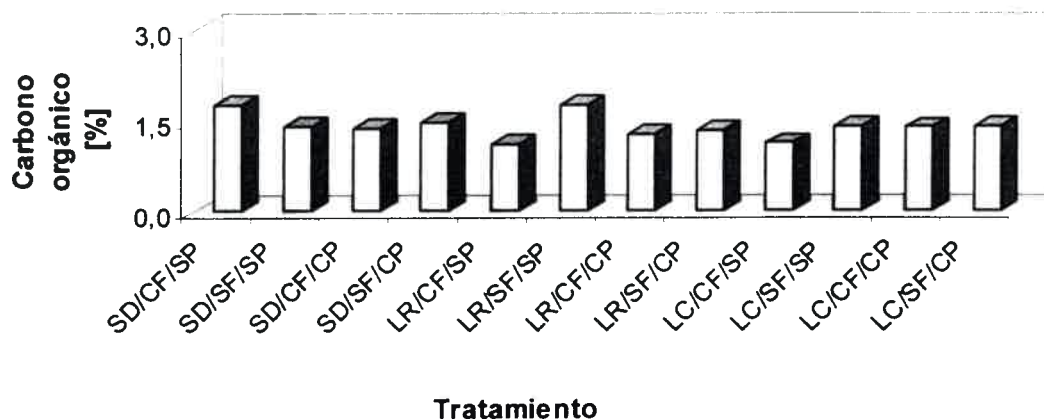


Figura 4.6.7. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el cuarto evento (Tabla 4.6.4.) muestra significativamente el mayor contenido en la LC/SF/CP (0,49), y el menor nivel sin diferencia significativa en la SD/SF/CP (0,06), la SD sin pastoreo (0,09-0,07), LR sin pastoreo con igual contenido (0,07), LR con pastoreo (0,06-0,09) y la LC sin pastoreo con igual valor (0,07). La SD/CF/CP (0,32) y la LC/CF/CP (0,28) presentan un nivel intermedio de arena media en el sedimento ($p < 0,05$).

La arena fina muestra (Tabla 4.6.4.) significativamente el mayor nivel en la SD/CF/CP (2,65), el menor contenido en la LR/CF/SP (0,36) y LC/CF/SP (0,35) sin diferencia significativa ($p > 0,05$) y con nivel ligeramente superior al menor contenido la LC/SF/SP (0,41) y la SD/SF/CP (0,47). La LC/SF/CP presenta un valor intermedio de arena fina del sedimento ($p < 0,05$).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LR/CF/CP (40,82), acompañada por la LC/CF/SP (43,70) y la LC/SF/CP (45,40) con nivel ligeramente superior ($p < 0,05$); el más alto en la SD/CF/CP (69,60), SD/CF/SP (68,46), LR/SF/CP (67,85), y LC/CF/CP (65,68) ($p < 0,05$). Los demás tratamientos muestran niveles intermedios de arena muy fina.

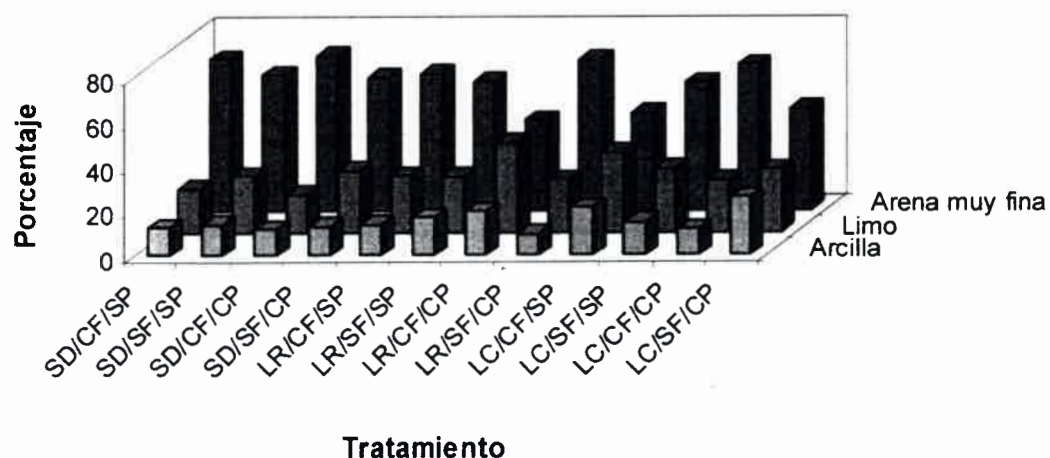


Figura 4.6.8. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el menor contenido en la SD con fertilización (19,70-17,30); el mayor contenido en la LR/CF/CP (40,27)

acompañada por un valor ligeramente inferior en la LC/CF/SP (38,78) ($p < 0,05$). Los demás tratamientos de la pendiente muestran valores intermedios.

La arcilla presenta significativamente el mayor contenido en la LC/SF/CP (25,74) acompañado por la LC/CF/SP con un nivel ligeramente inferior (21,61) y el menor contenido ($p < 0,05$) en la LR/SF/CP (9,26) seguido por la LC/CF/CP (11,59) y la SD/CF/CP (11,70) sin diferencia significativa entre sí. Por otra parte, se observa un grupo intermedio con nivel más bajo en la SD sin pastoreo (12,55-14,01), SD/SF/CP (12,82), LR/CF/SP (13,66), LC/SF/SP (14,55) y valores más altos en la LR/SF/SP (16,99) y LR/CF/CP (19,56) (Figura 4.6.8.).

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.5. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.5. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,31 b	0,07 a	0,76 ab	59,76 c	26,97 bc	13,10 bc
SD/SF/SP	1,29 b	0,09 a	0,96 ab	56,51 bc	29,20 bc	14,68 cd
SD/CF/CP	1,42 c	0,58 de	2,62 e	60,43 c	24,91 a	12,81 ab
SD/SF/CP	1,95 d	0,06 a	0,69 bc	58,32 c	28,46 bc	14,11 cd
LR/CF/SP	1,01 a	0,04 a	0,42 a	59,54 c	26,62 bc	13,65 bc
LR/SF/SP	1,55 cd	0,28 c	0,82 ab	57,40 bc	27,69 bc	15,66 de
LR/CF/CP	1,07 a	0,66 de	2,12 de	52,04 b	31,38 cd	15,28 de
LR/SF/CP	1,33 b	0,08 a	0,55 a	62,66 c	26,61 bc	11,60 ab
LC/CF/SP	1,66 cd	0,14 b	1,37 c	44,93 a	35,69 d	19,36 f
LC/SF/SP	1,12 a	0,06 a	0,95 ab	54,52 b	31,67 cd	13,94 bc
LC/CF/CP	1,37 bc	0,15 b	1,88 cd	58,22 c	26,65 bc	14,60 cd
LC/SF/CP	1,45 c	0,16 b	0,95 ab	53,85 b	29,13 bc	17,39 ef

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2000-2001 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.5.) se presenta en la LR con fertilización (1,01-1,07) y LC/SF/SP (1,12) sin diferencia significativa ($p>0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD/SF/CP (1,95) ($p<0,05$). Los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de carbono aunque se destaca la LR/SF/SP (1,55) y la LC/CF/SP (1,66) por presentar un valor ligeramente mayor (Figura 4.6.9.).

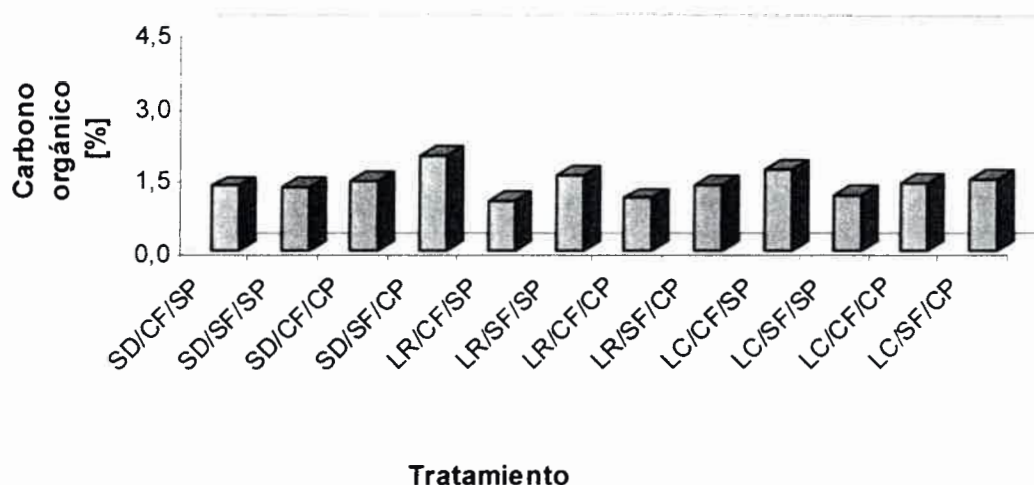


Figura 4.6.9. Carbono orgánico medio total del sedimento en el ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el ciclo 2000-2001 (Tabla 4.6.5.) muestra significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (0,66) y en SD/CF/CP (0,58), y el menor nivel sin diferencia significativa en la LR/CF/SP (0,04), SD sin pastoreo (0,07-0,09), SD/SF/CP (0,06), la LR/SF/CP (0,08) y la LC/SF/SP (0,06). La LR/SF/SP (0,28) presenta un nivel intermedio de arena media en el sedimento ($p<0,05$).

La arena fina muestra (Tabla 4.6.5.) significativamente el mayor nivel en la SD/CF/CP (2,62) aunque con un nivel ligeramente inferior la LR/CF/CP (2,12); el menor contenido en la LR/CF/SP (0,42) y LR/SF/CP (0,55) sin diferencia significativa ($p>0,05$). Los demás tratamientos conforman un grupo intermedio, en el cual se presenta un nivel con contenidos mas bajos en la SD con fertilización (0,76-0,96), SD/SF/CP (0,69), LR/SF/SP (0,82) y LC/SF/CP (0,95) y más altos en la LC con fertilización (1,37-1,88).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LC/CF/SP (44,93); el más alto en la SD con fertilización (59,76-60,43), SD/SF/CP (58,32), LR/CF/SP (59,54), LR/SF/CP (62,66) y LC/CF/CP (58,22) sin diferencia significativa ($p > 0,05$). Los demás tratamientos muestran niveles intermedios de arena muy fina (Figura 4.6.10.).

El limo muestra (Tabla 4.6.5.) significativamente el menor contenido en la SD/CF/CP (24,91); el mayor contenido en la LC/CF/SP (35,69) acompañada por un valor ligeramente inferior en la LR/CF/CP (31,38) y LC/SF/SP (31,67) ($p > 0,05$). El limo en el resto de los tratamientos de la pendiente muestra valores intermedios.

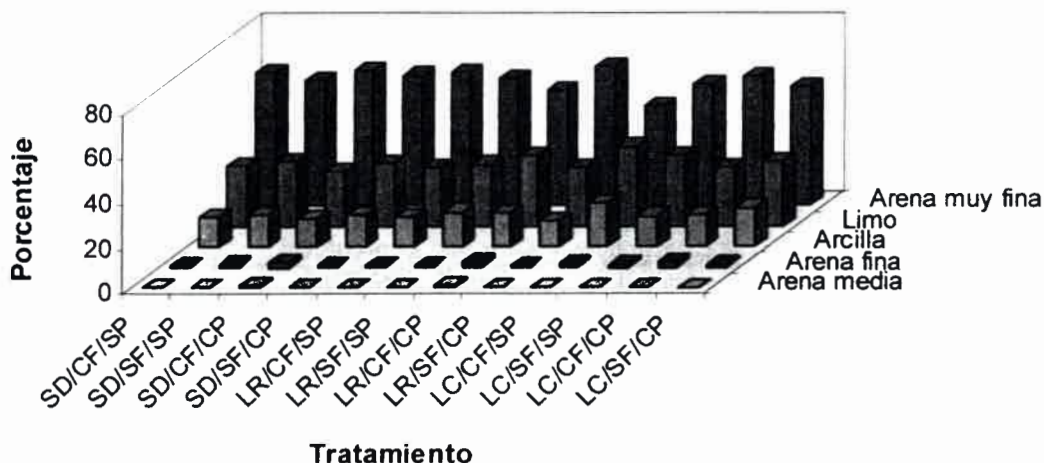


Figura 4.6.10. Granulometría media total del sedimento en el ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arcilla presenta significativamente el mayor contenido en la LC/CF/SP (19,36) acompañado por la LC/SF/CP con un nivel ligeramente inferior (17,39). El menor contenido de arcilla del sedimento lo muestra ($p < 0,05$) la LR/SF/CP (11,60) seguido por la SD/CF/CP (12,81) sin diferencia significativa entre sí. Por otra parte, los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de arcilla en el sedimento (Figura 4.6.10.).

4.6.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002

Caracterización de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.6.6. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.6.6. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	4,09 k	0,02 a	0,60 de	43,11 a	31,29 i	26,47 g
SD/SF/SP	1,45 h	0,03 ab	0,88 h	61,18 d	27,99 g	11,45 d
SD/CF/CP	1,35 g	0,05 bc	0,34 b	63,93 e	26,67 fg	10,52 cd
SD/SF/CP	1,13 f	0,12 e	0,73 f	59,13 c	29,68 h	11,85 d
LR/CF/SP	2,81 i	0,11 e	2,21 i	49,81 b	25,41 ef	23,94 f
LR/SF/SP	0,97 e	0,15 f	0,75 f	70,65 g	20,10 bc	9,86 c
LR/CF/CP	0,83 c	0,08 d	0,49 c	66,94 f	24,09 e	9,89 c
LR/SF/CP	0,49 a	0,08 d	0,58 d	73,24 h	20,49 c	7,15 a
LC/CF/SP	3,37 j	0,08 d	0,62 e	63,49 e	22,18 d	15,15 e
LC/SF/SP	0,91 d	0,05 bc	0,80 g	70,36 g	17,01 a	23,28 f
LC/CF/CP	0,61 b	0,06 bc	0,29 a	71,03 g	20,55 c	9,59 bc
LC/SF/CP	0,49 a	0,04 ab	0,30 a	74,02 h	18,85 b	8,28 ab

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el primer evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.6.) se presenta en la LR/SF/CP y LC/SF/CP con igual nivel (0,49) ($p > 0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra significativamente la SD/CF/SP (4,09) y con un nivel ligeramente inferior la LC/CF/SP (3,37). Los demás tratamientos constituyen un grupo con nivel de carbono orgánico por arriba del mínimo registrado en el cual los valores más altos corresponden a la SD/SF/SP (1,45) y SD con pastoreo (1,35-1,13) (Figura 4.6.11.).

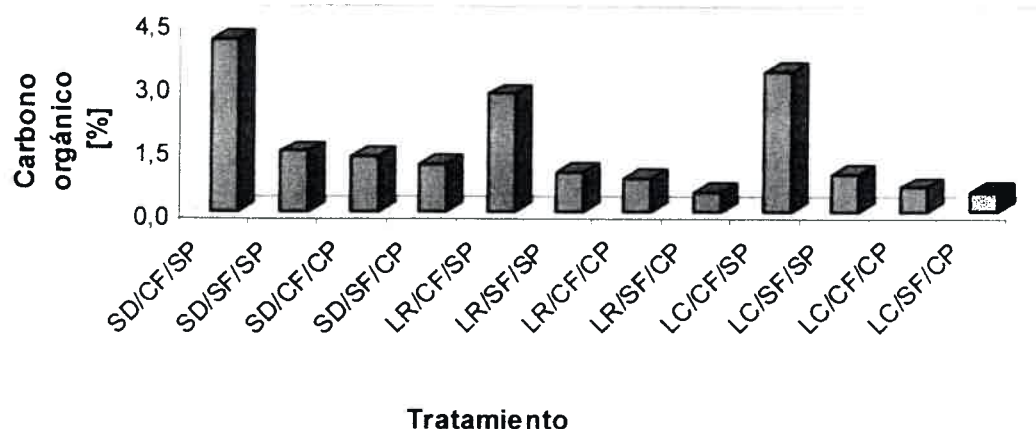


Figura 4.6.11. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el primer evento (Tabla 4.6.6.) presenta significativamente el mayor contenido en la LR/SF/SP (0,15) y con un nivel inferior le sigue la SD/SF/CP (0,12) y LR/SF/CP (0,11); el menor en la SD sin pastoreo (0,02-0,03) y la LC/SF/CP (0,04), mientras que la LR con pastoreo y la LC/CF/SP con igual nivel (0,08) y sin diferencia significativa ($p > 0,05$) muestran un nivel intermedio.

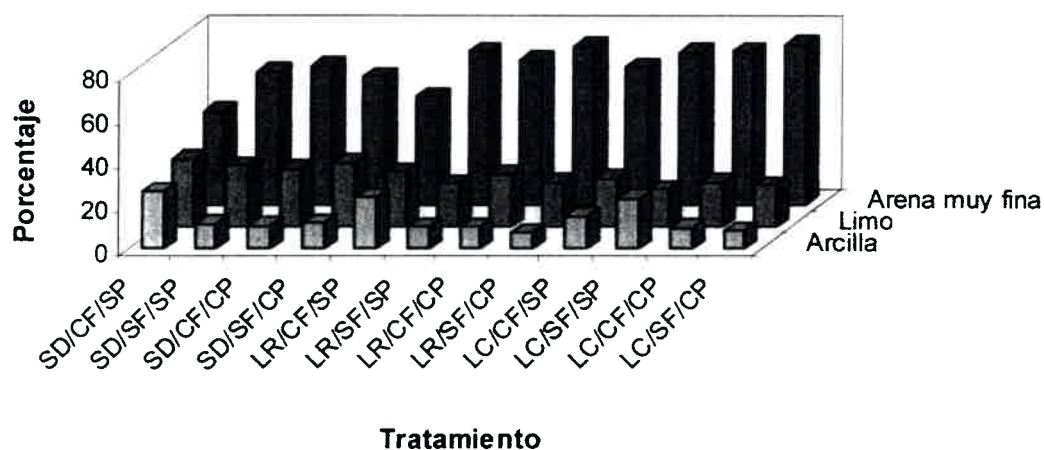


Figura 4.6.12. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LR/CF/SP (2,21); el menor contenido lo muestra la LC con pastoreo (0,29-0,30) y con un nivel ligeramente superior la SD/CF/CP (0,34), mientras que los demás

tratamientos (Tabla 4.6.6.) conforman un conjunto de valores por arriba del mínimo encontrado donde se destaca la SD/SF/SP (0,88).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la SD/CF/SP (43,11) y con un nivel superior la LR/CF/SP (49,81); el más alto ($p > 0,05$) en la LR/SF/CP (73,24) y LC/SF/CP (74,02), y con valor ligeramente inferior LR/SF/SP (70,65), LC/SF/SP (70,36) y LC/CF/CP (71,03) ($p > 0,05$). La SD/CF/CP (63,93) y LC/CF/SP (63,49) muestran un nivel intermedio ($p > 0,05$).

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la SD/CF/SP (31,29) acompañado por un valor inferior en la SD/SF/CP (29,68); el menor en la LC sin fertilización (17,01-18,85) ($p < 0,05$), y con un nivel intermedio la LR con fertilización (25,41-24,09).

La arcilla presenta significativamente el mayor valor en la SD/CF/SP (26,47), LR/CF/SP (23,94) y LC/SF/SP (23,28); el menor en la LR/SF/CP (7,15) y LC/SF/CP (8,28) aunque con un nivel ligeramente superior le siguen la LR/SF/SP (9,86), LR/CF/CP (9,89) y la LC/CF/CP (9,59), mientras que los tratamientos restantes muestran un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.12.).

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.7. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

En el segundo evento del ciclo 2001-2002 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.7.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la LR/SF/CP (1,10) y con nivel ligeramente superior la LC/CF/SP (1,17). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD/CF/SP (3,00) acompañado por un nivel ligeramente inferior en la SD/SF/SP (2,89) ($p < 0,05$). La SD con pastoreo (1,69-1,75), LR/SF/SP (1,75) y LC/CF/SP (1,99) presentan un grupo con nivel intermedio de carbono orgánico del sedimento (Figura 4.6.13.).

Tabla 4.6.7. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	3,00 j	0,01 a	0,01 a	55,02 b	34,01 g	11,65 cd
SD/SF/SP	2,89 i	0,03 ab	0,18 c	53,69 b	34,74 g	12,88 d
SD/CF/CP	1,69 e	0,02 a	0,17 bc	71,51 e	20,10 c	9,72 b
SD/SF/CP	1,75 f	0,06 cd	0,25 d	70,38 e	20,93 cd	9,90 b
LR/CF/SP	2,33 h	0,02 a	0,20 c	65,70 d	24,03 e	11,57 cd
LR/SF/SP	1,75 f	0,03 ab	0,17 bc	63,80 c	26,73 f	10,78 bc
LR/CF/CP	1,43 d	0,05 cd	0,74 g	79,92 g	13,59 a	7,22 a
LR/SF/CP	1,10 a	0,07 d	0,94 h	76,86 fg	16,20 b	7,26 a
LC/CF/SP	1,99 g	0,02 a	0,14 b	47,59 a	37,14 h	16,62 e
LC/SF/SP	1,29 c	0,03 ab	0,19 c	62,31 c	27,49 f	11,50 cd
LC/CF/CP	1,30 c	0,17 e	0,50 e	69,56 d	21,15 cd	10,15 bc
LC/SF/CP	1,17 b	0,03 ab	0,68 f	67,20 d	22,15 d	11,45 cd

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

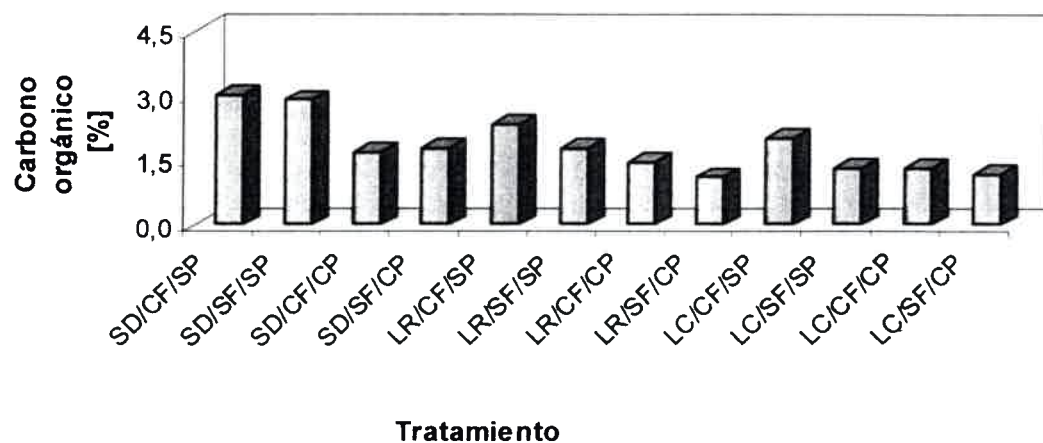


Figura 4.6.13. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el segundo evento (Tabla 4.6.7.) muestra significativamente el mayor contenido en la LC/CF/CP (0,17), y el menor en la SD con fertilización (0,01-0,02), LR/CF/SP (0,02) y LC/CF/SP (0,02) ($p > 0,05$). El resto de los tratamientos presenta un nivel ligeramente

superior al menor encontrado donde las cantidades más altas corresponden a la SD/SF/CP (0,06) y LR con pastoreo (0,05-0,07).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LR/SF/CP (0,94) y el menor contenido ($p < 0,05$) en la SD/CF/SP (0,01), mientras que la LC con pastoreo (0,50-0,68) constituye un conjunto con niveles intermedios (Tabla 4.6.7.).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LC/CF/SP (47,59) y el más alto ($p > 0,05$) en la LR con pastoreo (79,92-76,86). Se observa un conjunto con valores intermedios de arena muy fina constituido por un nivel más bajo, en la SD sin pastoreo (55,02-53,69) y más alto conformado por los demás tratamientos de la pendiente (Figura 4.6.14.).

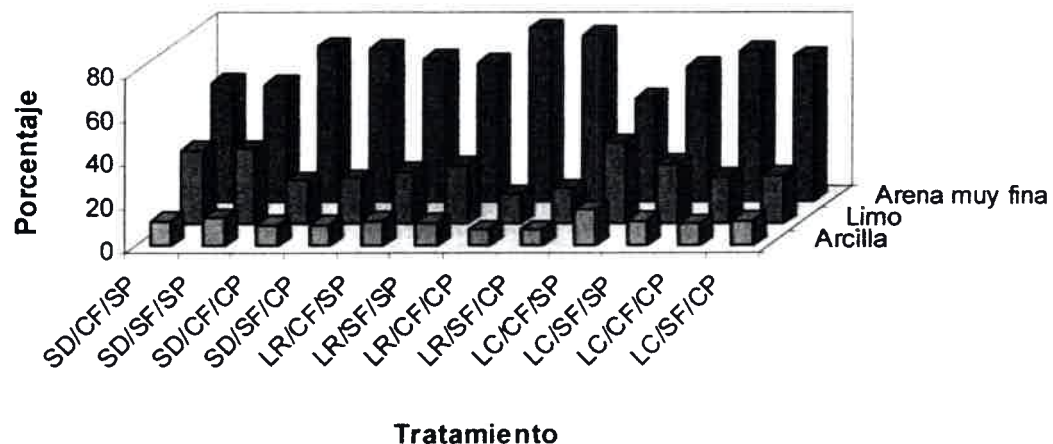


Figura 4.7.14. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LC/CF/SP (37,14), seguido por la SD sin pastoreo (34,01-34,74) y el menor en la LR con pastoreo (13,59-16,20) ($p < 0,05$). Por otro lado, se observa un grupo intermedio con valores más altos en la LR sin pastoreo (24,03-26,73) y en la LC/SF/SP (27,49) y niveles más bajos en la SD con pastoreo (20,10-20,93) y en la LC con pastoreo (21,15-22,15).

La arcilla presenta significativamente el mayor valor en la LC/CF/SP (16,62), y el menor contenido en la LR con pastoreo (7,22-7,26) ($p>0,05$), aunque se observan valores bajos en la SD con pastoreo (9,72-9,90) ($p>0,05$) mientras que los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.14.).

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.6.8. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.6.8. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	5,71 j	0,01 a	0,01 a	44,09 ab	32,86 fg	17,69 d
SD/SF/SP	1,87 g	0,02 ab	0,11 b	43,59 a	33,59 fg	20,71 e
SD/CF/CP	6,51 k	0,05 bc	0,26 d	45,65 c	34,51 g	18,52 d
SD/SF/CP	4,75 i	0,06 c	0,36 f	49,21 d	32,58 f	19,31 de
LR/CF/SP	1,99 h	0,05 bc	0,32 e	63,43 f	22,95 b	14,78 b
LR/SF/SP	1,15 c	0,05 bc	0,29 e	60,73 e	25,37 cd	15,08 bc
LR/CF/CP	1,29 d	0,05 bc	0,31 e	59,46 e	27,92 e	13,79 b
LR/SF/CP	1,75 f	0,10 e	0,96 h	72,29 g	18,36 a	9,80 a
LC/CF/SP	1,41 e	0,01 a	0,14 c	46,48 c	34,43 g	20,26 e
LC/SF/SP	1,39 e	0,03 ab	0,70 g	59,98 e	24,31 bc	16,48 c
LC/CF/CP	0,53 a	0,08 de	0,73 g	73,37 g	17,32 a	10,01 a
LC/SF/CP	0,85 b	0,17 f	1,34 i	59,96 e	25,98 d	14,05 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En el tercer evento del ciclo 2001-2002 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.8.) se presenta significativamente en la LC/CF/CP (0,53) y con un nivel ligeramente superior en la LC/SF/CP (0,85). El mayor nivel de carbono del ciclo lo muestra la SD/CF/CP (6,51) y con nivel alto pero inferior al mismo la SD/CF/SP (5,71) y SD/SF/CP (4,75) ($p<0,05$).

Además, se observa un conjunto de tratamientos con niveles por arriba del mínimo mencionado con valores más altos en la LR/CF/SP (1,99), SD/SF/SP (1,87) y la LR/SF/CP (1,75) ($p < 0,05$), y más bajos en LR/SF/SP (1,15), LR/CF/CP (1,29) y la LC sin pastoreo (1,41-1,39) ($p < 0,05$) (Figura 4.6.15.).

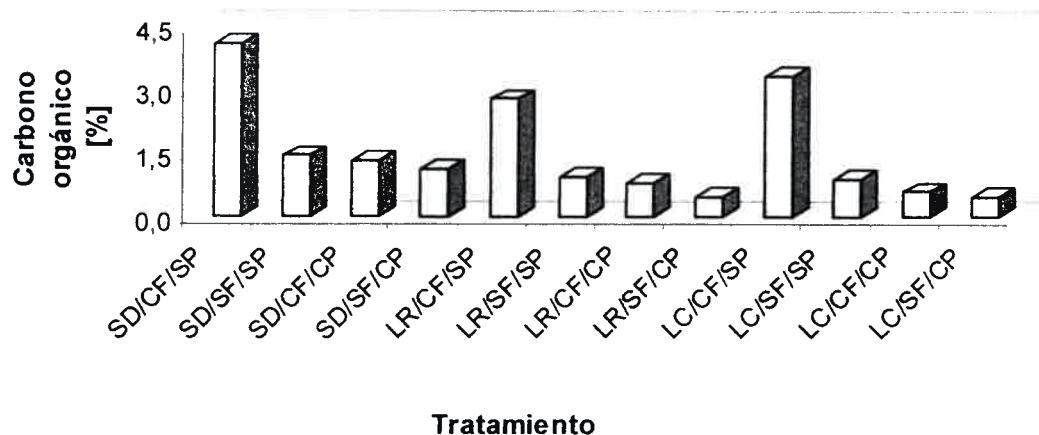


Figura 4.6.15. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el tercer evento (Tabla 4.6.8.) muestra significativamente el mayor contenido en la LC/SF/CP (0,17); y el menor en la SD sin pastoreo (0,01-0,02) y la LC sin pastoreo (0,01-0,03) ($p > 0,05$), aunque se presenta un grupo con niveles ligeramente superiores a los menores encontrados constituido por la SD con pastoreo (0,05-0,06), la LR sin pastoreo y LR/CF/CP con igual contenido (0,05). La LR/SF/CP y LC/CF/CP con el mismo valor (0,08) muestran un comportamiento intermedio.

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LC/SF/CP (1,34); el menor contenido en la SD/CF/SP (0,01) ($p < 0,05$). La LR/SF/CP (0,95), LC/SF/SP (0,70) y LC/CF/CP (0,73) presentan un nivel intermedio. Los demás tratamientos muestran niveles inferiores al contenido intermedio mencionado (Tabla 4.6.8.).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p > 0,05$) en la SD sin pastoreo (44,09-43,59), el más alto en la LR/SF/CP (72,29) y LC/CF/CP (73,37) ($p > 0,05$). La LR sin pastoreo (63,43-60,73), LR/CF/CP (59,46) y la LC sin

fertilización (59,98-59,96) constituyen un grupo (Figura 4.6.16.) con nivel intermedio de arena muy fina.

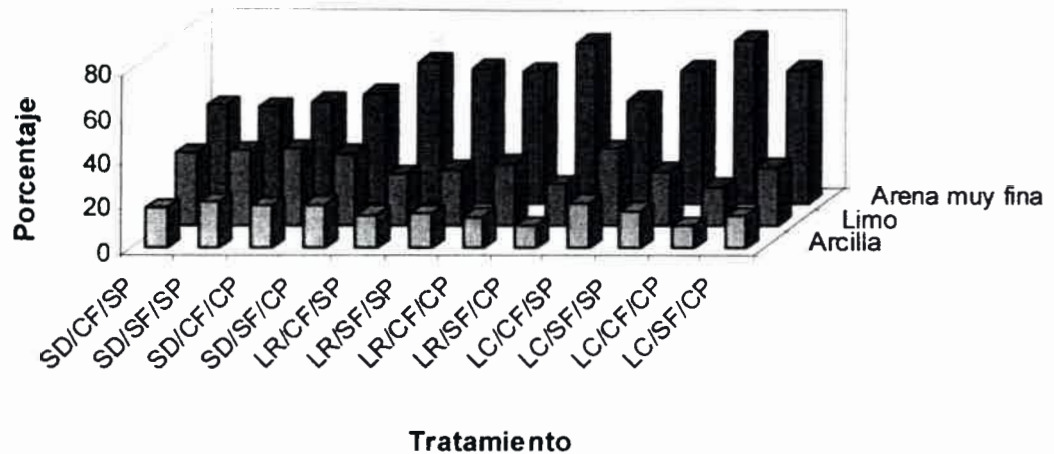


Figura 4.6.16. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el menor contenido en la LC/CF/CP (17,32) y LR/SF/CP (18,36) y el mayor en la SD sin pastoreo (32,86-33,59), SD con pastoreo (34,51-32,58) y en la LC/CF/SP (34,43) ($p < 0,05$). Los demás tratamientos de la pendiente muestran valores intermedios.

La arcilla presenta el mayor valor en la SD/SF/SP (20,71), la LC/CF/SP (20,26) ($p > 0,05$) con un nivel ligeramente inferior y algo más bajo en la SD/SF/CP (19,31) y en la SD con fertilización (17,69-18,52). El menor contenido de arcilla lo muestra la LR/SF/CP (9,80) y la LC/CF/CP (10,01) sin diferencia significativa entre sí. Los demás tratamientos tienen un nivel intermedio de arcilla del sedimento (Figura 4.6.16.).

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.6.9. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.6.9. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,63 g	0,12 c	0,99 h	51,67 c	29,68 ef	19,06 c
SD/SF/SP	1,93 h	0,05 ab	1,37 i	64,33 e	21,64 b	14,13 a
SD/CF/CP	1,03 b	0,06 b	0,53 fg	64,98 e	22,36 b	13,58 a
SD/SF/CP	0,79 a	0,04 ab	0,38 d	68,97 f	19,08 a	13,05 a
LR/CF/SP	1,57 f	0,02 a	0,51 ef	67,83 f	19,28 a	13,88 a
LR/SF/SP	1,51 e	0,02 a	0,21 b	45,21 a	31,61 g	24,47 d
LR/CF/CP	0,79 a	0,02 a	0,49 e	56,79 d	24,70 c	19,51 c
LR/SF/CP	0,79 a	0,17 d	0,98 h	55,57 d	28,46 e	16,34 b
LC/CF/SP	2,47 i	0,02 a	0,31 c	55,69 d	26,49 d	19,01 c
LC/SF/SP	1,39 d	0,03 ab	0,13 a	47,06 ab	30,00 f	24,29 d
LC/CF/CP	1,33 c	0,03 ab	0,10 a	45,30 a	26,74 h	27,80 e
LC/SF/CP	1,63 g	0,04 ab	0,56 g	57,26 d	23,91 c	19,75 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el cuarto evento del ciclo 2001-2002 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.9.) se presenta en la SD/SF/CP y en la LR con pastoreo con igual nivel (0,79) y sin diferencia significativa entre ellos ($p > 0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra significativamente ($p < 0,05$) la LC/CF/SP (2,47). Por otro lado, se observa un grupo de tratamientos que presentan un nivel intermedio de carbono ($p < 0,05$) aunque se destacan niveles más altos en la SD sin pastoreo (1,63-1,93), LC/SF/CP (1,63), y la LR sin pastoreo (1,57-1,51) y niveles más bajos en la SD/CF/CP (1,03) y LC/SF/SP (1,39) y LC/CF/CP (1,33) (Figura 4.6.17.).

La arena media del sedimento en el cuarto evento (Tabla 4.6.9.) muestra significativamente el mayor contenido en la LR/SF/CP (0,17), y el menor nivel sin diferencia significativa e igual nivel en LR sin pastoreo, LR/CF/CP, y la LC/CF/SP. Los demás tratamientos presentan un nivel muy próximo al menor señalado a excepción de la SD/CF/SP (0,12) que muestra un valor intermedio de arena media en el sedimento ($p < 0,05$).

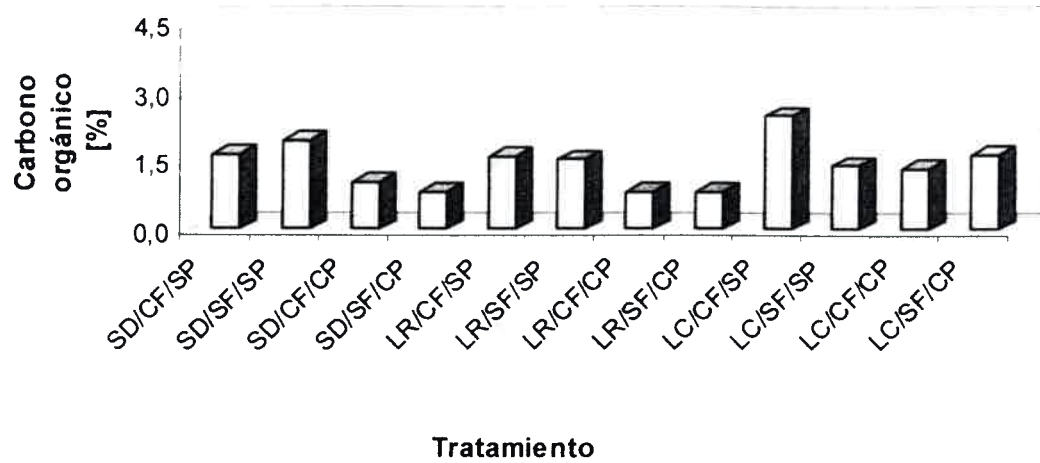


Figura 4.6.17. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la SD/SF/SP (1,37), acompañado por la SD/CF/SP (0,99) y LR/SF/CP (0,98) que se destacan como valores altos respecto al resto; y el menor contenido en la LC/SF/SP (0,13) y LC/CF/CP (0,10) sin diferencia significativa ($p > 0,05$). Se observa que los demás tratamientos (Tabla 4.6.9.) conforman un grupo con nivel ligeramente superior al menor contenido mencionado aunque sin alcanzar un nivel intermedio con valores más bajos en la LR/SF/SP (0,21) y LC/CF/SP (0,31), y más altos en la SD con pastoreo (0,53-0,38), LR con fertilización (0,51-0,49) y la LC/SF/CP (0,56).

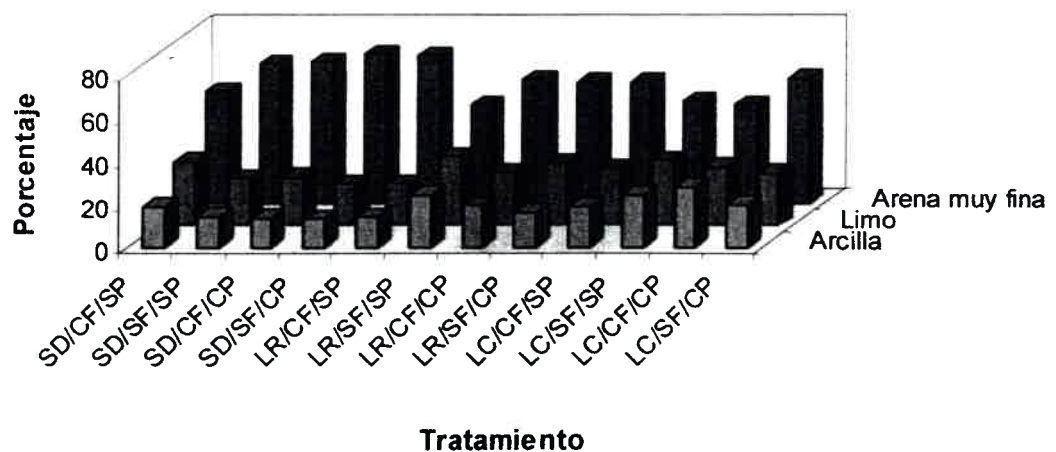


Figura 4.6.18. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p > 0,05$) en la LR/SF/SP (45,21), LC/CF/CP (45,30) y la LC/SF/SP (47,06); el más alto en la SD/SF/CP (68,97) y la LR/CF/SP (67,85) ($p < 0,05$) acompañado por la SD/SF/SP (64,98) y SD/CF/CP (64,98) con valores ligeramente inferior ($p > 0,05$). Los demás tratamientos muestran niveles intermedios de arena muy fina (Figura 4.6.18.).

El limo muestra el menor contenido ($p > 0,05$) en la SD/SF/CP (19,08) y LR/CF/SP (19,28) acompañado por un valor ligeramente superior en la SD/SF/SP (21,64) y SD/CF/CP (22,36); el mayor contenido significativamente en la LR/SF/SP (31,61) aunque con nivel ligeramente inferior ($p > 0,05$) en la LC/SF/SP (30,00). El limo en los demás tratamientos (Figura 4.6.18.) de la pendiente muestra valores intermedios.

La arcilla presenta significativamente el mayor contenido en la LC/CF/CP (27,80) y el menor contenido de arcilla en la SD sin fertilización (14,13-13,05), SD/CF/CP (13,58) y LR/CF/SP (13,88) sin diferencia significativa ($p < 0,05$). Por otra parte, los demás tratamientos muestran valores intermedios de arcilla en los sedimentos (Figura 4.6.18.).

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.10. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

En el ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.10.) se presenta en la LC con pastoreo (0,94-1,04), LR con pastoreo (1,09-1,03) sin diferencia significativa ($p > 0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD sin pastoreo (3,61-2,65) ($p < 0,05$). La SD sin fertilización (2,04-2,11), la LR/CF/SP (2,18) y la LC/CF/SP (2,31) muestran un nivel intermedio de carbono (Figura 4.6.19.).

Tabla 4.6.10. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	3,61 g	0,04 a	0,40 ab	48,47 a	31,46 d	18,71 c
SD/SF/SP	2,04 bc	0,03 a	0,63 bc	55,70 bc	29,49 cd	14,79 bc
SD/CF/CP	2,65 fg	0,04 ab	0,33 a	61,52 bc	25,91 bc	13,09 bc
SD/SF/CP	2,11 cd	0,07 bc	0,43 ab	61,92 bc	25,57 bc	13,53 bc
LR/CF/SP	2,18 ef	0,05 ab	0,81 cd	61,69 bc	22,92 bc	16,04 bc
LR/SF/SP	1,35 bc	0,06 ab	0,36 a	60,10 bc	25,95 bc	15,05 bc
LR/CF/CP	1,09 ab	0,05 ab	0,51 bc	65,78 cd	22,57 ab	12,60 ab
LR/SF/CP	1,03 ab	0,10 c	0,86 d	69,49 d	20,88 a	11,11 a
LC/CF/SP	2,31 ef	0,03 a	0,30 a	53,31 b	30,06 d	17,76 c
LC/SF/SP	1,25 bc	0,04 a	0,46 ab	59,93 bc	22,20 ab	18,89 c
LC/CF/CP	0,94 a	0,08 bc	0,41 ab	64,81 cd	23,94 bc	14,40 bc
LC/SF/CP	1,04 ab	0,07 bc	0,72 cd	64,61 cd	22,72 ab	13,38 bc

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

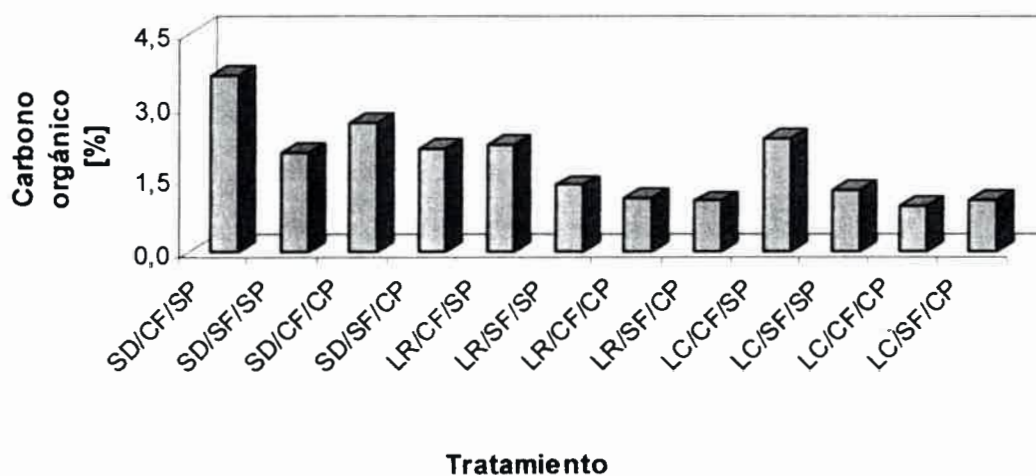


Figura 4.6.19. Carbono orgánico medio total del sedimento en el ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el ciclo 2001-2002 (Tabla 4.6.10.) muestra significativamente el mayor contenido en la LR/SF/CP (0,10) y el menor nivel sin diferencia significativa ($p > 0,05$) en la SD sin pastoreo (0,04-0,03), SD/CF/CP (0,04), LR sin pastoreo (0,05-0,06), LR/CF/CP (0,05) y en la

LC sin pastoreo (0,03-0,04). La SD/SF/CP (0,07) y la LC con pastoreo (0,08-0,07) con valores intermedios de arena media ($p > 0,05$).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LR/SF/CP (0,86) y con un nivel ligeramente inferior la LR/CF/SP (0,81) y LC/SF/CF (0,72); el menor contenido en la LC/CF/SP (0,30), LR/SF/SP (0,33) y la SD/CF/CP (0,33) aunque con un nivel algo superior se presentan la SD/CF/SP (0,40), SD/SF/CP (0,43), LC/SF/SP (0,46) y LC/CF/CP (0,41) ($p > 0,05$). Los demás tratamientos presentan un nivel intermedio de arena fina en el sedimento.

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la SD/CF/SP (48,47) acompañado por la LC/CF/SP (53,31) con un nivel ligeramente superior; el nivel más alto ($p < 0,05$) en la LR/SF/CP (69,49) aunque con un nivel ligeramente inferior en la LR/CF/CP (65,78) y la LC con pastoreo (64,81-64,72). Los demás tratamientos muestran niveles intermedios de arena muy fina.

El limo muestra el menor contenido en la LR/SF/CP (20,88) y el mayor en la SD sin pastoreo (31,46-29,49) y LC/CF/SP (30,06) ($p > 0,05$). Se observa un conjunto de tratamientos con valores intermedios de limo compuesto por un nivel más alto, en la SD con pastoreo (25,91-25,57) y en la LR/SF/SP (25,95) y más bajo, en la LR/CF/SP (22,92), LR con pastoreo (22,57-20,88), LC/SF/SP (22,20) y la LC con pastoreo (23,94-22,72).

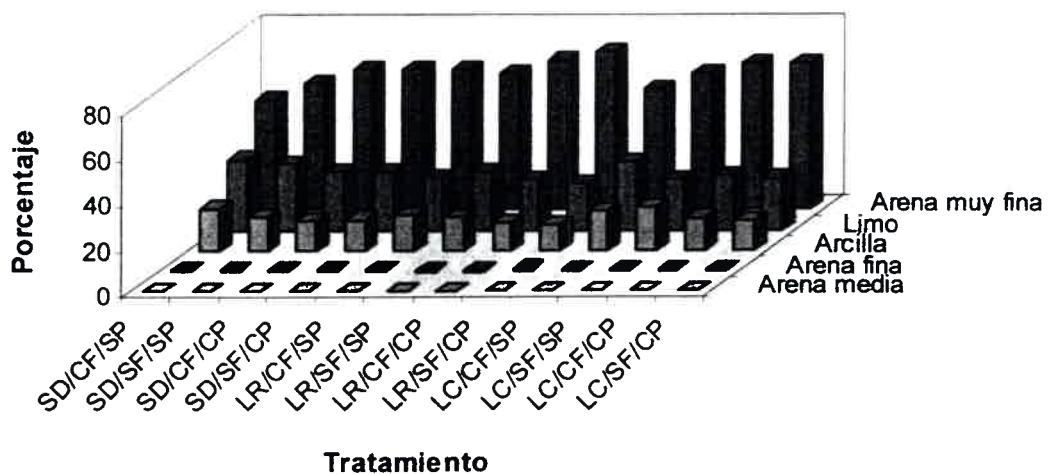


Figura 4.6.20. Granulometría media total del sedimento en el ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arcilla presenta el mayor contenido en la SD/CF/SP (18,71) y la LC sin pastoreo (17,76-18,89) ($p > 0,05$). El menor contenido en la LR sin pastoreo (12,60-11,60) sin diferencia significativa entre sí. Los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de contenido de arcilla del sedimento aunque se destaca por su valor ligeramente superior la LR sin pastoreo (16,04-15,05) ($p > 0,05$) (Figura 4.6.20.).

4.6.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003

Caracterización de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.6.11. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.6.11. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el primer evento por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	3,31 k	0,02 a	0,13 bc	52,87 c	25,96 d	22,54 e
SD/SF/SP	1,51 h	0,02 a	0,22 d	67,06 e	20,96 b	13,63 b
SD/CF/CP	1,43 g	0,02 a	0,26 e	69,24 f	20,74 bc	11,26 a
SD/SF/CP	1,03 d	0,02 a	0,22 d	49,65 b	33,15 ef	18,48 d
LR/CF/SP	2,29 j	0,02 a	0,11 ab	51,87 c	26,20 d	23,33 e
LR/SF/SP	1,57 i	0,02 a	0,10 ab	71,43 g	16,94 a	12,92 b
LR/CF/CP	0,90 c	0,02 a	0,36 g	44,83 a	34,48 f	21,82 e
LR/SF/CP	1,09 e	0,04 a	0,31 f	58,95 d	26,35 d	15,87 c
LC/CF/SP	1,23 f	0,02 a	0,09 a	52,43 c	31,67 e	17,31 cd
LC/SF/SP	1,24 f	0,02 a	0,14 c	71,21 g	17,15 a	13,00 b
LC/CF/CP	0,62 a	0,02 a	0,12 ab	68,93 f	21,89 bc	10,57 a
LC/SF/CP	0,69 b	0,03 a	0,30 f	65,90 e	22,17 c	13,12 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el primer evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.11.) se presenta significativamente en la LC con pastoreo (0,62-0,69). El mayor nivel del evento lo muestra significativamente la SD/CF/SP (3,31) aunque se destaca en la LR/CF/SP (2,29) un valor alto de carbono del sedimento. Los demás tratamientos constituyen un grupo con nivel intermedio de carbono constituido por valores más altos en la LR/SF/SP (1,57), SD/SF/SP (1,51), SD/CF/CP (1,43) y LC sin pastoreo (1,23-1,24) y más bajos en la LR con pastoreo (0,90-1,09) y SD/SF/CP (1,03) (Figura 4.6.21.).

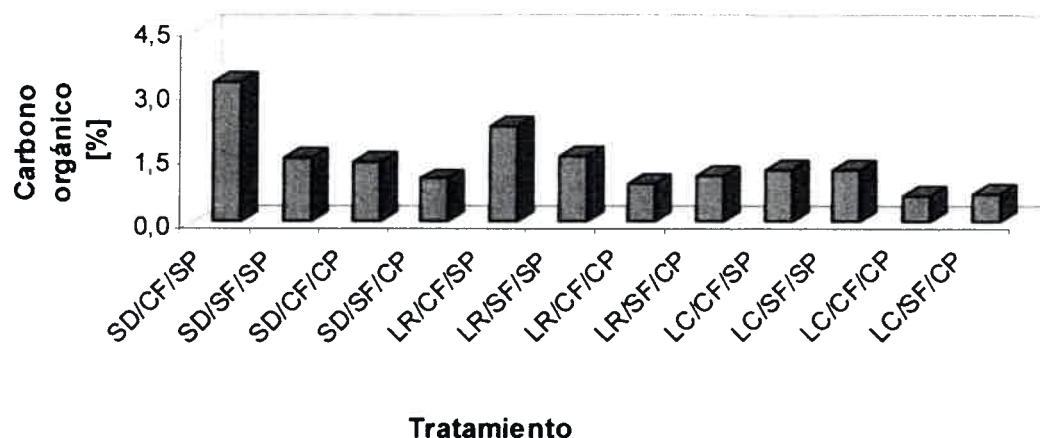


Figura 4.6.21. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el primer evento (Tabla 4.6.11.) no presenta diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los diferentes tratamientos con un valor promedio muy bajo (0,02).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LR/CF/CP (0,36) acompañado por la LR/SF/CP (0,31) y LC/SF/CP (0,30) con un nivel ligeramente inferior y sin diferencia significativa entre ellos ($p > 0,05$); el menor contenido lo muestra la LC/CF/SP (0,09), LR sin pastoreo (0,11-0,10), LC/CF/CP (0,12) sin diferencia significativa y con nivel ligeramente superior la SD/CF/SP (0,13) y LC/SF/SP (0,14), mientras que los demás tratamientos presentan un nivel intermedio de arena fina.

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LR/CF/CP (44,83). El mayor contenido ($p > 0,05$) en la LR/SF/SP (71,43) y LC/SF/SP (71,21), acompañado por valores altos en la SD/CF/CP (69,24), LC/CF/CP (68,93), SD/SF/SP (67,06) y LC/SF/CP (65,90); mientras que los demás tratamientos muestran un nivel intermedio (Figura 4.6.22.).

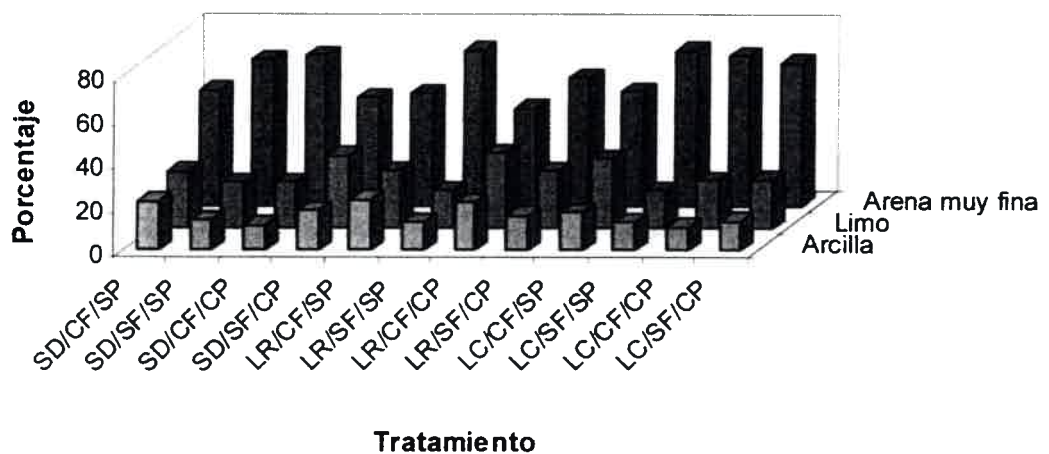


Figura 4.6.22. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (34,48) y en la SD/SF/CP (33,15) seguido por un valor inferior en la LC/CF/SP (31,67). El menor contenido en la LR (16,94) y LC/SF/SP (17,15) ($p > 0,05$), y con un nivel ligeramente superior la SD/SF/SP (20,96), SD/CF/CP (20,74) y en la LC con pastoreo (21,89-22,17). La SD/CF/SP (25,96), LR/CF/SP (26,20) y LR/SF/CP (26,35) sin diferencia significativa entre ellas ($p > 0,05$) presentan un contenido intermedio de limo (Figura 4.6.22.).

La arcilla presenta el mayor valor (Figura 4.7.22.) en la SD/CF/SP (22,54) y LR con fertilización (23,33-21,82) sin diferencia significativa ($p > 0,05$); el menor en la LC/CF/CP (10,57) y SD/CF/CP (11,26) aunque muestra un nivel ligeramente superior sin diferencia significativa entre ellos en la SD/SF/SP (13,63), LR/SF/SP (12,92) y LC sin fertilización (13-13,12), mientras que los tratamientos restantes muestran un nivel intermedio de arcilla.

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.12. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.6.12. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,93 f	0,02 a	0,21 d	65,60 e	21,36 d	14,31 c
SD/SF/SP	1,33 d	0,02 a	0,23 de	66,65 e	21,32 d	13,30 bc
SD/CF/CP	3,25 i	0,03 ab	0,09 ab	55,96 c	25,03 f	20,41 d
SD/SF/CP	3,43 j	0,02 a	0,12 b	57,41 c	23,40 e	20,58 d
LR/CF/SP	1,31 d	0,03 ab	0,34 f	70,24 f	18,25 c	12,65 b
LR/SF/SP	1,87 e	0,02 a	0,25 e	66,04 e	21,19 d	14,02 bc
LR/CF/CP	3,19 h	0,02 a	0,08 a	36,02 b	40,06 g	25,33 e
LR/SF/CP	1,27 c	0,02 a	0,20 d	72,11 g	16,10 b	13,08 bc
LC/CF/SP	0,79 a	0,02 a	0,07 a	73,92 h	14,75 b	12,76 b
LC/SF/SP	1,87 e	0,02 a	0,16 c	80,29 i	12,91 a	8,13 a
LC/CF/CP	1,15 b	0,04 b	0,48 g	31,12 a	44,04 h	25,85 e
LC/SF/CP	2,95 g	0,05 b	0,60 h	62,41 d	24,42 ef	14,05 bc

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el segundo evento del ciclo 2002-2003 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.12.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la LC/CF/SP (0,79). El mayor nivel lo muestra la SD/SF/CP (3,43) donde además se destacan con un nivel alto la SD/CF/CP (3,25) y LR/CF/CP (3,19) y LC/SF/CP (2,95) ($p < 0,05$). Se observa un conjunto con niveles intermedios de carbono constituido por valores más altos en la SD/CF/SP (1,93) y en la LR y LC sin fertilización y sin pastoreo con igual contenido (1,87) ($p > 0,05$) y valores más bajos en la SD/SF/SP (1,33), LR/CF/SP (1,31), LR/SF/CP (1,27) y LC/CF/CP (1,15) (Figura 4.6.23.).

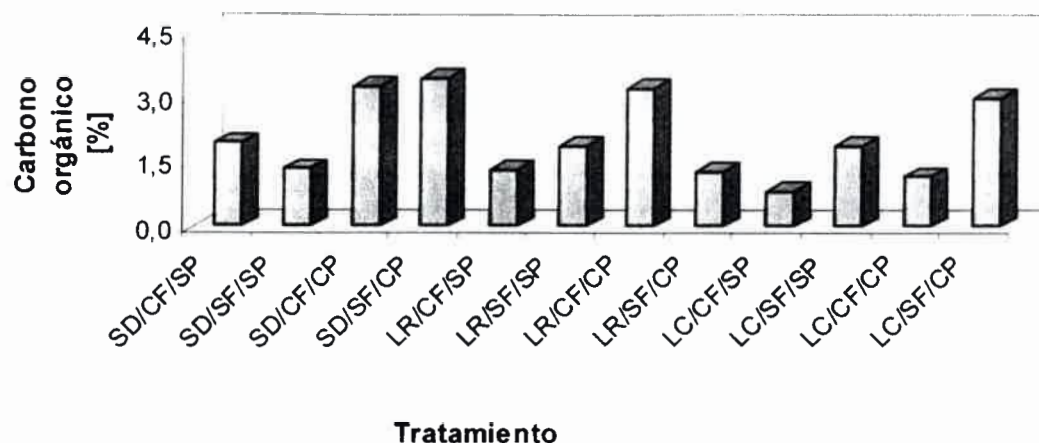


Figura 4.6.23. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el segundo evento (Tabla 4.6.12.) muestra el mayor contenido en la LC con pastoreo (0,04-0,05) sin diferencia significativa, y los demás tratamientos presentan el menor contenido ($p > 0,05$).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LC/SF/CP (0,60) y se destaca con un nivel bastante alto la LC/CF/CP (0,48) mientras el menor contenido ($p > 0,05$) en la LC/CF/SP (0,07), LR/CF/CP (0,08) y SD/CF/CP (0,09). La SD sin pastoreo (0,21-0,23) y la LR sin fertilización (0,25-0,20) presentan un nivel intermedio de arena fina.

La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la LC/CF/CP (31,12), aunque con un valor ligeramente superior se destaca la LR/CF/CP (36,02), el nivel más alto significativamente en la LC/SF/SP (80,29), y un contenido intermedio en la SD con pastoreo. Los demás tratamientos de la pendiente (Figura 4.6.24.) constituyen un conjunto con niveles por arriba de los valores intermedios mencionados anteriormente.

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LC/CF/CP (44,04) y con un nivel ligeramente inferior en la LR/CF/CP (40,06) y el menor en la LC/SF/SP (12,91) ($p < 0,05$) acompañado por la LC/CF/SP (14,75) y la LR/SF/CP (16,10) sin diferencia significativa entre sí. Los demás tratamientos presentan contenido intermedio de limo del sedimento.

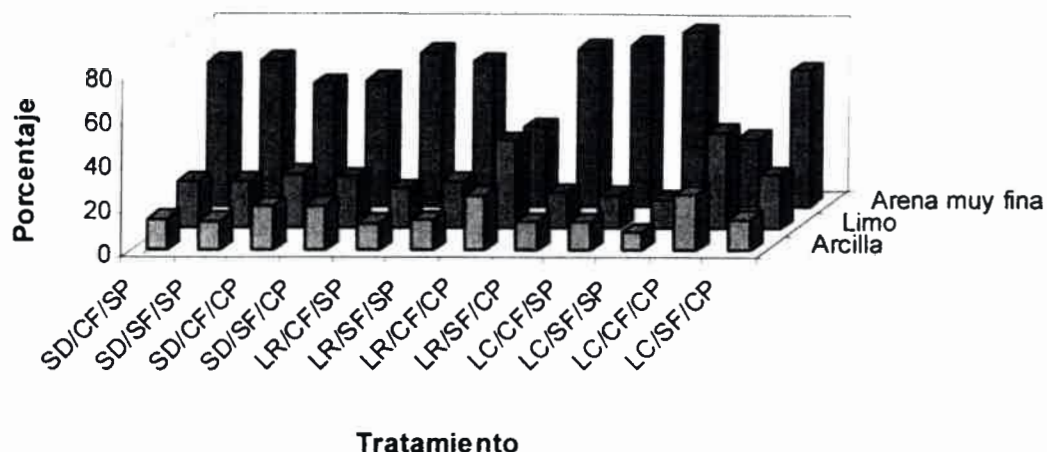


Figura 4.6.24. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arcilla presenta el mayor valor en la LR/CF/CP (25,3) y LC/CF/CP (25,85) sin diferencia significativa ($p > 0,05$), acompañada por un nivel ligeramente inferior en la SD con pastoreo (20,41-20,58); el menor contenido significativamente lo muestra la LC/SF/SP (8,13), mientras que los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.24.).

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.6.13. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

En el tercer evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.13.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la LC/CF/CP (0,73) mientras que el mayor nivel de carbono lo muestra ($p < 0,05$) la LR/SF/CP (2,65). La LR/SF/SP (1,63) y la LC con pastoreo (1,63-1,64) sin diferencia significativa entre ellos presentan un nivel intermedio de carbono en el sedimento (Figura 4.6.25.).

La arena media del sedimento en el tercer evento (Tabla 4.6.13.) no presenta diferencias significativas en los diferentes tratamientos. La arena fina presenta el mayor nivel en la LR/SF/SP (1,04) y LC/SF/CP (1,01) sin diferencia

significativa; el menor contenido en la SD/CF/SP (0,13) y la LR/CF/SP (0,10) ($p>0,05$), mientras que la LC/CF/CP (0,52) muestra un nivel intermedio.

Tabla 4.6.13. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,45 e	0,02 a	0,13 a	59,65 ef	26,18 cd	15,55 cd
SD/SF/SP	2,11 g	0,02 a	0,23 cd	58,15 de	27,05 de	16,07 cd
SD/CF/CP	0,91 c	0,03 a	0,25 d	64,18 gh	26,64 de	10,43 a
SD/SF/CP	1,45 e	0,03 a	0,23 cd	65,61 hi	24,73 bc	10,92 a
LR/CF/SP	1,09 d	0,02 a	0,10 a	44,44 a	34,17 h	22,79 f
LR/SF/SP	1,63 f	0,02 a	1,04 g	54,45 b	27,51 ef	18,50 e
LR/CF/CP	0,73 a	0,03 a	0,21 bc	56,89 cd	29,45 g	14,94 c
LR/SF/CP	2,65 h	0,02 a	0,34 e	63,61 g	25,88 cd	11,67 ab
LC/CF/SP	0,85 b	0,02 a	0,19 b	55,68 bc	27,50 ef	18,14 e
LC/SF/SP	0,89 c	0,04 a	0,26 d	66,13 i	22,38 a	12,72 b
LC/CF/CP	1,63 f	0,02 a	0,52 f	60,31 f	24,15 b	16,52 d
LC/SF/CP	1,64 f	0,04 a	1,01 g	55,91 bc	28,80 fg	15,76 cd

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

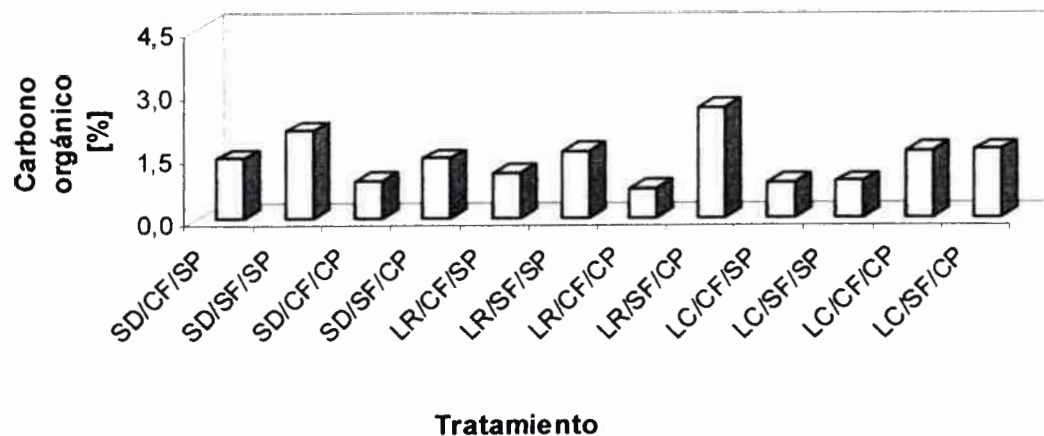


Figura 4.6.25. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena muy fina presenta significativamente el nivel más bajo en la LR/CF/SP (44,44), el más alto en la LC/SF/SP (66,13) ($p<0,05$) y con nivel

ligeramente inferior en la SD con pastoreo (64,18-65,61) y LR/SF/CP (63,61). El resto de los tratamientos conforman un grupo con nivel intermedio de arena muy fina (Figura 4.6.26.).

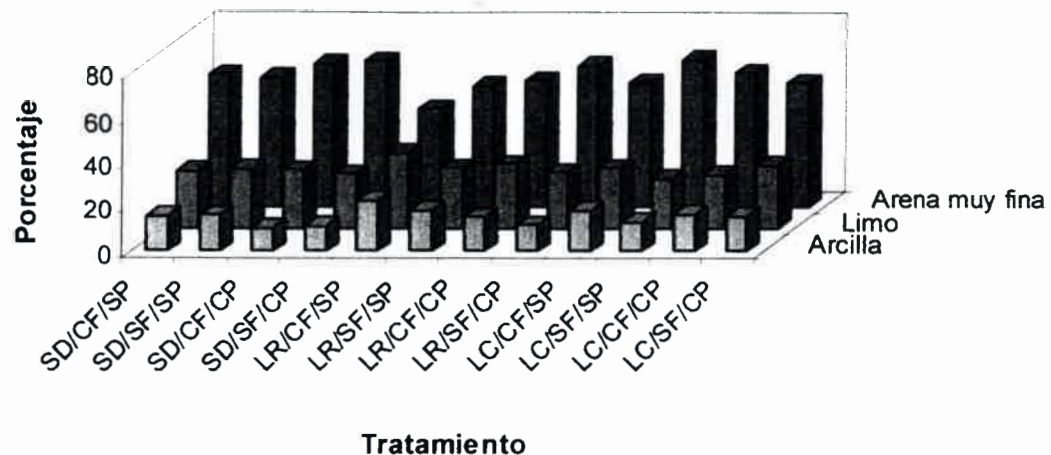


Figura 4.6.26. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el mayor contenido en la LR/CF/SP (34,17) y el menor en la LC/CF/SP (22,38) ($p < 0,05$) acompañado por la SD/SF/CP (24,73) y LC/CF/CP (24,15) con nivel más alto, mientras que los demás tratamientos de la pendiente muestran valores intermedios.

La arcilla presenta significativamente el mayor valor en la LR/CF/SP (22,79). El menor contenido de arcilla lo muestra la SD con pastoreo (10,43-10,92) ($p > 0,05$) y con valor ligeramente superior LR/SF/CP (11,67) y la LC/SF/SP (12,72). Los demás tratamientos conforman un nivel intermedio de arcilla del sedimento aunque se destacan la LR/SF/SP (18,50) y LC/CF/SP (18,14) ($p > 0,05$) por presentar los valores más altos (Figura 4.6.26.).

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.6.14. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.6.14. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,84 g	0,03 ab	0,20 c	49,61 b	32,61 f	19,07 e
SD/SF/SP	1,63 f	0,03 ab	0,14 b	50,53 b	33,42 f	17,40 cd
SD/CF/CP	3,31 j	0,03 ab	0,23 d	56,63 d	27,86 de	16,76 c
SD/SF/CP	1,09 b	0,04 ab	0,07 a	62,72 f	24,76 c	13,77 b
LR/CF/SP	1,40 c	0,13 d	1,28 i	52,41 c	29,34 e	18,36 de
LR/SF/SP	2,11 h	0,22 e	0,95 h	65,21 g	21,69 b	13,44 ab
LR/CF/CP	1,10 b	0,05 ab	0,27 e	49,29 a	30,14 f	20,91 f
LR/SF/CP	2,95 i	0,02 a	0,24 d	60,87 e	26,85 d	13,55 ab
LC/CF/SP	0,97 a	0,09 c	0,94 h	70,13 i	17,74 a	12,62 ab
LC/SF/SP	1,51 e	0,06 bc	0,27 e	56,27 d	28,54 e	16,38 c
LC/CF/CP	1,46 d	0,03 ab	0,69 g	67,07 h	21,71 b	12,02 a
LC/SF/CP	1,45 d	0,03 ab	0,40 f	61,44 ef	23,32 c	16,33 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el cuarto evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.14.) se presenta significativamente en la LC/CF/SP (0,97) y con un nivel ligeramente superior ($p > 0,05$) la SD/SF/CP (1,09) y en la LR/CF/CP (1,10). El mayor nivel de carbono lo muestra ($p < 0,05$) la SD/CF/CP (3,31) acompañado por la LR/SF/CP (2,95). La LR/SF/SP (2,11) presenta un nivel intermedio de carbono ($p < 0,05$) (Figura 4.6.27.).

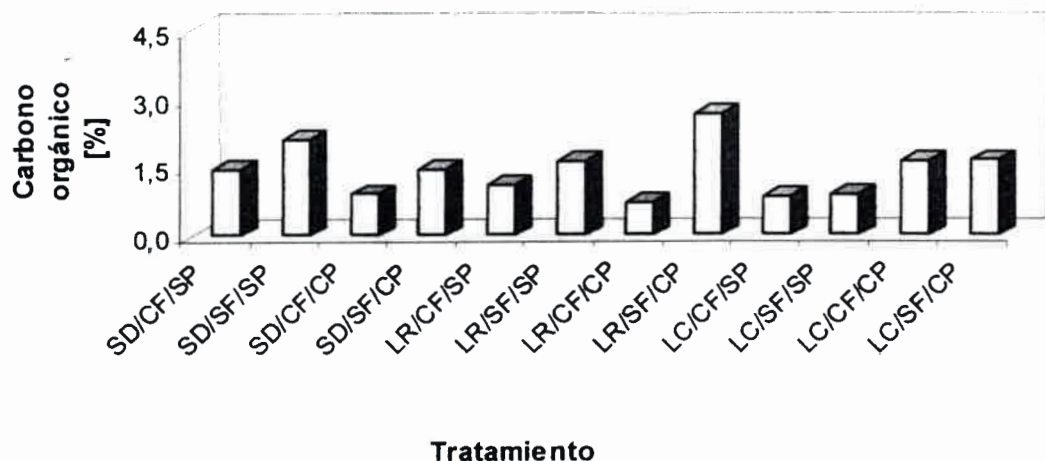


Figura 4.6.27. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el cuarto evento (Tabla 4.6.14.) presenta significativamente el mayor contenido en la LR/SF/SP (0,22), y el menor nivel ($p>0,05$) en la LR/SF/CP (0,02), SD sin pastoreo (0,03), SD con pastoreo (0,03-0,04), LR/CF/CP (0,05) y la LC con pastoreo (0,03). La LR/CF/SP (0,13) muestra un valor intermedio en el sedimento ($p<0,05$).

La arena fina muestra significativamente el mayor nivel en la LR/CF/SP (1,28) acompañado por un nivel ligeramente inferior ($p>0,05$) en la LR/SF/SP (0,95) y LC/CF/SP (0,94); y el menor contenido en la SD/SF/CP (0,07) ($p<0,05$). La LC/CF/CP (0,69) presenta un nivel intermedio de arena fina ($p<0,05$). Por otro lado, se observa que los demás tratamientos conforman un grupo con nivel ligeramente superior al menor contenido presente en la pendiente.

La arena muy fina (Figura 4.6.28.) presenta el nivel más bajo ($p>0,05$) en la LC/CF/CP (49,29) y en la SD sin pastoreo (49,61-50,53); el más alto en la LC/CF/SP (70,13) ($p<0,05$) acompañado por un nivel ligeramente inferior en la LC/CF/CP (67,07) y en la LR/SF/SP (65,21). Los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de arena muy fina conformado por valores más altos en la SD/SF/CP (62,72), LR/SF/CP (60,87) y LC/SF/CP (61,44), y valores más bajos en la SD/CF/CP (56,63), LR/CF/SP (52,41) y LC/SF/SP (56,27).

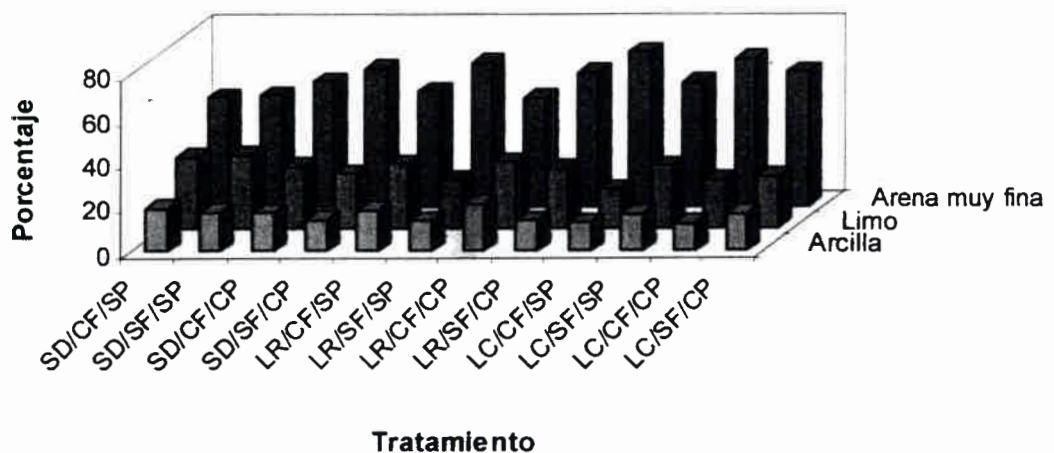


Figura 4.6.28. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo muestra significativamente el menor contenido ($p > 0,05$) en la LC/CF/SP (17,74) y el mayor contenido en la SD sin pastoreo (32,61-33,42) y la LR/CF/CP (30,14) sin diferencia significativa ($p > 0,05$). El limo en los demás tratamientos (Figura 4.6.28.) de la pendiente muestra valores intermedios aunque se destacan valores más altos en la SD/CF/CP (27,86), LR/CF/SP (29,34), LR/SF/CP (26,85) y LC/SF/CP (28,54) y niveles más bajos en la SD/SF/CP (24,76), LR/SF/SP (21,69) y LC con pastoreo (21,71-23,32).

La arcilla presenta significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (20,91) acompañado por la SD/CF/SP (19,07) y LR/CF/SP (18,36) con un nivel ligeramente inferior ($p > 0,05$). El menor contenido de arcilla en la LC con fertilización (12,62-12,02) sin diferencia significativa ($p < 0,05$). Por otra parte, los demás tratamientos muestran valores intermedios de arcilla aunque se destaca un conjunto compuesto por valores más altos en la SD/SF/SP (17,40), SD/CF/CP (16,76) y LC sin fertilización (16,38-16,33) y valores más bajos en la SD/SF/CP (13,77) y en la LR sin fertilización (13,44-13,55) (Figura 4.6.28.).

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.15. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

El menor contenido de carbono orgánico del sedimento del ciclo (Tabla 4.6.10.) se presenta en la LC con fertilización (0,96-1,22) ($p > 0,05$). El mayor nivel de carbono lo muestra la SD con fertilización (2,13-2,28) ($p < 0,05$). Los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de carbono aunque con valores más altos en la LR sin fertilización (1,80-1,99) y en SD sin fertilización (1,65-1,75) mientras que en la LR con fertilización (1,52-1,48) y la LC sin fertilización (1,38-1,68) los niveles más bajos (Figura 4.6.29.).

Tabla 4.6.15. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	2,13 e	0,02 a	0,17 a	56,93 bc	26,53 bc	17,87 de
SD/SF/SP	1,65 cd	0,02 a	0,21 ab	60,60 bc	25,59 bc	15,10 bc
SD/CF/CP	2,28 e	0,03 a	0,21 ab	61,50 bc	25,07 bc	14,72 bc
SD/SF/CP	1,75 de	0,03 a	0,16 a	58,85 bc	26,51 bc	15,94 bc
LR/CF/SP	1,52 cd	0,05 ab	0,46 bc	54,74 b	26,99 bc	18,24 de
LR/SF/SP	1,80 de	0,07 b	0,58 c	64,28 cd	21,83 ab	14,72 bc
LR/CF/CP	1,48 cd	0,03 a	0,23 ab	46,75 a	33,53 d	20,25 e
LR/SF/CP	1,99 de	0,03 a	0,27 ab	63,89 cd	23,79 ab	13,54 ab
LC/CF/SP	0,96 a	0,04 ab	0,32 ab	63,04 cd	22,92 ab	15,21 bc
LC/SF/SP	1,38 bc	0,03 a	0,21 ab	68,48 d	20,24 a	12,56 a
LC/CF/CP	1,22 ab	0,03 a	0,45 bc	56,86 bc	27,95 c	16,24 bc
LC/SF/CP	1,68 cd	0,04 ab	0,58 c	61,42 bc	24,68 ab	14,81 bc

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

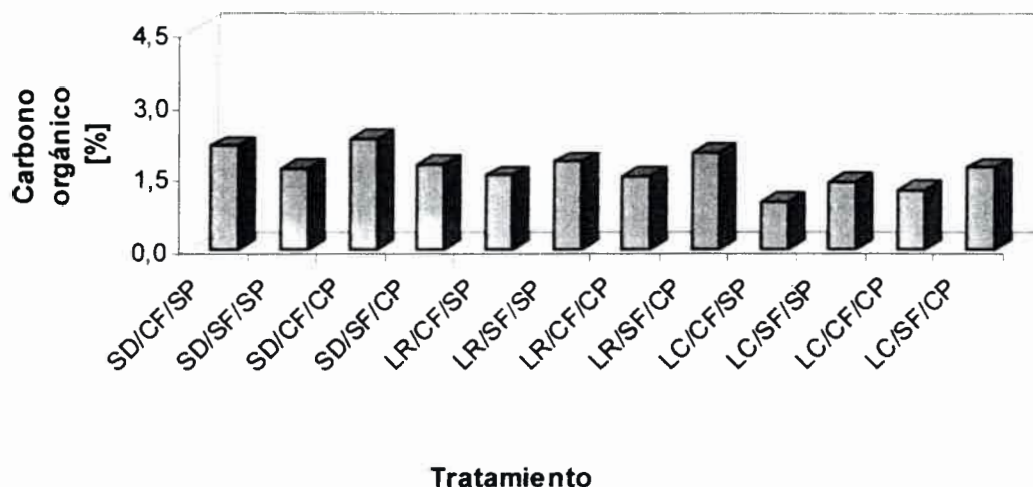


Figura 4.6.29. Carbono orgánico medio total del sedimento en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

La arena media del sedimento en el ciclo 2002-2003 (Tabla 4.6.15.) presenta significativamente el mayor contenido en la LR/SF/SP (0,10) y el menor nivel sin diferencia significativa ($p > 0,05$) en la SD sin pastoreo (0,02),

SD con pastoreo (0,03), LR con pastoreo (0,03), LC/SF/SP (0,03) y en la LC/CF/CP (0,03), mientras que valores intermedios de arena media en la LR/CF/SP (0,05), y con igual valor (0,04) en la LCCF/SP y LC/SF/CP ($p>0,05$).

La arena fina muestra el mayor contenido en la LR/SF/SP y la LC/SF/CP con igual nivel (0,58) y sin diferencia significativa entre ellos ($p>0,05$) y el menor en la SD/CF/SP (0,17) y en SD/SF/CP (0,16). Además, se observa un conjunto de tratamientos ($p>0,05$) con valores ligeramente superior al menor nivel encontrado compuesto por SD/SF/SP y la SD/CF/CP con igual contenido (0,21), la LR con pastoreo (0,23-0,27) y LC sin pastoreo (0,32-0,21). La LR/CF/SP (0,46) y la LC/CF/CP (0,45) presentan un nivel intermedio de arena fina en el sedimento.

La arena muy fina presenta significativamente el nivel más bajo en la LC/CF/CP (46,75) y el más alto ($p<0,05$) en la LR/SF/CP (68,48) y con un nivel ligeramente inferior en la LR sin fertilización (64,28-63,89) y la LC/CF/SP (63,04). Los demás tratamientos muestran niveles intermedios (Figura 4.6.30).

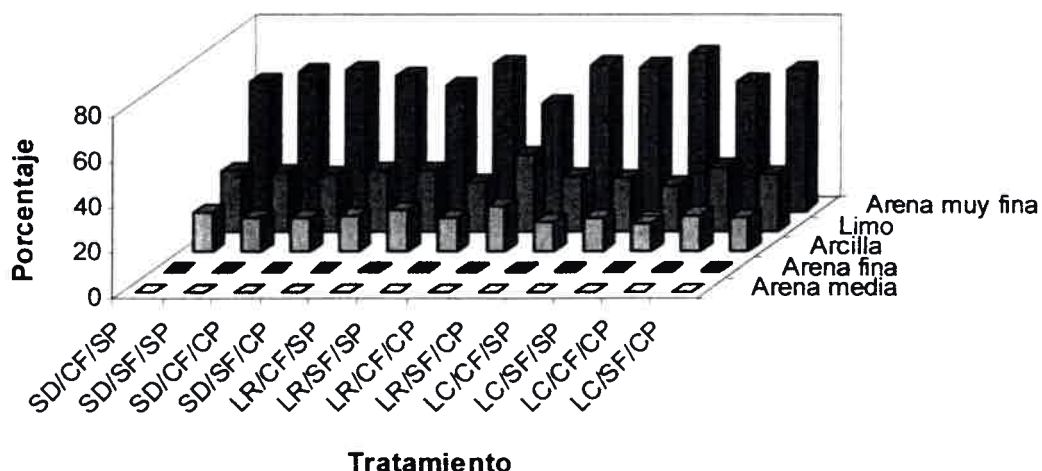


Figura 4.6.30. Granulometría media total del sedimento en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

El limo presenta significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (33,53), y el menor contenido en la LC/SF/SP (20,24) ($p<0,05$) acompañado por la LR sin fertilización (21,83-23,79), LC/CF/SP (22,92) y LC/SF/CP (24,68)

con nivel ligeramente superior. En el resto de los tratamientos de la pendiente el limo muestra valores intermedios ($p > 0,05$).

La arcilla presenta significativamente el mayor contenido en la LR/CF/CP (20,25) y con un nivel inferior en la LR/CF/SP (18,24) y SD/CF/SP (17,87) ($p > 0,05$). El menor contenido de arcilla en la LC/SF/SP (12,56) y en la LR/SF/CP (13,54) ($p < 0,05$). Los demás tratamientos muestran un nivel intermedio de contenido de arcilla del sedimento (Figura 4.6.30.).

4.6.1.4. Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión hídrica laminar

Se estableció el grado de dependencia entre las propiedades evaluadas del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores cobertura vegetal e intensidad de las precipitaciones, mediante el análisis de correlación en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Considerando todas las propiedades del sedimento agrupadas por evento y los totales anuales para cada una de ellas, se obtuvo correlación entre: la arena media y arena fina ($r=0,63$; $p < 0,0001$), arena muy fina y limo ($r=-0,92$; $p < 0,0001$), arena muy fina y arcilla ($r=-0,80$; $p < 0,0001$) y limo y arcilla ($r=0,52$; $p < 0,0001$).

Con todos los datos agrupados de las propiedades del sedimento por evento y ciclo, se observan las siguientes correlaciones por ciclo:

✓ **Ciclo 2000-2001**, asociación entre arena fina y arena media ($r=0,60$; $p < 0,0001$), arena muy fina y limo ($r=-0,88$; $p < 0,0001$), arena muy fina y arcilla ($r=-0,74$; $p < 0,0001$) y limo y arcilla ($r=0,40$; $p=0,006$).

✓ **Ciclo 2001-2002**, relación entre carbono orgánico y arena muy fina ($r=-0,55$; $p<0,0001$), carbono orgánico y limo ($r=0,52$; $p<0,0001$), arena media y arena fina ($r=0,60$; $p=0,25$), arena muy fina y limo ($r=-0,90$; $p<0,0001$), arena muy fina y arcilla ($r=-0,81$; $p<0,0001$) y limo y arcilla ($r=0,51$; $p<0,0001$).

✓ **Ciclo 2002-2003**, correlación entre arena fina y arena media ($r=0,63$; $p<0,0001$), arena muy fina y limo ($r=-0,96$; $p<0,0001$), arena muy fina y arcilla ($r=-0,91$; $p<0,0001$) y limo y arcilla ($r=0,76$; $p<0,0001$).

Utilizando todos los datos agrupados de las propiedades del sedimento, la intensidad máxima de la precipitación, la pérdida de suelo, el escurrimiento y la cobertura vegetal por evento y tratamiento, se obtuvieron en el sedimento recogido de la pendiente Pozo del Carril las siguientes correlaciones por tratamiento:

✓ En la **SD/CF/SP**, se detecta asociación entre la pérdida de suelo con arcilla ($r=0,51$; $p=0,09$) y la intensidad de las precipitaciones ($r=0,74$; $p<0,01$). Además, correlación entre arena media y arena muy fina ($r=-0,58$; $p=0,05$), arena fina y arena muy fina ($r=0,59$; $p=0,04$), limo y escurrimiento ($r=0,71$; $p<0,01$), limo e intensidad ($r=0,78$; $p<0,002$), arcilla y escurrimiento ($r=0,75$; $p<0,005$), y arcilla e intensidad ($r=0,80$; $p<0,001$).

✓ En la **SD/SF/SP**, la pérdida de sedimento presenta correlación con arena muy fina ($r=0,58$; $p=0,05$), limo ($r=-0,55$; $p=0,06$), y arcilla ($r=-0,53$; $p=0,07$). El sedimento recolectado en este tratamiento registra asociación con el escurrimiento ($r=0,62$; $p=0,03$), y la intensidad de las precipitaciones ($r=0,54$; $p=0,07$). Además, se observa correlación del carbono orgánico con arena fina ($r=-0,59$; $p=0,04$), arena muy fina ($r=-0,56$; $p=0,05$), arcilla ($r=0,68$; $p<0,01$) y la cobertura vegetal ($r=0,55$; $p=0,06$). La arena media muestra asociación con arena muy fina ($r=-0,90$; $p<0,00001$), limo ($r=0,97$; $p<0,00001$) y arcilla ($r=0,69$; $p<0,01$). La arena muy fina presenta relación con limo ($r=-0,94$; $p<0,00001$),

arcilla ($r=-0,92$; $p<0,00001$) y la cobertura vegetal ($r=-0,55$; $p=0,06$). Se detecta correlación entre limo y arcilla ($r=0,76$; $p<0,0005$), arcilla y escurrimiento ($r=-0,62$; $p=0,03$), arcilla y cobertura vegetal ($r=0,58$; $p=0,04$) y escurrimiento e intensidad de la precipitación ($r=0,54$; $p=0,07$).

✓ En la **SD/CF/CP** el sedimento recogido presenta correlación con la cobertura vegetal ($r=-0,51$; $p=0,09$) y la intensidad de la precipitación ($r=0,58$; $p=0,05$). Además, se detecta correlación entre carbono orgánico y arcilla ($r=0,69$; $p<0,01$), arena media y arena muy fina ($r=-0,75$; $p<0,01$), arena media y limo ($r=0,83$; $p<0,0001$), arena fina y arena muy fina ($r=0,52$; $p=0,08$), arena fina y limo ($r=0,51$; $p=0,09$), arena fina y arcilla ($r=-0,54$; $p=0,07$), arena muy fina y limo ($r=-0,95$; $p<0,00001$), arena muy fina y arcilla ($r=-0,84$; $p=0,0001$) y limo y arcilla ($r=0,65$; $p=0,02$).

✓ En la **SD/SF/CP** el material recolectado presenta correlación con el contenido de carbono orgánico ($r=-0,54$; $p=0,07$), el escurrimiento ($r=0,69$; $p<0,01$) y la intensidad de las precipitaciones ($r=0,71$; $p<0,01$). Se registra relación entre carbono orgánico e intensidad de las precipitaciones ($r=-0,52$; $p=0,08$). En la arena media se detecta asociación con arena muy fina ($r=-0,93$; $p<0,00001$), limo ($r=0,87$; $p<0,0001$) y arcilla ($r=0,77$; $p<0,001$). La arena muy fina muestra correlación con el limo ($r=-0,95$; $p<0,000001$) y la arcilla ($r=-0,80$; $p=0,19$), y el limo con la arcilla ($r=0,59$; $p=0,04$).

✓ En la **LR/CF/SP** el sedimento recogido presenta relación con la arcilla ($r=0,54$; $p=0,07$) y la intensidad de las precipitaciones ($r=0,52$; $p=0,08$). El carbono orgánico del material muestra asociación con la arena media ($r=0,71$; $p<0,01$), arena muy fina ($r=-0,62$; $p=0,03$), limo ($r=0,52$; $p=0,08$) y arcilla ($r=0,60$; $p=0,04$). La arena media registra correlación con arena muy fina ($r=-0,78$; $p<0,001$), limo ($r=0,85$; $p<0,0001$) y la arcilla ($r=0,54$; $p=0,07$). Además, se observa asociación en este tratamiento entre arena fina y arena muy fina

($r=0,57$; $p=0,05$), arena muy fina y limo ($r=-0,58$; $p=0,05$), limo y arcilla ($r=0,74$; $p<0,01$), y limo con la cobertura vegetal ($r=0,60$; $p=0,04$).

✓ En la **LR/SF/SP** el carbono orgánico del sedimento registra correlación con arena muy fina ($r=0,50$; $p=0,10$) y el limo ($r=-0,59$; $p=0,04$). La arena media presenta asociación con arena fina ($r=-0,60$; $p=0,04$), arena muy fina ($r=-0,92$; $p<0,00001$), limo ($r=0,89$; $p<0,0001$) y arcilla ($r=0,79$; $p<0,001$). En la arena fina se registra relación con arena muy fina ($r=0,53$; $p=0,07$) y arcilla ($r=0,50$; $p=0,11$). La arena muy fina muestra correlación con limo ($r=-0,95$; $p<0,000001$) y la arcilla ($r=-0,80$; $p<0,001$), mientras que el limo presenta asociación con la arcilla ($r=0,71$; $p<0,01$) y el escurrimiento ($r=-0,51$; $p=0,09$).

✓ En la **LR/CF/CP** el sedimento recolectado presenta correlación con la arena media ($r=0,54$; $p=0,07$). La arena media muestra asociación con arena muy fina ($r=-0,91$; $p=0,00003$) y el limo ($r=0,93$; $p<0,00001$). Además, la arena fina registra relación con arena muy fina ($r=0,64$; $p=0,02$), limo ($r=-0,60$; $p=0,04$), arcilla ($r=-0,67$; $p=0,02$) y el escurrimiento ($r=-0,56$; $p=0,06$). En la arena muy fina se detecta correlación con limo ($r=-0,95$; $p=0,000002$) y arcilla ($r=-0,54$; $p=0,07$). Se observa en el sedimento de este tratamiento asociación entre la arcilla y el escurrimiento ($r=0,53$; $p=0,07$).

✓ En la **LR/SF/CP** se registra correlación en la arena media con arena fina ($r=-0,67$; $p=0,02$), arena muy fina ($r=-0,97$; $p<0,000001$), limo ($r=0,96$; $p<0,0000001$) y arcilla ($r=0,74$; $p<0,01$). La arena fina muestra asociación con arena muy fina ($r=0,65$; $p=0,02$), limo ($r=-0,64$; $p=0,03$) y arcilla ($r=-0,55$; $p=0,06$). Además, se observa relación entre arena muy fina y limo ($r=-0,97$; $p<0,000001$), arena muy fina y arcilla ($r=-0,80$; $p<0,001$) y limo y arcilla ($r=0,65$; $p=0,02$).

✓ En la **LC/CF/SP** la pérdida de sedimento se relaciona con la intensidad de la precipitación ($r=0,61$; $p=0,03$). El carbono orgánico del material

recogido presenta asociación con arena media ($r=0,76$; $p<0,001$), arena muy fina ($r=-0,69$; $p<0,01$) y el limo ($r=0,79$; $p<0,001$). La arena media muestra correlación con la arena muy fina ($r=-0,83$; $p<0,0001$), limo ($r=0,87$; $p<0,0001$), arcilla ($r=0,50$; $p=0,10$) y el escurrimiento ($r=0,71$; $p<0,01$). La arena muy fina registra relación con el limo ($r=-0,94$; $p<0,000001$), arcilla ($r=-0,86$; $p<0,0001$) y el escurrimiento ($r=0,84$; $p<0,0001$). Además, se observa correlación entre el limo con arcilla ($r=0,65$; $p=0,02$) y con el escurrimiento ($r=-0,72$; $p<0,01$), y por otra parte, la arcilla con el escurrimiento ($r=-0,78$; $p<0,001$) y con la intensidad de la precipitación ($r=-0,59$; $p=0,04$).

✓ En la **LC/SF/SP** el sedimento recogido presenta correlación con la arcilla ($r=-0,51$; $p=0,09$), escurrimiento ($r=0,55$; $p=0,06$) y la cobertura vegetal ($r=-0,54$; $p=0,07$). La arena media muestra relación con la arena muy fina ($r=-0,93$; $p<0,00001$), limo ($r=0,89$; $p<0,00001$) y el escurrimiento ($r=-0,53$; $p=0,08$). La arena muy fina registra asociación con limo ($r=-0,95$; $p<0,000001$), arcilla ($r=-0,65$; $p=0,02$) y la cobertura vegetal ($r=-0,56$; $p=0,06$). Por otra parte, se observa correlación entre limo y cobertura vegetal ($r=0,52$; $p=0,08$) y arcilla y cobertura ($r=0,50$; $p=0,10$).

✓ En la **LC/CF/CP** la pérdida de sedimento registra correlación con el carbono orgánico ($r=-0,53$; $p=0,08$) y la intensidad de las precipitaciones ($r=0,53$; $p=0,08$). El carbono orgánico muestra asociación con el limo ($r=-0,57$; $p=0,05$). La arena media del material recolectado presenta relación con arena muy fina ($r=-0,86$; $p<0,0001$), limo ($r=0,67$; $p=0,02$) y arcilla ($r=0,59$; $p=0,04$). Además, en la arena muy fina se detecta correlación con el limo ($r=-0,83$; $p=0,0001$) y con arcilla ($r=0,72$; $p<0,01$), mientras que el limo muestra asociación con el escurrimiento ($r=-0,66$; $p=0,02$).

✓ En la **LC/SF/CP** se registra correlación de la pérdida de sedimento recogido con la arcilla ($r=-0,55$; $p=0,06$) y la intensidad de la precipitación ($r=0,61$; $p=0,04$). El carbono orgánico presenta asociación con el escurrimiento

($r=0,51$; $p=0,09$). Se detecta relación en la arena media con arena fina ($r=-0,71$; $p<0,01$), arena muy fina ($r=-0,96$; $p<0,00001$), limo ($r=0,99$; $p<0,00001$), arcilla ($r=0,59$; $p=0,05$) y el escurrimiento ($r=-0,75$; $p<0,001$). La arena fina muestra correlación con la arena muy fina ($r=0,63$; $p=0,03$) y el limo ($r=-0,66$; $p=0,02$). La arena muy fina presenta asociación con el limo ($r=-0,97$; $p<0,000001$), arcilla ($r=-0,75$; $p<0,01$) y el escurrimiento ($r=0,71$; $p<0,01$). El limo se relaciona con la arcilla ($r=0,60$; $p=0,04$) y el escurrimiento ($r=-0,75$; $p<0,001$), y además, la arcilla con el escurrimiento ($r=-0,66$; $p=0,02$) y el escurrimiento con la intensidad de la precipitación ($r=-0,66$; $p=0,02$).

4.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

4.6.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000

Caracterización de los sedimentos por evento

✓ *Primer evento*

En la Tabla 4.6.16. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.6.16. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,09 a	0,04 a	0,37 c	64,56 b	26,39 b	10,17 a
Loma alta	2,02 c	0,02 a	0,28 b	60,83 a	27,60 b	12,79 b
Loma media	2,48 d	0,04 a	0,24 a	59,14 a	27,07 b	15,03 c
Loma baja	1,48 b	0,02 a	0,31 b	67,68 c	21,30 a	12,20 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En el primer evento del ciclo el menor contenido de CO del sedimento (Tabla 4.6.16.) se presenta significativamente ($p<0,05$) en la loma plana (1,09), mientras que el mayor nivel lo muestra la loma media (2,48) ($p<0,05$). La loma baja (1,48) y alta (2,02) presentan un valor intermedio de CO (Figura 4.6.31.).

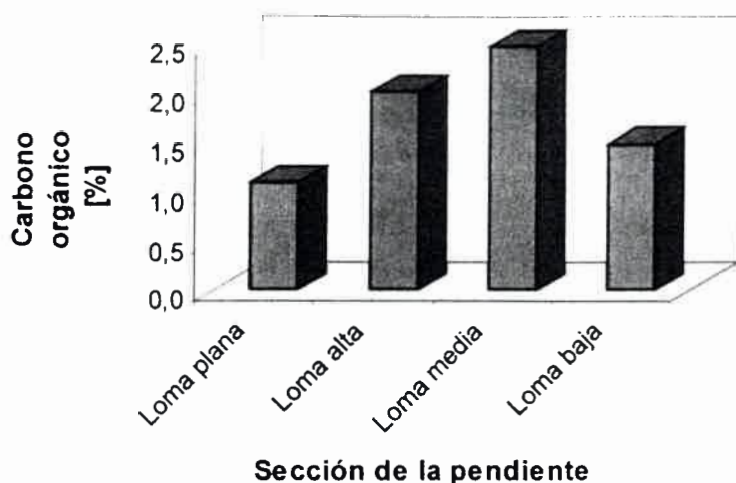


Figura 4.6.31. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arena media (promedio 0,03%) del sedimento en el primer evento (Tabla 4.6.16.) no presenta diferencia significativa en las secciones de la pendiente. La arena fina en la loma plana muestra significativamente el mayor nivel (0,37), mientras que en la loma media el menor valor (0,24) ($p < 0,05$), y contenidos intermedios en la loma alta (0,28) y baja (0,31) ($p > 0,05$).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo en la loma alta (60,83) y media (59,14) ($p > 0,05$); el valor más alto en la loma baja (67,68) y un nivel intermedio en la loma plana (64,56) (Figura 4.6.32.).

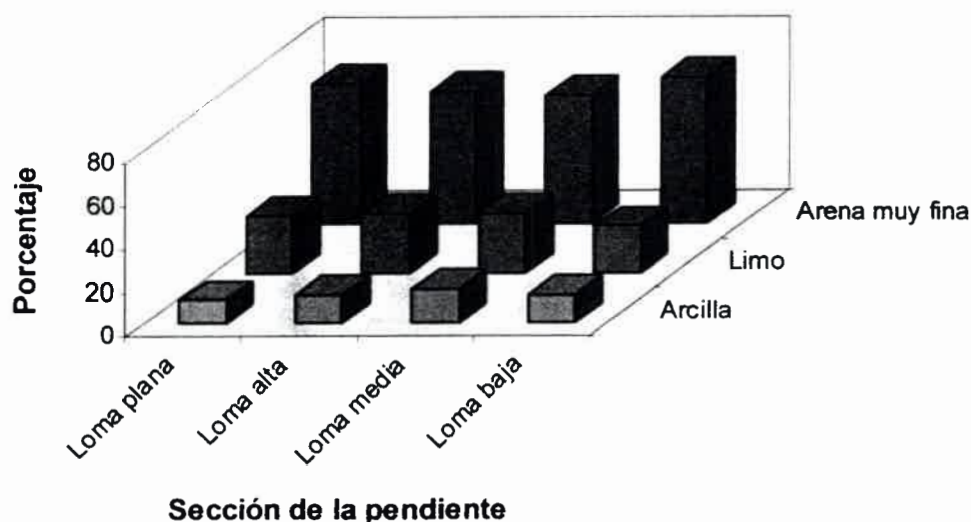


Figura 4.6.32. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El limo muestra (Figura 4.6.32.) el menor contenido en la loma baja (21,30) y en las demás secciones sin diferencia significativa ($p > 0,05$) el nivel más alto (media 27%).

La arcilla presenta el mayor valor en la loma media (15,03), el menor en la loma plana (10,17) y en la loma alta (12,79) y baja (12,20) un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.32.).

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.17. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.7.17. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	0,79 a	0,02 a	0,28 a	79,73 b	13,91 a	7,58 a
Loma alta	0,94 c	0,03 a	0,28 a	77,16 a	15,36 a	8,69 a
Loma media	0,86 b	0,02 a	0,25 a	79,98 b	13,86 a	7,40 a
Loma baja	1,32 d	0,02 a	0,24 a	79,46 b	13,86 a	7,86 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el segundo evento del ciclo 1999-2000 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.17.) se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la loma plana (0,79), mientras que el mayor lo presenta la loma baja (1,32) ($p < 0,05$). La loma alta (0,94) y media (0,86) muestran un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.33.).

El contenido de arena media (aprox. 0,03%), arena fina (aprox. 0,26%), limo (aprox. 14,3%) y arcilla (aprox. 7,9%) en el segundo evento no presentan diferencias significativas en las secciones de la pendiente (Tabla 4.6.17.).

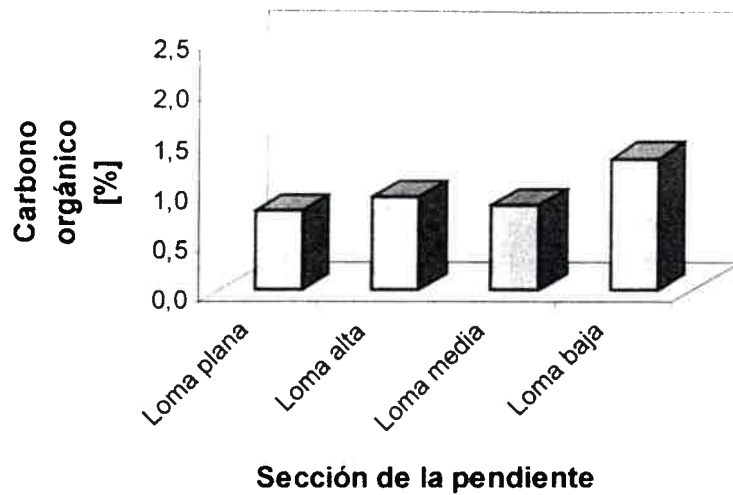


Figura 4.6.33. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arena muy fina muestra significativamente ($p < 0,05$) el nivel más bajo en la loma alta (77,16) mientras que en las demás secciones el valor más alto (aprox. 79,7%) sin diferencia significativa entre sí ($p > 0,05$) (Figura 4.6.34.).

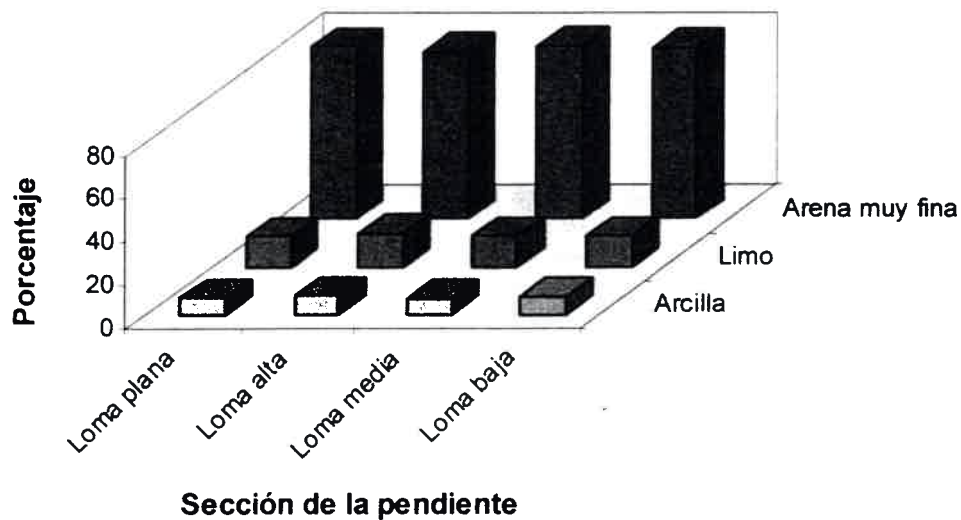


Figura 4.6.34. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.6.18. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.6.18. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,56 a	0,03 a	0,61 c	65,28 a	23,25 b	12,26 ab
Loma alta	1,93 c	0,03 a	0,24 a	67,41 b	21,41 b	12,43 ab
Loma media	1,93 c	0,05 a	0,22 a	65,28 a	22,54 b	13,42 b
Loma baja	1,71 b	0,04 a	0,48 b	70,42 c	19,24 a	11,34 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el tercer evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.18.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma plana (1,56), y el mayor nivel en la loma alta y media con igual valor (1,93) sin diferencia significativa ($p > 0,05$), mientras que la loma baja (1,71) muestra un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.35.).

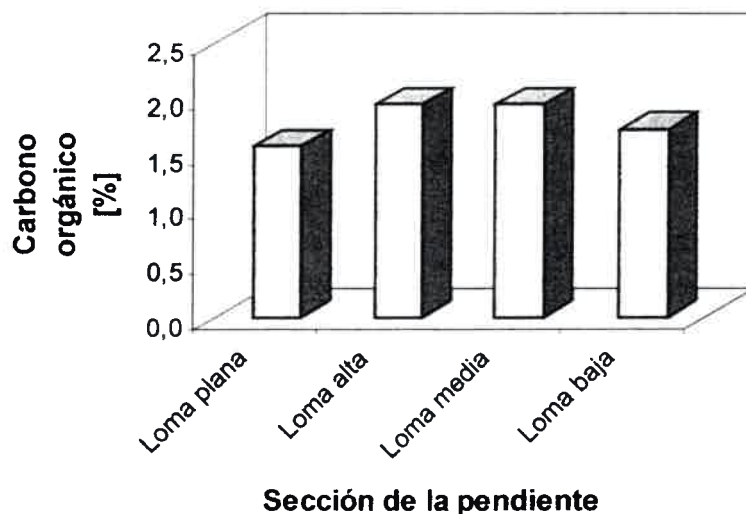


Figura 4.6.35. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (promedio 0,04%) no presenta diferencia significativa en las secciones de la pendiente (Tabla 4.6.18.). La arena fina muestra el nivel más bajo en la loma alta (0,24) y media (0,22), el más alto en la loma plana (0,61) y un valor intermedio en la loma baja (0,48).

La arena muy fina muestra el nivel más bajo en la loma plana y media con igual contenido (65,28) y sin diferencia significativa, mientras que en la loma baja el mayor contenido (70,42) y en la loma alta (67,41) un nivel intermedio ($p < 0,05$) (Figura 4.6.36.).

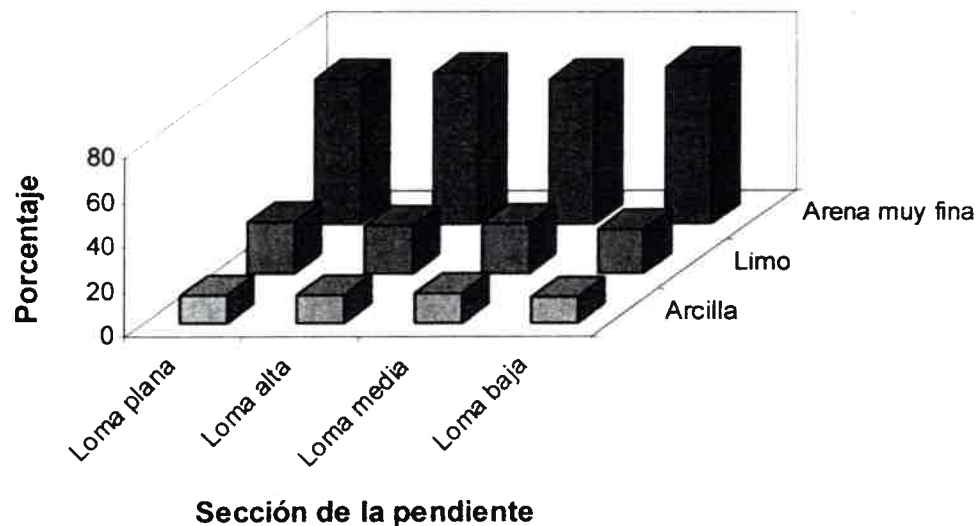


Figura 4.6.36. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El limo presenta el menor contenido en la loma baja (19,24) y en las demás secciones sin diferencia significativa ($p > 0,05$) el nivel más alto (media 22,4%). La arcilla muestra el mayor valor en la loma media (13,42), el menor en la loma baja (11,34) y en la loma plana (12,26) y alta (12,43) un nivel intermedio de arcilla (Figura 4.6.36.).

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.6.19. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

En el cuarto evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.19.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma media (1,11), y el mayor nivel en la loma plana (1,63) y alta (1,57) ($p < 0,05$),

mientras que la loma baja (1,26) muestra un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.37.).

Tabla 4.6.19. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,63 d	0,04 a	0,28 a	74,23 a	18,03 b	8,93 b
Loma alta	1,57 c	0,03 a	0,42 c	75,82 a	16,21 b	9,03 b
Loma media	1,11 a	0,05 a	0,34 b	79,74 b	16,07 b	5,69 a
Loma baja	1,26 b	0,04 a	0,39 c	82,55 c	11,75 a	6,79 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El contenido de arena media (promedio 0,04%) no presenta diferencia significativa en las secciones de la pendiente (Tabla 4.6.19.). La arena fina muestra significativamente el nivel más bajo en la loma plana (0,28), el más alto en la loma alta (0,42) y baja (0,39) y sin diferencia significativa entre sí ($p > 0,05$) y en la loma media (0,34) un valor intermedio.

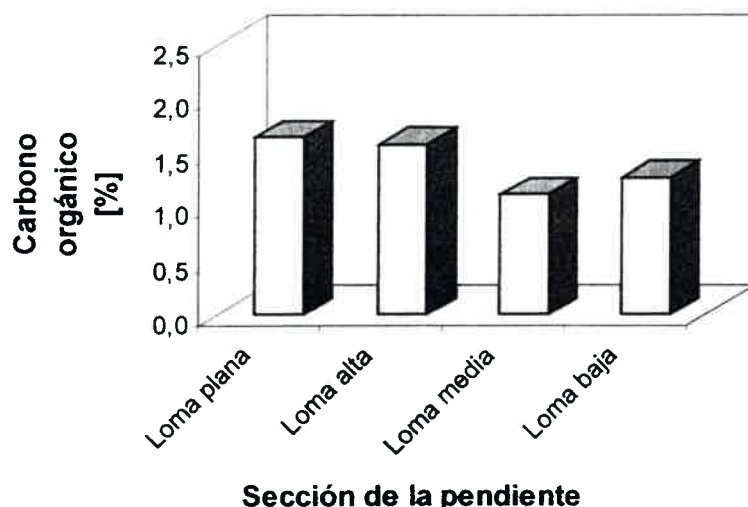


Figura 4.6.37. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arena muy fina presenta el nivel más bajo en la loma plana (74,23) y alta (75,82) ($p>0,05$), mientras que en la loma baja el mayor contenido (82,55) y en la loma media (79,74) un nivel intermedio ($p<0,05$).

El limo muestra el menor contenido en la loma baja (11,75) y en las demás secciones sin diferencia significativa ($p>0,05$) el nivel más alto (media 16,8%). La arcilla presenta el menor contenido en la loma media (5,69) y baja (6,79) ($p>0,05$), y en la loma plana (8,93) y alta (9,03) el mayor valor (Figura 4.6.38.).

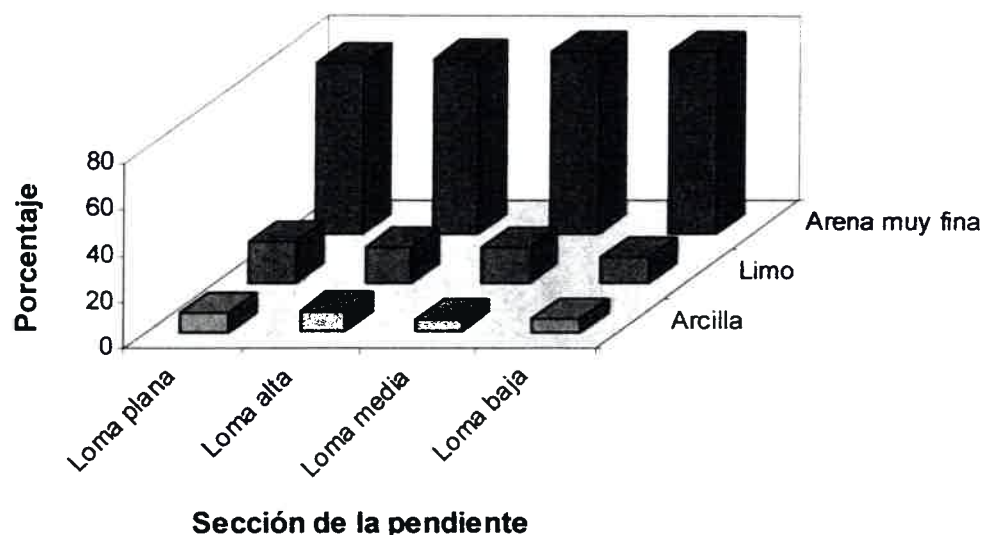


Figura 4.6.38. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.20. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

En el ciclo 1999-2000 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.20.) se presenta significativamente ($p<0,05$) en la loma plana (1,27), mientras que el mayor nivel lo muestran la loma alta (1,62) y media (1,60) sin diferencia significativa entre sí. La loma baja tiene un contenido intermedio de carbono (1,44) (Figura 4.6.39.).

Tabla 4.6.20. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,27 a	0,03 a	0,39 b	70,97 a	20,39 a	9,74 a
Loma alta	1,62 b	0,03 a	0,31 ab	70,31 a	20,15 a	10,73 a
Loma media	1,60 b	0,04 a	0,26 a	71,04 a	19,88 a	10,39 a
Loma baja	1,44 ab	0,03 a	0,36 ab	75,03 a	16,54 a	9,55 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

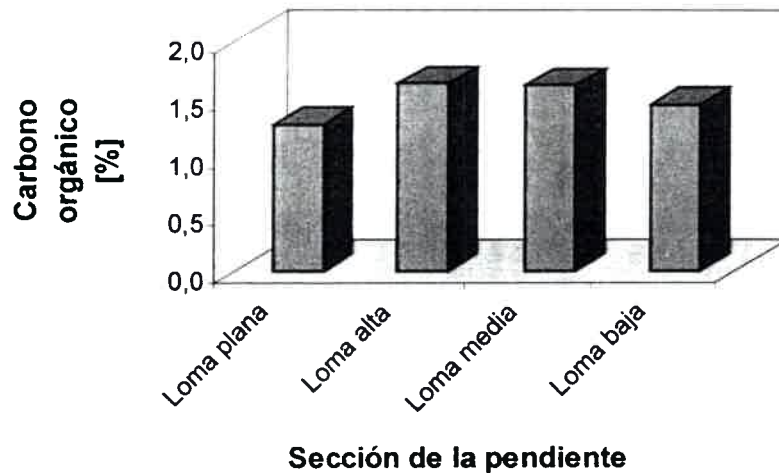


Figura 4.6.39. Contenido medio total de carbono orgánico del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

En la loma media (Tabla 4.6.20.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) el menor contenido de arena fina del sedimento (0,26), mientras que el mayor se muestra en la loma plana (0,39) ($p < 0,05$). La loma alta (0,31) y baja (0,36) presentan un nivel intermedio de contenido de arena fina y sin diferencia significativa entre ellas. Las demás fracciones granulométricas no presentan diferencias significativas en las distintas secciones de la pendiente. Sin embargo, como se aprecia en la Figura 4.6.40. se destaca el amplio dominio de arena muy fina (aprox. 72%), seguido por el limo (aprox. 19,3%) y arcilla (aprox. 10,1%) y por otro lado, niveles muy bajos de arena media (aprox. 0,03%) y fina (aprox. 0,33).

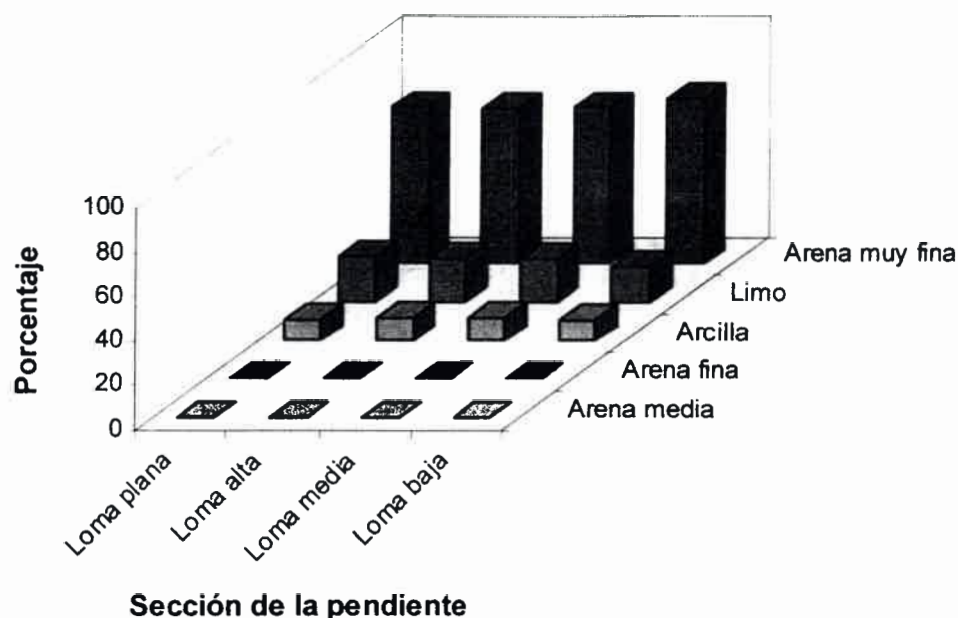


Figura 4.6.40. Contenido medio total granulométrico del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

4.7.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001

Caracterización de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.6.21. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.21. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,17 a	0,07 a	2,26 d	73,80 c	16,80 a	8,58 a
Loma alta	1,80 d	0,26 b	1,70 c	60,95 a	26,25 b	12,35 b
Loma media	1,25 b	0,04 a	0,85 a	63,63 b	25,43 b	11,56 b
Loma baja	1,46 c	0,06 a	1,02 b	60,27 a	27,37 b	12,78 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El menor contenido de carbono orgánico del sedimento en el primer evento del ciclo (Tabla 4.6.21.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma plana (1,17), mientras que el mayor nivel lo muestra la loma alta (1,80) ($p < 0,05$). La loma media (1,25) y baja (1,46) presentan un contenido intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.41.).

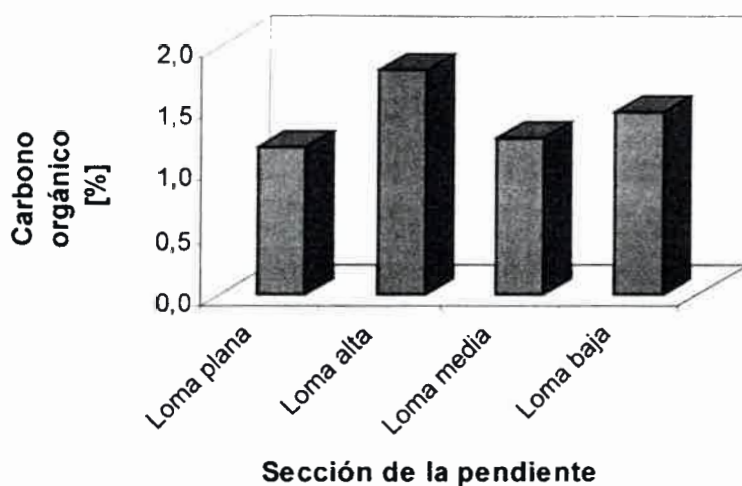


Figura 4.6.41. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arena media del sedimento en el primer evento (Tabla 4.6.21.) presenta significativamente ($p < 0,05$) el mayor valor en la loma alta y en las demás secciones de la pendiente el menor contenido (media 0,06%) sin diferencia significativa entre ellas ($p > 0,05$). La arena fina en la loma plana muestra significativamente el mayor nivel (2,26), mientras que en la loma media el menor valor (0,85) ($p < 0,05$), y contenidos intermedios en la loma alta (1,70) y baja (1,02) ($p < 0,05$).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo en la loma alta (60,95) y baja (60,27) sin diferencia significativa entre ellas ($p > 0,05$); el valor más alto en la loma plana (73,80) y un nivel intermedio en la loma media (63,63) (Figura 4.6.42.).

El limo muestra significativamente el menor contenido en la loma plana (16,80) y en las demás secciones sin diferencia significativa ($p > 0,05$) el nivel más alto (media 26,4%). La arcilla presenta el menor contenido ($p < 0,05$) en la

loma plana (8,58) y el mayor valor en las demás secciones (media 12,2%) (Figura 4.6.42.).

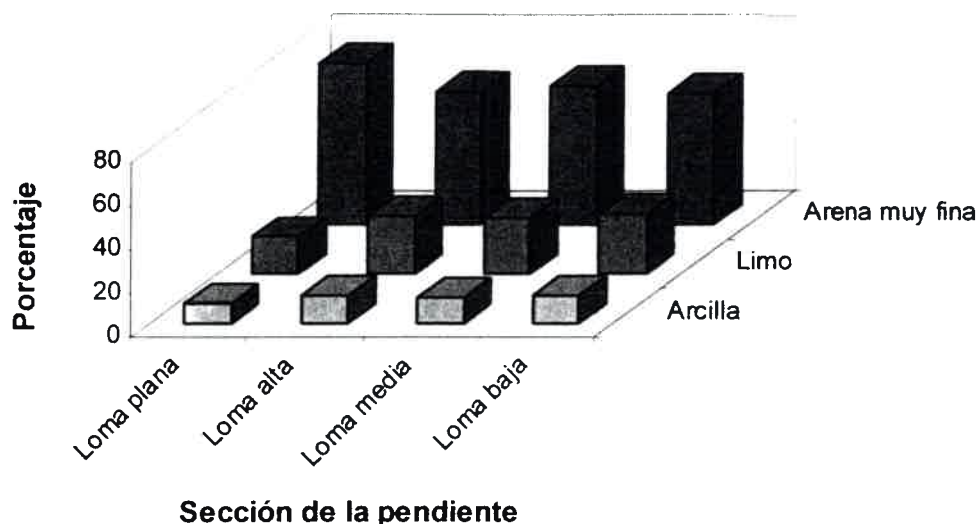


Figura 4.6.42. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.22. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.22. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	0,94 a	0,33 b	1,25 b	76,83 c	6,26 b	16,83 b
Loma alta	1,00 b	0,48 c	1,64 c	90,09 d	3,01 a	6,25 a
Loma media	1,17 c	0,06 a	1,28 b	66,29 a	13,28 c	20,60 c
Loma baja	1,00 b	0,05 a	0,42 a	66,99 b	12,48 c	18,58 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el segundo evento del ciclo 2000-2001 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.22.) se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la loma plana (0,94), mientras que el mayor lo presenta la loma

media (1,17) ($p < 0,05$). La loma alta y baja muestran un nivel intermedio e igual (1,00) de carbono orgánico (Figura 4.6.43.).

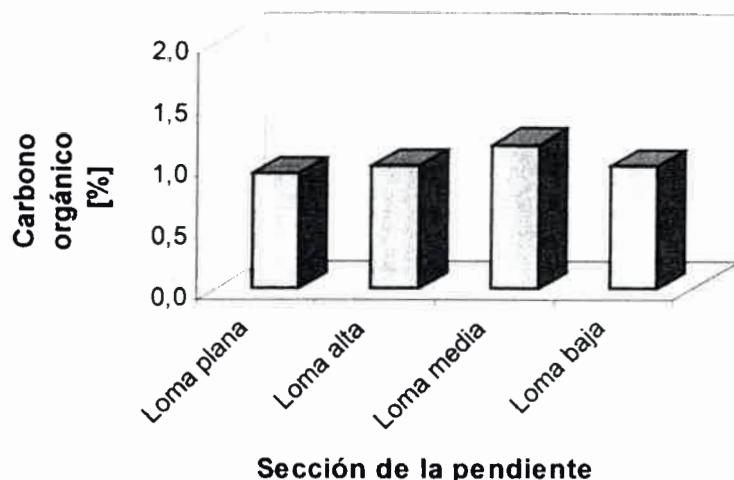


Figura 4.6.43. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (Tabla 4.6.22.) es significativamente mayor en la loma alta (0,48) y con un nivel ligeramente inferior en la loma plana (0,33), aunque el menor valor lo muestra la loma media y baja (media 0,06%) ($p > 0,05$). La arena fina presenta significativamente el menor nivel en la loma baja (0,42) y el mayor en la loma alta (1,64) mientras que en la loma plana (1,25) y media (1,28) muestra valores intermedios ($p > 0,05$) (Tabla 4.6.22.).

La arena muy fina muestra significativamente ($p < 0,05$) el mayor nivel en la loma alta (90,09) y el menor en la loma media (66,29) y baja (66,99) con diferencia significativa ($p < 0,05$) mientras que en la loma plana (76,83) un nivel intermedio ($p < 0,05$) (Figura 4.6.44.).

El contenido de limo es significativamente menor en loma alta (3,01) y mayor en la loma media (13,28) y baja (12,48) ($p > 0,05$), presentando en la loma plana (6,26) un valor intermedio.

El contenido de arcilla del sedimento es significativamente inferior en la loma alta (6,25) y mayor en la loma media (20,60), siendo intermedio en la

loma plana (16,83) y baja (18,58) y diferencia significativa entre estas secciones ($p > 0,05$) (Figura 4.6.44.).

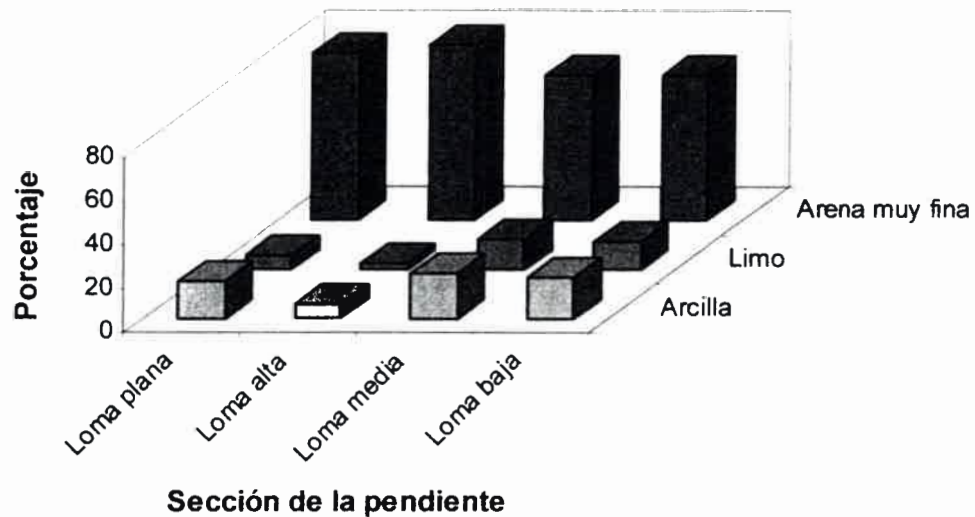


Figura 4.6.44. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.6.23. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.6.23. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,05 a	0,61 b	2,24 c	76,26 a	7,50 c	14,90 c
Loma alta	1,40 c	0,08 a	0,82 b	89,82 d	2,06 a	8,72 a
Loma media	1,23 b	0,07 a	0,82 b	78,93 b	6,16 bc	15,54 c
Loma baja	1,40 c	0,09 a	0,65 a	83,6 c	4,69 b	12,47 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el tercer evento del ciclo 2000-2001 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.23.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma plana (1,05), y el mayor nivel en la loma alta y baja con igual valor (1,40) y sin diferencia significativa ($p > 0,05$), mientras que en la loma media (1,23) muestra un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.45.).

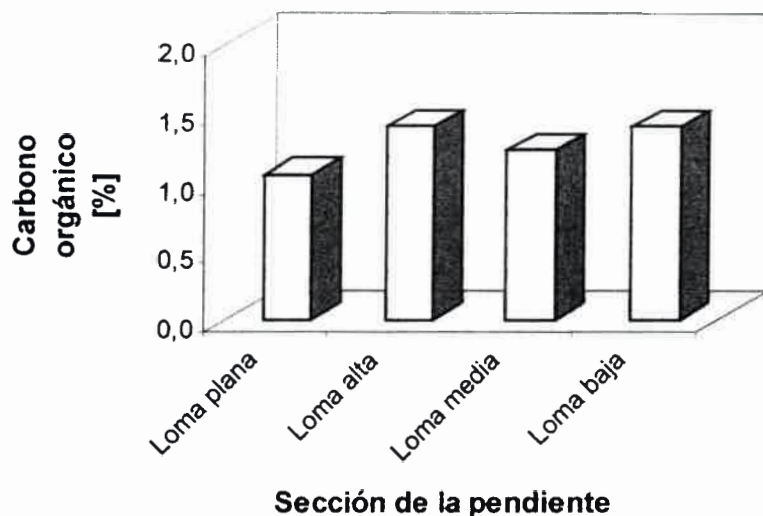


Figura 4.6.45. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (Tabla 4.6.23.) es significativamente mayor en la loma plana (0,61) mientras que en las demás secciones sin diferencia significativa se presenta el menor nivel (media 0,06).

La arena fina muestra significativamente el nivel más alto (Tabla 4.6.23.) en la loma plana (2,24) y el más bajo en la loma baja (0,65), y un valor intermedio e igual en la loma alta y media (0,82).

La arena muy fina muestra el nivel más bajo en la loma alta (76,26) y con un nivel ligeramente superior en la loma media (78,93), mientras que en la loma alta (89,82) presenta significativamente el nivel más alto y en la loma baja (83,60) un nivel intermedio ($p < 0,05$) (Figura 4.6.46.).

El limo presenta ($p < 0,05$) el menor contenido en la loma alta (2,06) y el mayor en la loma plana (7,50) y en las demás secciones un nivel intermedio (media 5,38%).

La arcilla muestra el menor valor en la loma alta (8,72) y el mayor nivel sin diferencia significativa ($p > 0,05$) en la loma plana (14,90) y media (15,54) y con un nivel intermedio de arcilla la loma baja (12,47) (Figura 4.6.46.).

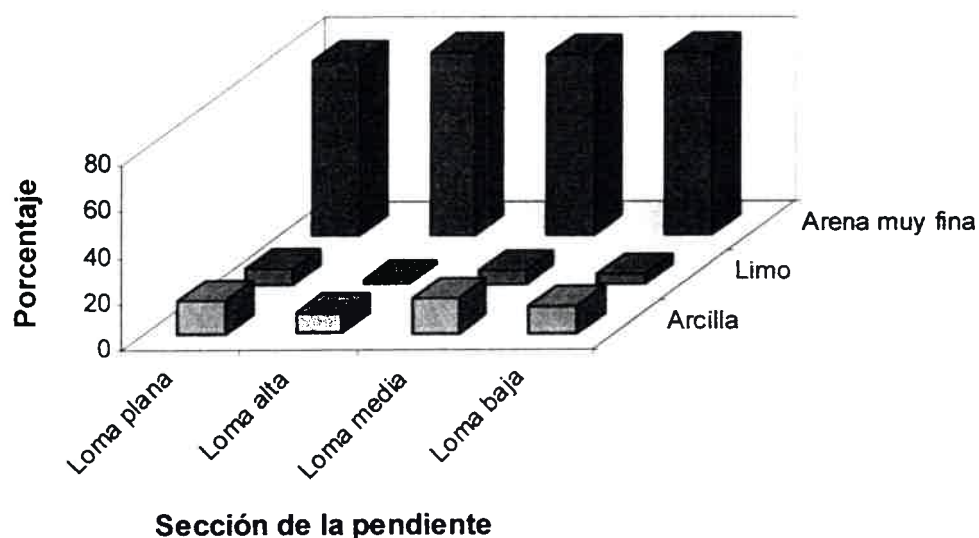


Figura 4.6.46. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.6.24. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

En el cuarto evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.24.) lo muestra significativamente ($p < 0,05$) la loma alta (0,71), y el mayor nivel la loma plana (1,46) ($p < 0,05$), mientras que la loma media y baja con igual (1,23) y sin diferencia significativa ($p > 0,05$) muestra un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.47.).

Tabla 4.6.24. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,46 c	0,19 b	1,77 c	78,26 a	7,78 c	13,46 ab
Loma alta	0,71 a	0,17 b	0,95 b	84,69 c	4,19 a	11,50 a
Loma media	1,23 b	0,43 c	2,22 d	80,48 b	5,73 ab	12,66 ab
Loma baja	1,23 b	0,04 a	0,64 a	80,08 ab	6,26 bc	14,47 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

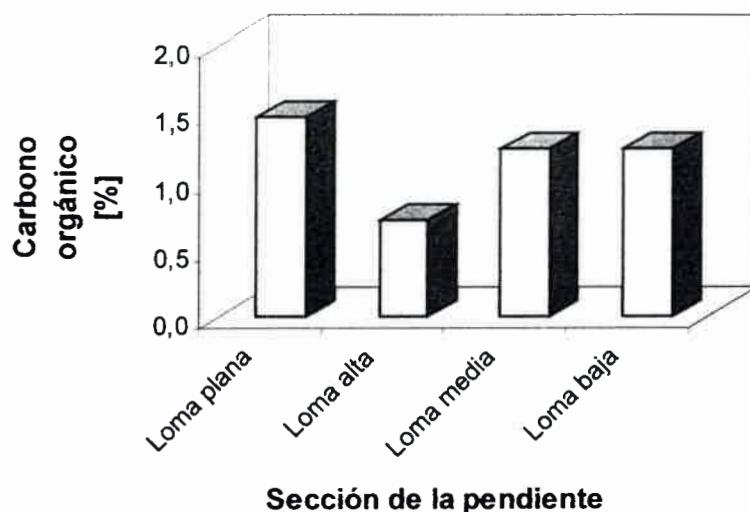


Figura 4.6.47. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (Tabla 4.6.24.) presenta significativamente el mayor nivel en la loma media (0,43), el menor en la loma baja (0,04) y en la loma plana (0,19) y alta (0,17) sin diferencia significativa en las ellas, un valor intermedio.

La arena fina muestra significativamente ($p < 0,05$) el nivel más alto en la loma media (2,22), el más bajo en la loma baja (0,64) y en la loma plana (1,77) un valor intermedio ($p < 0,05$).

La arena muy fina presenta el nivel más bajo en la loma plana (78,26) ($p < 0,05$), mientras que en la loma alta el mayor contenido (84,69) y en la loma media (80,48) y baja (80,08) un nivel intermedio ($p > 0,05$).

El limo muestra el menor contenido ($p < 0,05$) en la loma alta (4,19), el mayor significativamente en la loma plana (7,78) y niveles intermedios (Figura 4.6.48.) en la loma media (5,73) y baja (6,26).

La arcilla presenta el menor contenido ($p < 0,05$) en la loma alta (11,50), el mayor en la loma baja (14,47) y en la loma plana (13,46) y media (12,66) un nivel intermedio ($p > 0,05$) (Figura 4.6.48.).

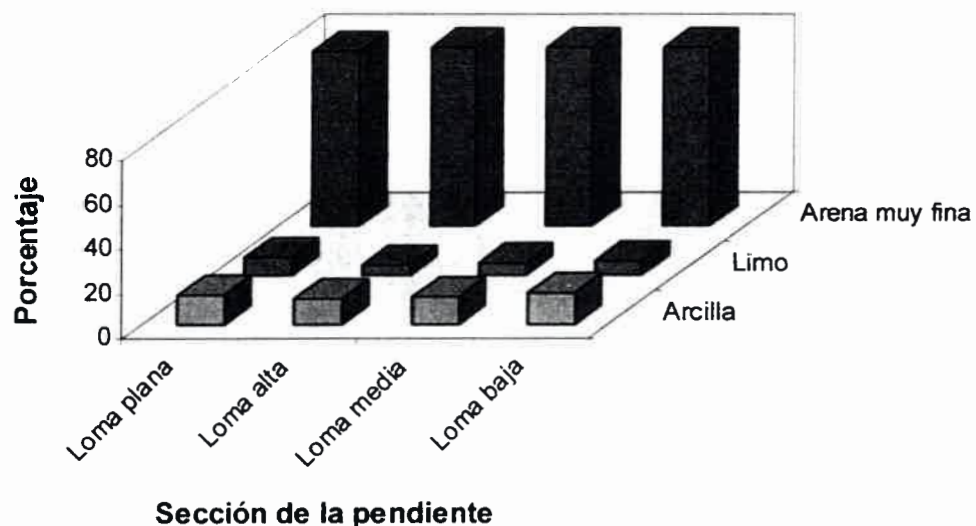


Figura 4.6.48. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.25. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

En el ciclo el mayor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.25.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma baja (1,27),



mientras que las demás secciones de la pendiente muestran el menor nivel (media 1,20%) (Figura 4.6.49.).

Tabla 4.6.25. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,16 a	0,30 b	1,88 c	76,29 a	9,59 a	13,44 b
Loma alta	1,23 a	0,25 b	1,28 b	81,39 b	8,88 a	9,71 a
Loma media	1,22 a	0,15 ab	1,29 b	72,33 a	12,65 b	15,09 b
Loma baja	1,27 b	0,06 a	0,68 a	73,49 a	12,70 b	14,58 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

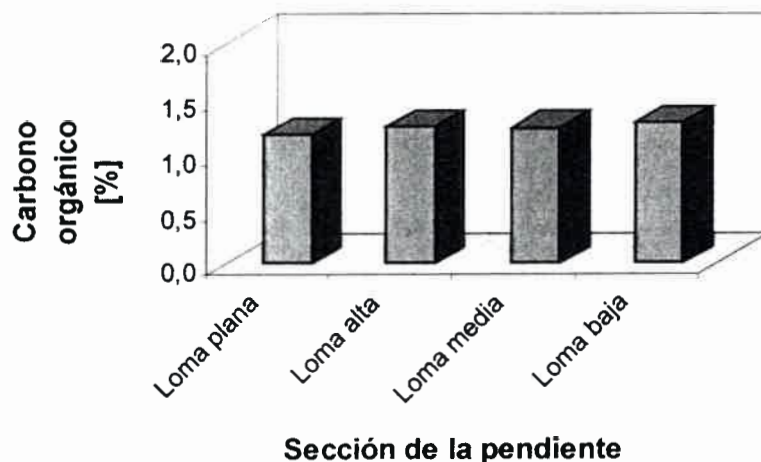


Figura 4.6.49. Contenido medio total de carbono orgánico del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

El menor contenido de arena media del sedimento (0,06), se presenta ($p < 0,05$) en la loma media (Tabla 4.6.25.), mientras que el mayor en la loma plana (0,30) y alta (0,25) ($p < 0,05$), y en la loma (0,15) un nivel intermedio.

La arena fina muestra el menor nivel en la loma baja (0,68), el mayor en la loma plana (1,88) y un intermedio en la loma alta (1,28) y media (1,29) sin diferencia significativa.



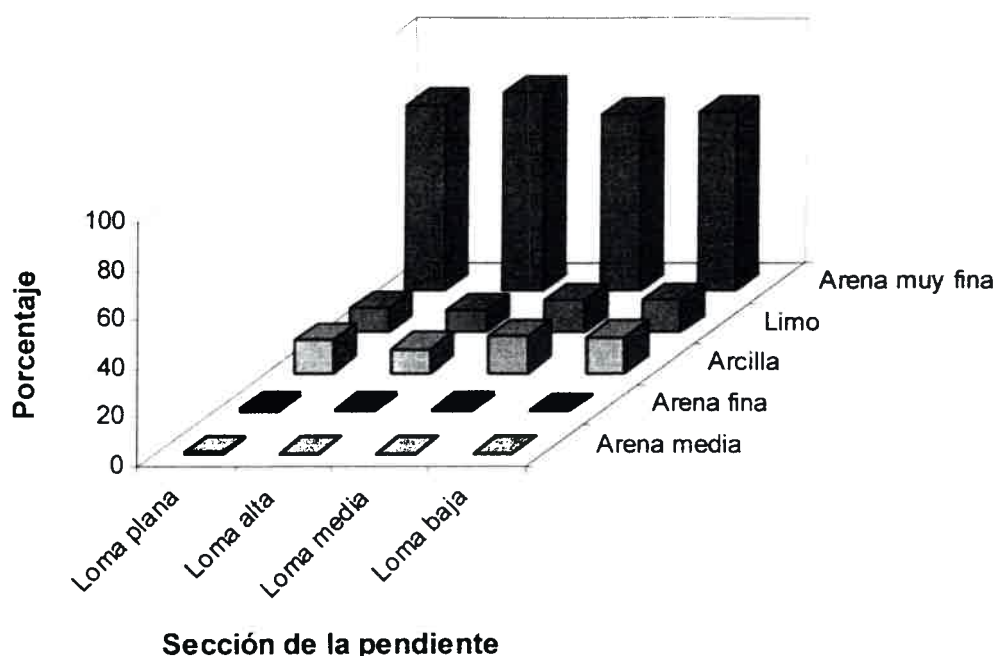


Figura 4.6.50. Contenido medio total granulometría del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

La arena muy fina presenta ($p < 0,05$) el mayor contenido en la loma alta (81,39) mientras que en las demás secciones de la pendiente sin diferencia significativa, el menor nivel (media 74%) (Figura 4.6.50.).

El contenido de limo es menor en la loma plana y alta (media 9,22%) ($p > 0,05$) y mayor en la loma media y baja (media 12,7%), sin diferir estadísticamente. La arcilla presenta significativamente el nivel más bajo en la loma alta (9,71) y los niveles más altos en el resto de las secciones de la pendiente (media 14,8%) (Figura 4.6.50.).

4.6.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002

Caracterización de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.6.26. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.6.26. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,34 c	0,04 a	1,08 c	75,18 a	16,07 c	9,14 c
Loma alta	1,23 a	0,05 a	1,24 d	84,06 c	10,12 a	6,06 a
Loma media	1,81 d	0,03 a	0,31 a	79,69 b	13,38 b	8,11 bc
Loma baja	1,27 b	0,03 a	0,37 b	83,87 c	10,79 a	6,45 ab

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el primer evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.26.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma alta (1,23), mientras que el mayor nivel lo muestra la loma media (1,81) ($p < 0,05$). La loma baja (1,27) y plana (1,34) presentan un nivel ligeramente superior al menor contenido de carbono orgánico encontrado (Figura 4.6.51.).

La arena media del sedimento en el primer evento (Tabla 4.6.26.) no presenta diferencia significativa en las secciones de la pendiente (media 0,04%). La arena fina en la loma alta muestra significativamente el mayor nivel (1,24), mientras que en la loma media (0,31) y baja (0,37) el menor valor ($p < 0,05$), y contenido intermedio en la loma plana (1,08) ($p < 0,05$).

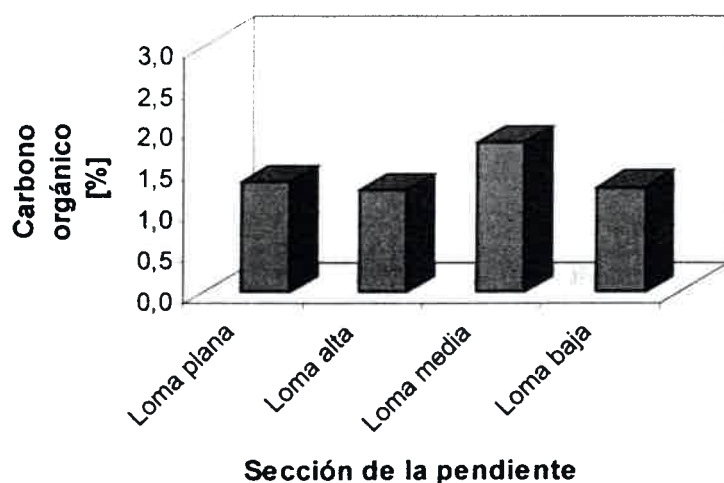
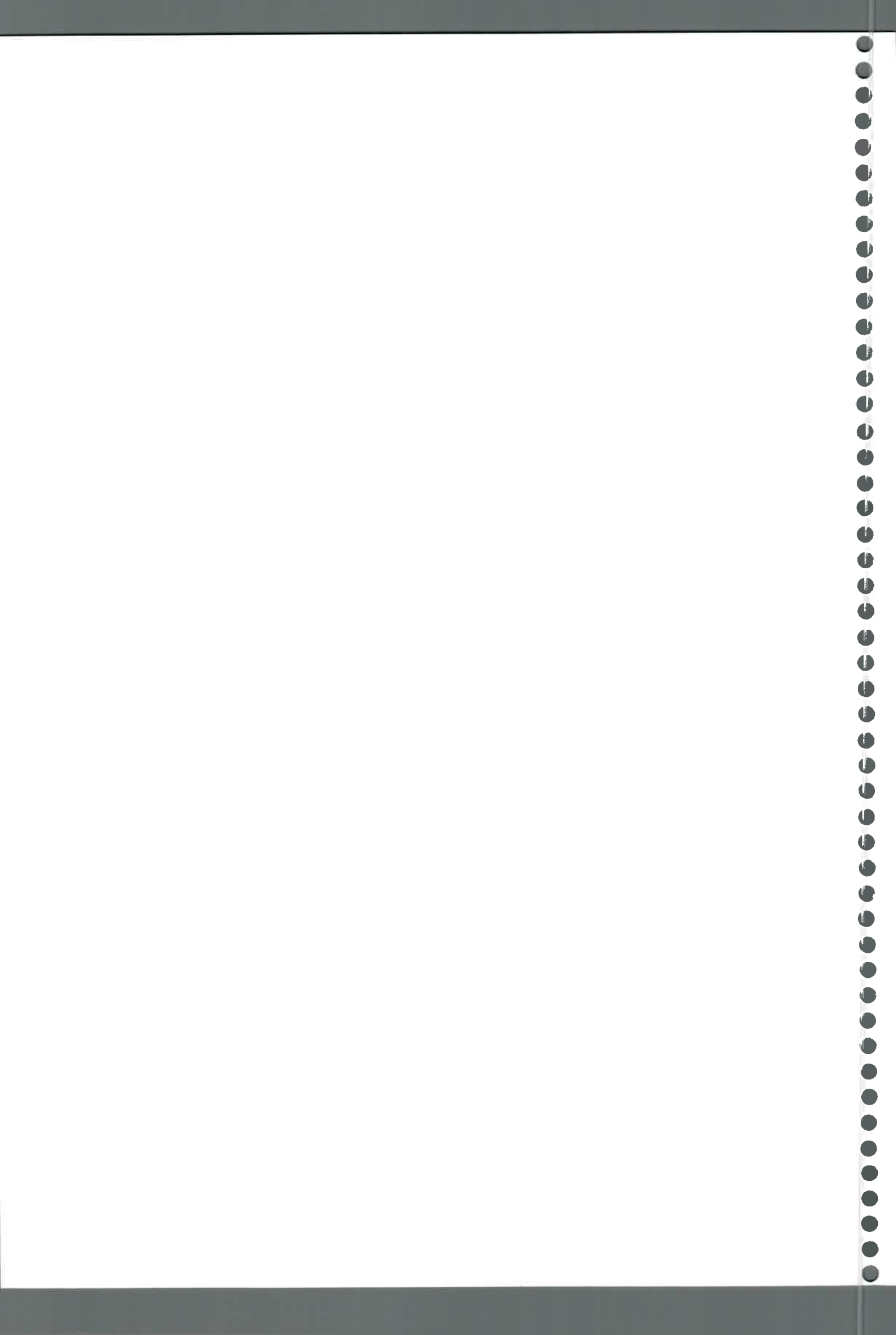


Figura 4.6.51. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la loma plana (75,18), el más alto en la loma alta (84,06) y baja (83,87) sin diferencia significativa y un nivel intermedio en la loma media (79,69).

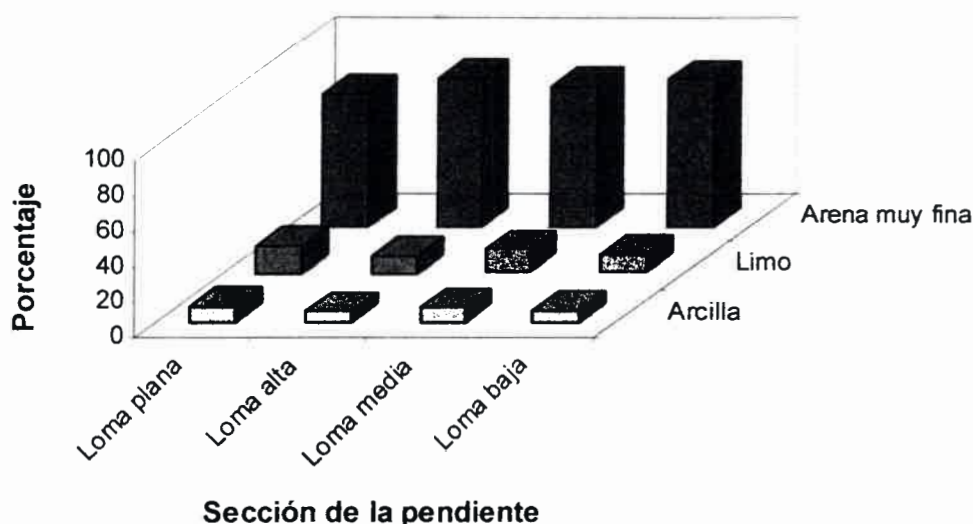


Figura 4.6.52. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El limo muestra (Figura 4.6.52.) significativamente el mayor valor en la loma plana (16,07), el menor en la loma alta (10,12) y baja (10,79) sin diferencia significativa ($p > 0,05$) e intermedio en la loma media (13,38).

La arcilla presenta ($p > 0,05$) el menor contenido en la loma alta (6,06) y baja (6,45), el mayor valor significativamente en la loma plana (9,14) y en la loma media un nivel intermedio (Figura 4.6.52.).

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.27. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

En el segundo evento del ciclo 2001-2002 el mayor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.27.) se muestra significativamente ($p < 0,05$) en la loma baja (1,21), mientras que el menor lo presenta la loma alta

y media con igual nivel (1,03) y sin diferencia significativa entre sí. La loma plana muestra un nivel intermedio (1,15) de carbono orgánico (Figura 4.6.53.).

Tabla 4.6.27. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,15 b	0,03 a	0,28 a	85,42 c	10,23 a	5,57 a
Loma alta	1,03 a	0,04 a	0,35 b	81,21 a	13,31 b	6,62 a
Loma media	1,03 a	0,17 b	0,43 c	83,61 bc	10,96 a	6,34 a
Loma baja	1,21 c	0,18 b	0,44 c	82,18 ab	12,07 ab	6,65 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El contenido de arena media es mayor en la loma media (0,17) y baja (0,18) sin diferir estadísticamente entre ellos ($p > 0,05$), y menor valor en la loma plana (0,03) y alta (0,04) ($p > 0,05$). La arena fina presenta significativamente el menor nivel en la loma plana (0,28) y el mayor en la loma media (0,43) y baja (0,44) sin diferencia significativa ($p > 0,05$), mientras que en la loma alta (0,35) un valor intermedio (Tabla 4.6.27.).

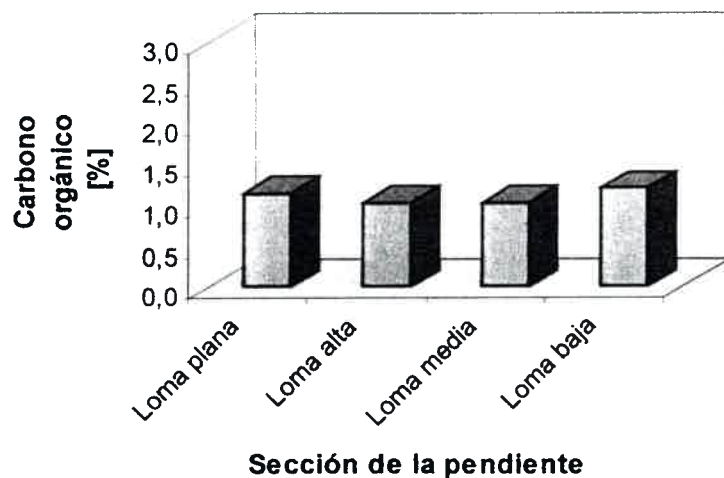
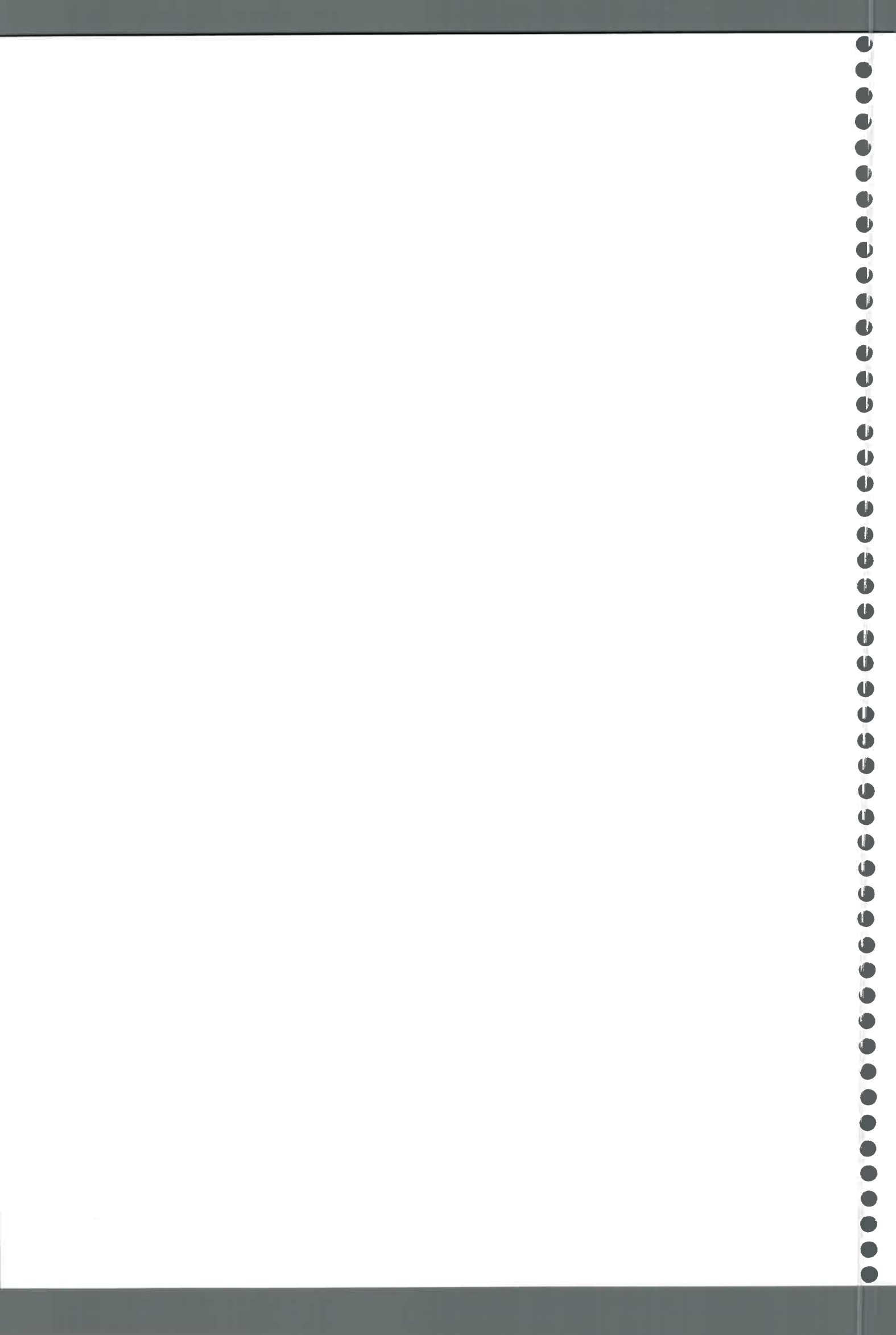


Figura 4.6.53. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



La arena muy fina muestra significativamente ($p < 0,05$) el mayor nivel en la loma plana (85,42), el menor en la loma alta (81,21) ($p < 0,05$) y en la loma media (83,61) y baja (82,18) un nivel intermedio ($p > 0,05$).

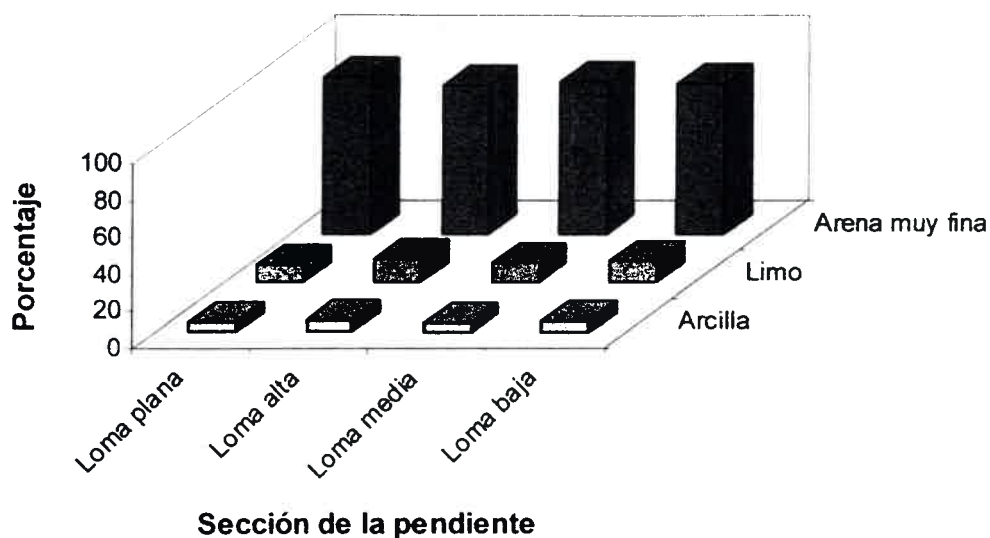


Figura 4.7.54. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de limo del sedimento es mayor ($p < 0,05$) en la loma alta (13,31), menor en la loma plana (10,23) y media (10,96) y sin diferencia significativa entre las secciones ($p > 0,05$), e intermedio en la loma baja (12,07). El contenido de arcilla no presenta diferencia significativa ($p > 0,05$) en la pendiente (6,3% de media) (Figura 4.6.54.).

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.6.29. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

En el tercer evento del ciclo 2001-2002 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.29.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma media (1,05), y el mayor nivel en la loma alta y baja con igual valor (2,50) y sin diferencia significativa ($p > 0,05$), mientras que en la loma plana (2,16) muestra un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.55.).



Tabla 4.6.29. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,16 b	0,07 b	1,45 d	67,30 b	21,83 c	12,17 a
Loma alta	2,50 c	0,02 a	1,34 c	62,51 a	23,66 c	13,98 a
Loma media	1,92 a	0,02 a	0,18 a	70,47 c	18,74 b	12,11 a
Loma baja	2,50 c	0,04 ab	0,75 b	72,21 c	15,91 a	12,61 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

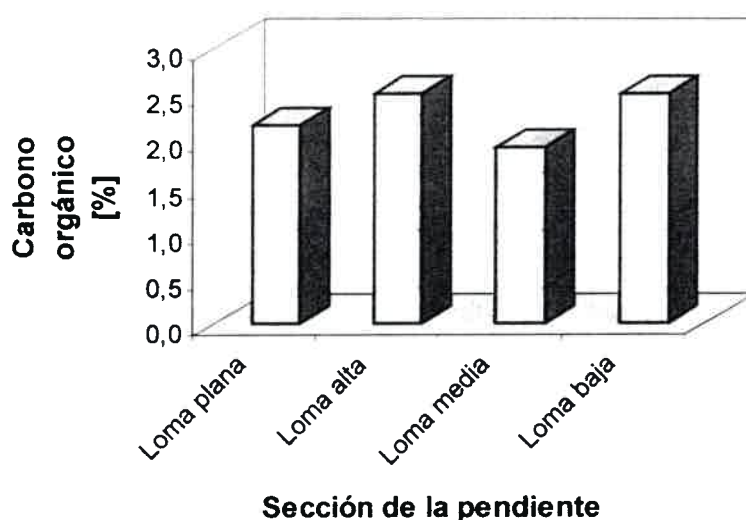


Figura 4.6.55. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (Tabla 4.6.29.) es significativamente mayor en la loma plana (0,07), mientras que en la loma alta y media se presenta el menor nivel con igual valor (0,02) y sin diferencia significativa entre sí ($p > 0,05$), y en la loma baja (0,04) un contenido intermedio.

La arena fina muestra significativamente el nivel más bajo en la loma media (0,18) y el más alto en la loma plana (1,45) y alta (1,34) con diferencia significativa ($p < 0,05$), y un valor intermedio loma baja (0,75).



La arena muy fina presenta significativamente el nivel más bajo en la loma alta (62,51) y el más alto en la loma media (70,47) y baja (72,21) sin diferencia significativa ($p>0,05$), mientras que en la loma alta (62,51) un nivel intermedio de arena muy fina.

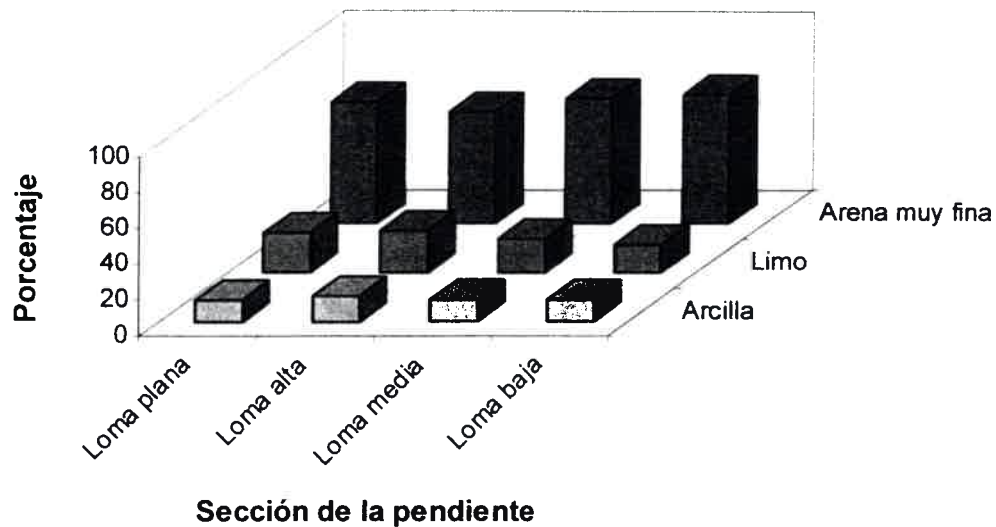


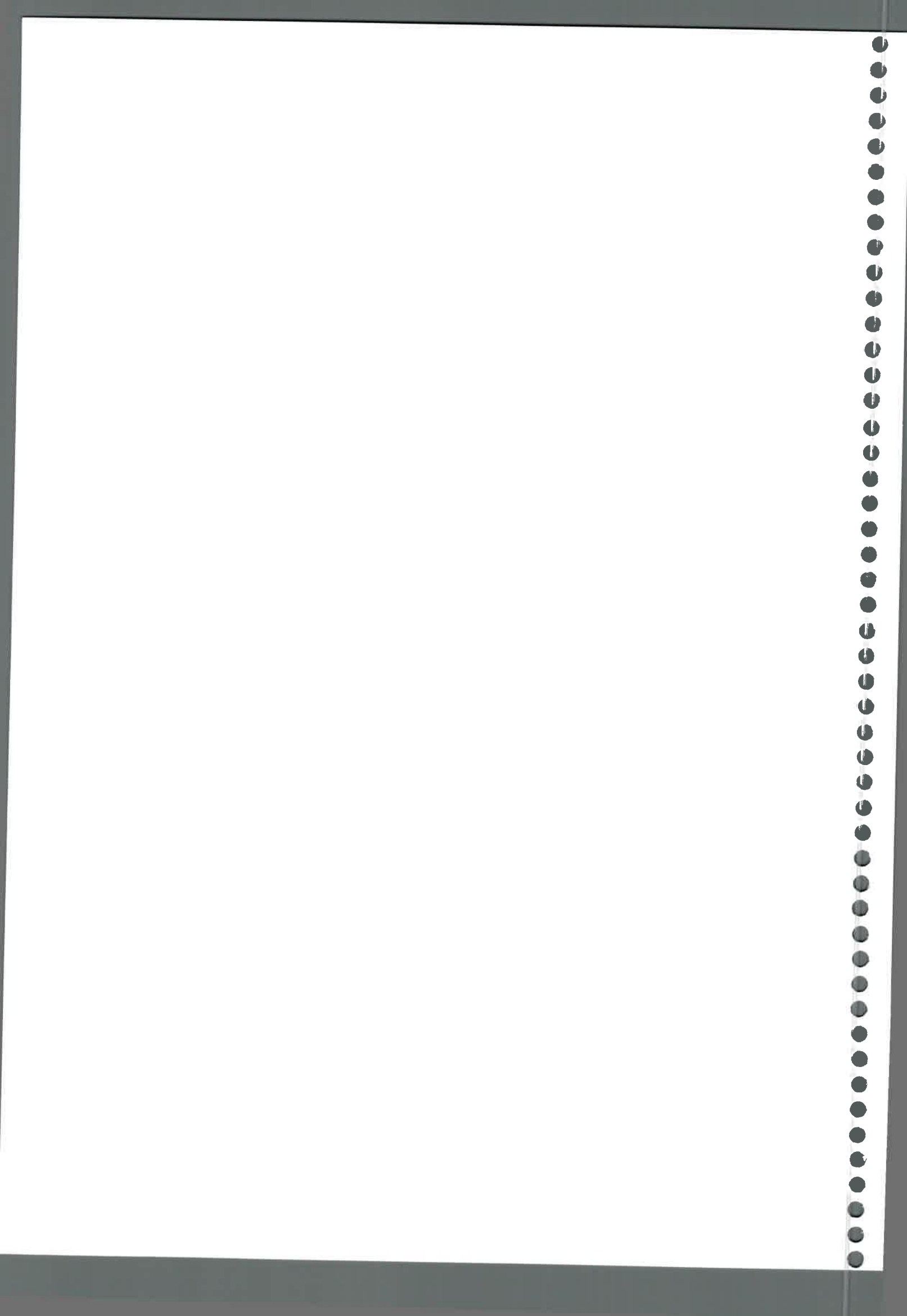
Figura 4.6.56. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El limo muestra significativamente ($p<0,05$) el menor contenido en la loma baja (15,91) y el mayor en la loma plana (21,83) y alta (23,66) ($p>0,05$) y en la loma media (18,74) un nivel intermedio. El contenido de arcilla no presenta diferencia significativa ($p>0,05$) en la pendiente, aunque se observa un nivel mayor de arcilla en los sedimentos de la loma alta (13,98) respecto a las demás secciones (Figura 4.6.56.).

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.6.30. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

En el cuarto evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.30.) lo muestra significativamente ($p<0,05$) la loma alta



(1,27), y el mayor nivel la loma plana y media con igual nivel (2,59) ($p > 0,05$), mientras que la loma baja (1,63) presenta un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.57.).

Tabla 4.6.30. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,59 c	0,02 a	0,31 b	60,65 a	28,52 c	12,01 a
Loma alta	1,27 a	0,02 a	0,25 a	65,38 c	25,67 b	10,21 a
Loma media	2,59 c	0,04 a	1,04 d	63,14 b	20,54 a	16,76 b
Loma baja	1,63 b	0,03 a	0,69 c	68,48 d	21,10 a	11,22 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

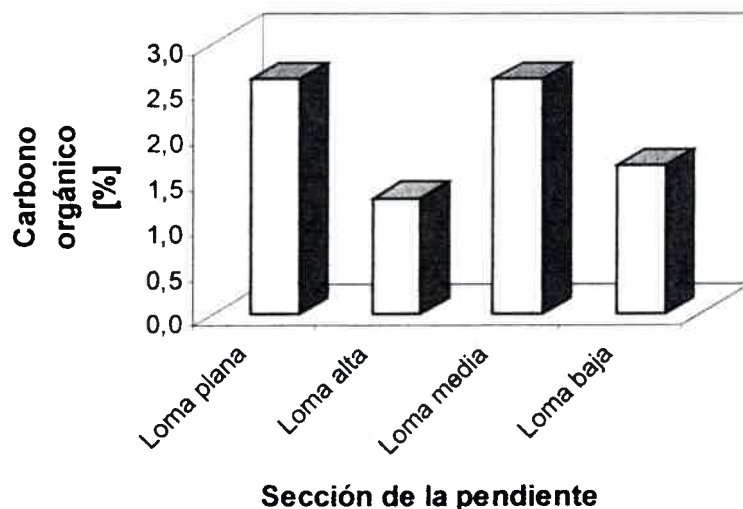


Figura 4.6.57. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (Tabla 4.6.30.) no presenta diferencia significativa en la pendiente. La arena fina muestra significativamente ($p < 0,05$) el nivel más alto en la loma media (1,04), el más bajo en la loma plana (0,31) y alta (0,25) ($p < 0,05$) y un valor intermedio en la loma baja (0,69) ($p < 0,05$).



La arena muy fina presenta el nivel más bajo en la loma plana (60,65) ($p < 0,05$), mientras que en la loma baja el mayor contenido (68,48) y en la loma alta (65,38) y media (63,14) un nivel intermedio ($p < 0,05$) (Figura 4.6.58.).

El limo muestra el mayor contenido ($p < 0,05$) en la loma alta (28,52), el menor en la loma media (20,54) y baja (21,10) sin diferencia significativa ($p > 0,05$) y un nivel intermedio en la loma alta (25,67).

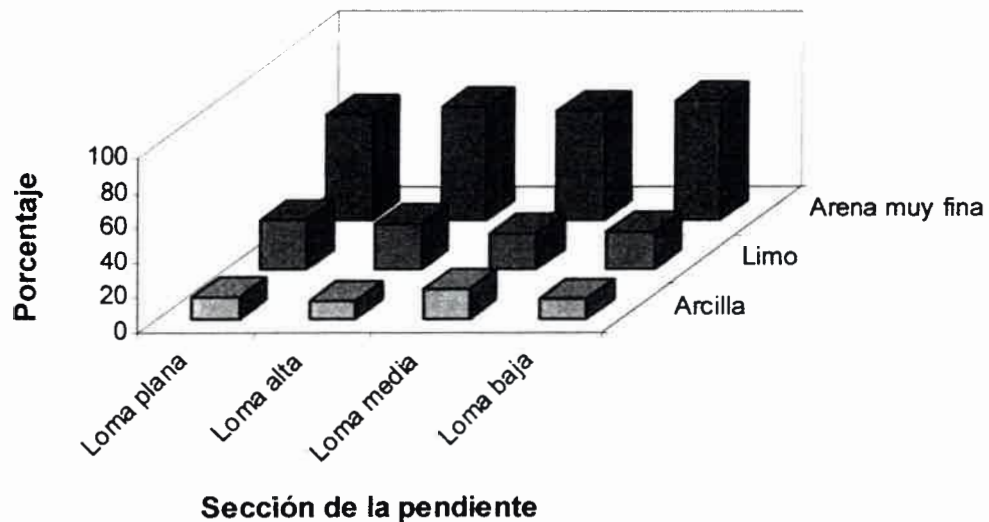


Figura 4.6.58. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arcilla presenta significativamente ($p < 0,05$) el mayor contenido en los sedimentos de la loma media (16,76), mientras que en las demás secciones de la pendiente sin diferencia significativa ($p > 0,05$) se muestra el menor nivel de arcilla (promedio 11,15%) (Figura 4.6.58.).

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.31. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.



Tabla 4.6.31. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,81 b	0,53 a	1,27 b	72,14 a	19,16 b	9,72 a
Loma alta	1,51 a	0,52 a	1,28 b	73,29 a	18,19 b	9,22 a
Loma media	1,84 b	0,56 a	0,98 a	74,23 a	15,91 a	10,83 a
Loma baja	1,65 ab	0,56 a	1,05 a	76,68 a	14,97 a	9,23 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el ciclo 2001-2002 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.31.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma alta (1,51), mientras que en la loma plana (1,81) y media (1,84) ($p > 0,05$) y en la loma baja un nivel intermedio (1,65) (Figura 4.6.59.).

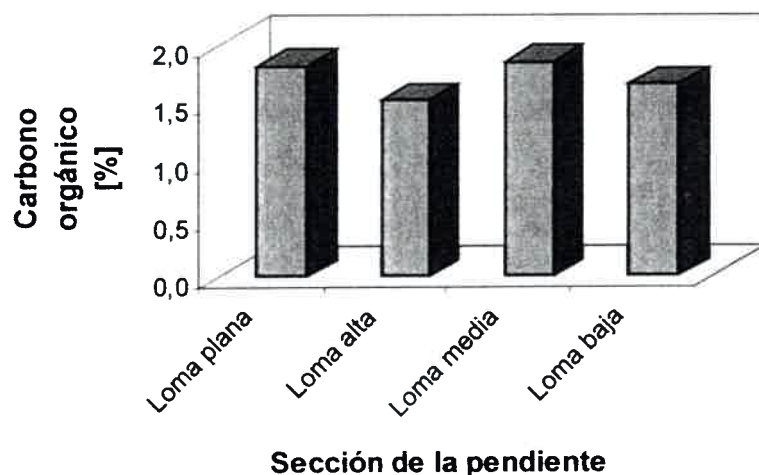
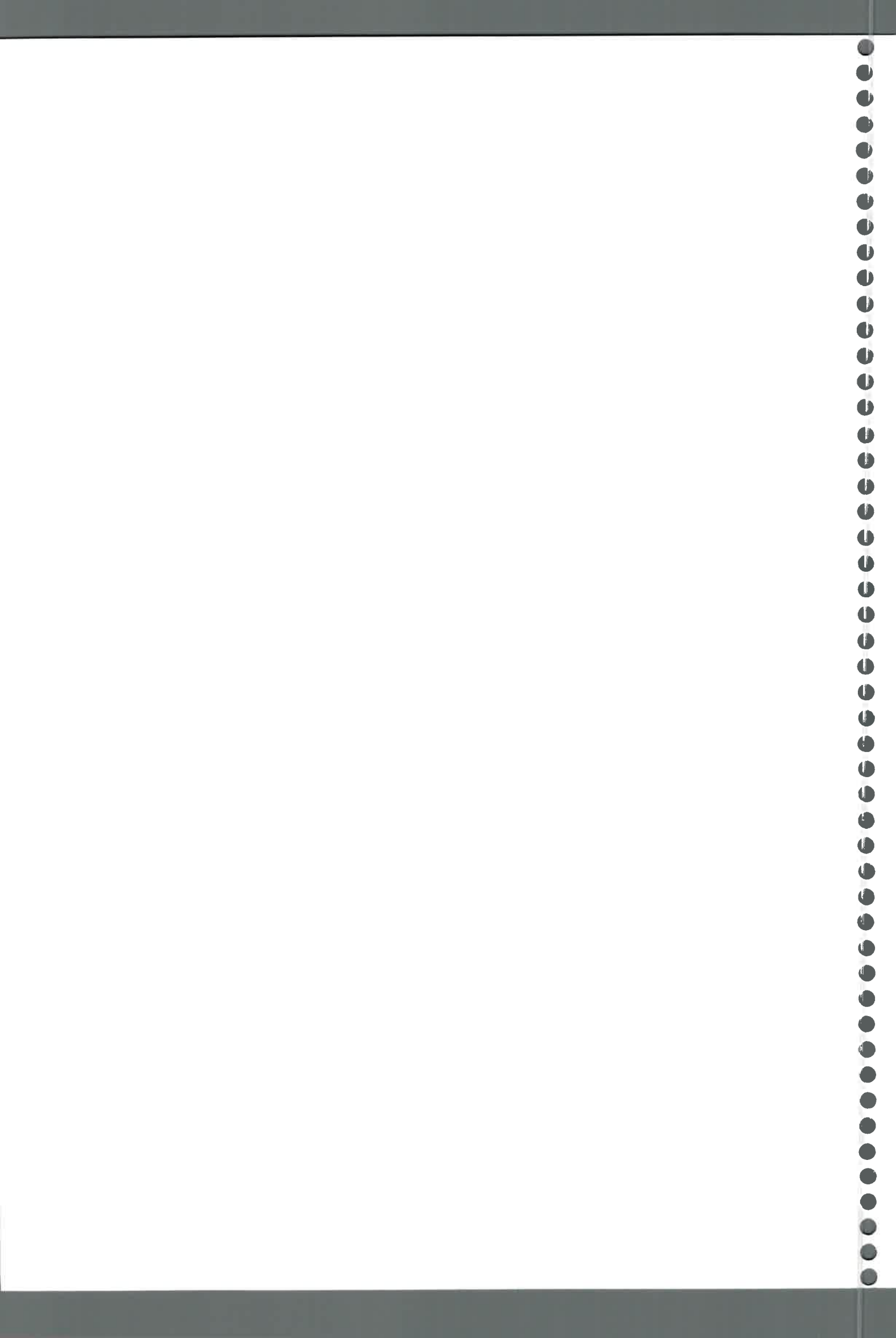


Figura 4.6.59. Contenido medio total de carbono orgánico del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

La arena media (promedio 0,54%), arena muy fina (promedio 74,1%), limo (promedio 0,50%), y arcilla (promedio 9,8%) de este ciclo (Tabla 4.6.31.) no presenta diferencia significativa en las secciones pendiente.

La arena fina muestra el menor nivel ($p > 0,05$) en la loma media (0,98) y baja (1,05), y el mayor nivel en la loma plana (1,27) y alta (1,28) ($p > 0,05$) (Figura 4.6.60.).



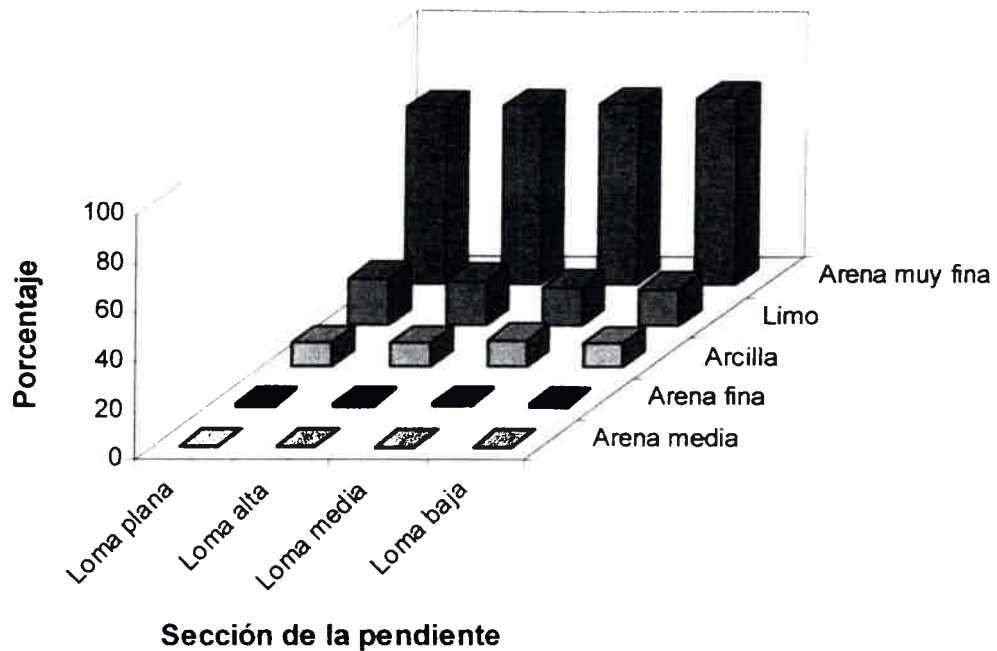


Figura 4.6.60. Contenido medio total granulométrico del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

4.6.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003

Caracterización de los sedimentos por evento

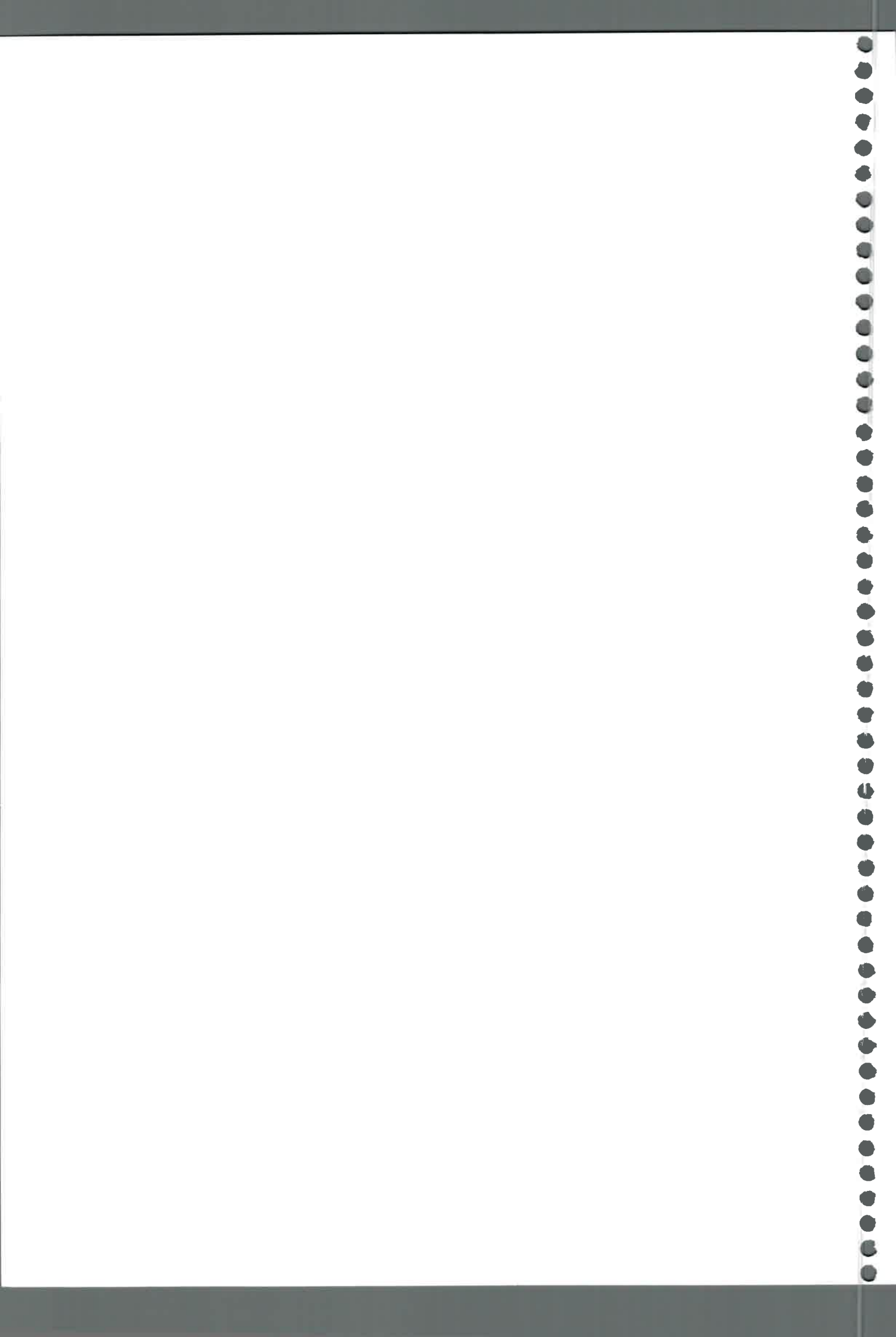
✓ Primer evento

En la Tabla 4.6.32. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.6.32. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,49 b	0,03 a	0,21 a	75,75 b	16,31 b	9,21 a
Loma alta	2,96 c	0,03 a	0,38 b	68,57 a	20,13 c	12,41 b
Loma media	2,22 a	0,02 a	0,17 a	74,25 b	17,28 b	9,81 a
Loma baja	2,96 c	0,02 a	0,21 a	75,83 b	14,32 a	11,15 ab

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).



En el primer evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.32.) se presenta significativamente ($p < 0,05$) en la loma media (2,22) y el mayor nivel en la loma alta (2,96) y baja (2,96) ($p > 0,05$). La loma plana (2,49) presenta un nivel intermedio de CO (Figura 4.6.61.).

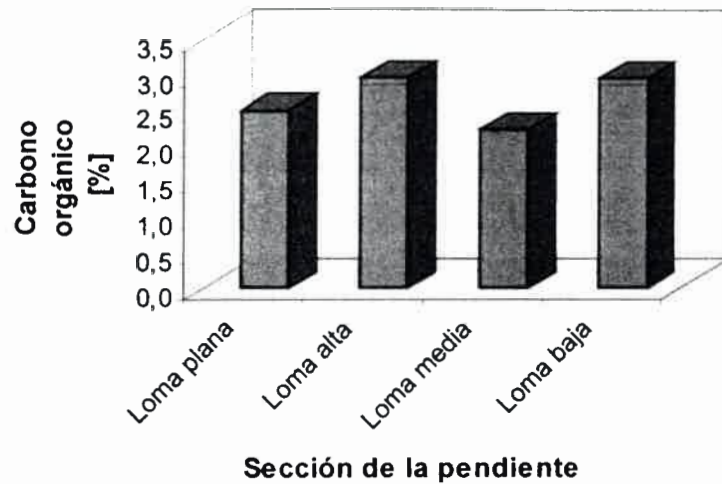


Figura 4.6.61. Carbono orgánico medio del sedimento en el primer evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arena media en el primer evento (Tabla 4.6.32.) no presenta diferencia significativa en las secciones de la pendiente (media 0,03%). La arena fina en la loma alta muestra ($p < 0,05$) el mayor nivel (0,38), mientras que el menor ($p > 0,05$) en la loma plana (0,21) media (0,17) y baja (0,21). La arena muy fina presenta el nivel más bajo ($p < 0,05$) en la loma alta (68,57) y el más alto en la loma plana (75,75), media (74,25) y baja (75,83). (Figura 4.6.62.)

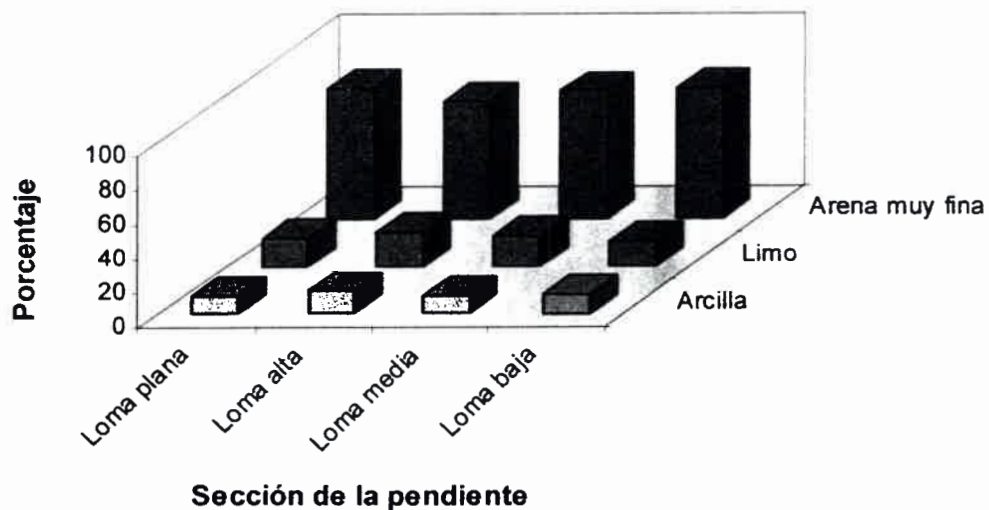


Figura 4.6.62. Granulometría media del sedimento en el primer evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



El limo muestra significativamente el menor valor en la loma baja (14,32), el mayor en la loma alta (20,13) e intermedio en la loma plana (16,31) y media (17,28) sin diferencia significativa ($p>0,05$).

La arcilla presenta ($p>0,05$) el mayor valor significativamente en la loma alta (12,41), el menor contenido en la loma plana (9,21) y media (9,81), y en la loma baja un nivel intermedio (Figura 4.6.62.).

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.6.33. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.6.33. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	0,81 a	0,03 a	1,02 b	83,37 b	12,33 b	5,40 a
Loma alta	2,36 d	0,15 b	1,26 c	80,75 a	12,28 b	7,08 a
Loma media	2,02 c	0,07 a	0,93 a	83,62 b	9,58 a	7,32 a
Loma baja	1,95 b	0,05 a	1,02 b	82,94 b	10,51 ab	7,00 a

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En el segundo evento del ciclo el mayor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.33.) se muestra significativamente en la loma alta (2,36), el menor lo presenta ($p<0,05$) la loma plana (0,81) y un nivel intermedio de carbono orgánico en la loma media (2,02) y baja (1,95) (Figura 4.6.63.).

El contenido de arena media (Tabla 4.6.33.) es significativamente mayor en la loma alta (0,15) y menor en la loma plana (0,03), media (0,07) y baja (0,05) ($p>0,05$). La arena fina presenta ($p<0,05$) el menor nivel en la loma media (0,93) y el mayor en la loma alta (1,26) ($p<0,05$), mientras que en la loma plana y baja un valor intermedio ($p>0,05$) e igual (1,02).



La arena muy fina muestra significativamente el menor nivel en la loma alta (80,75) y el mayor sin diferencia estadística ($p > 0,05$) en la loma plana (83,37), media (83,62) y baja (82,94).

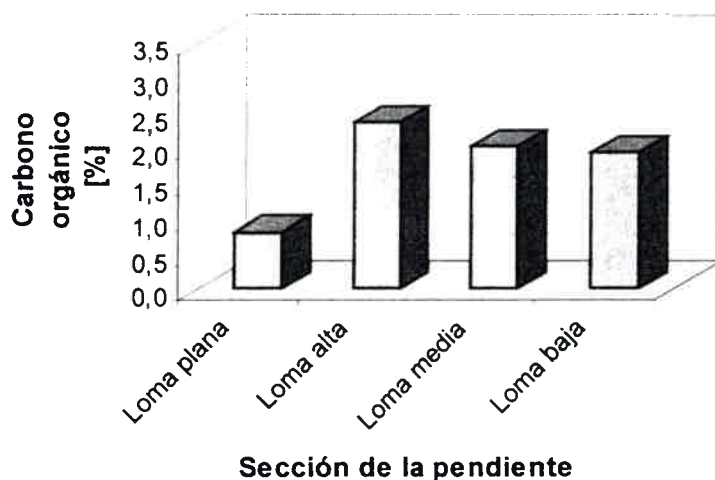


Figura 4.6.63. Carbono orgánico medio del sedimento en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El limo del sedimento es significativamente menor en la loma media (9,58), mayor en la loma plana (12,33) y alta (12,28) sin diferencia significativa entre las secciones ($p > 0,05$), y con nivel intermedio en la loma baja (10,51).

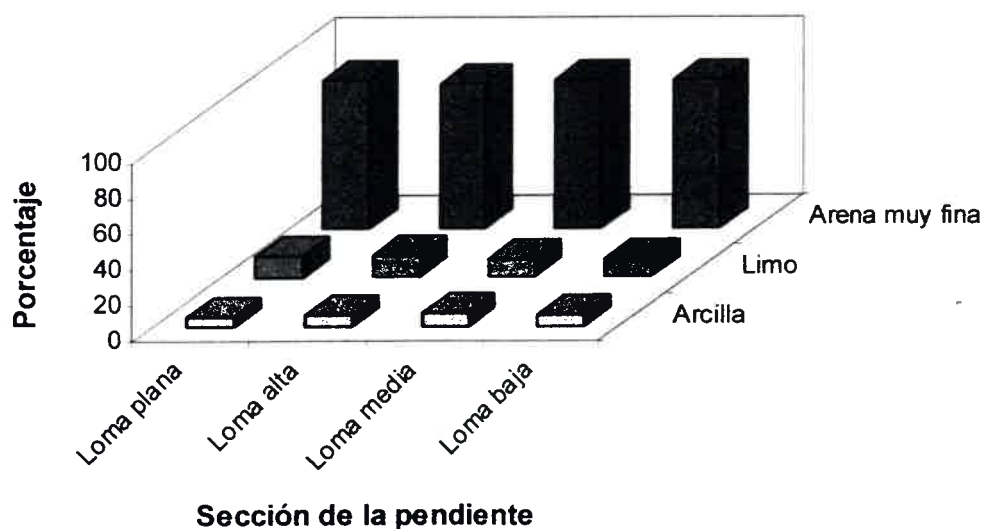
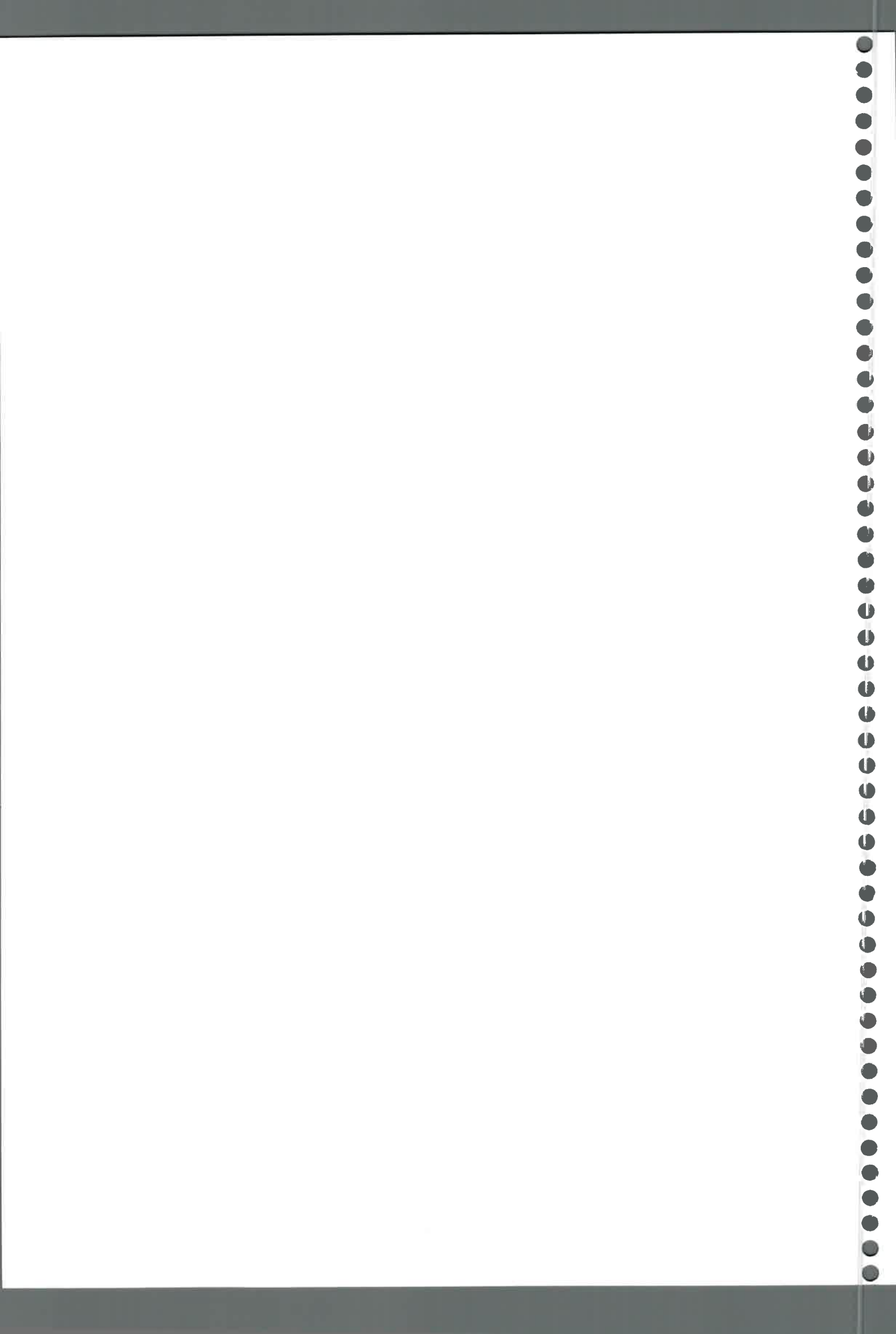


Figura 4.6.64. Granulometría media del sedimento en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arcilla no presenta diferencia significativa ($p > 0,05$) en la pendiente, aunque se observa un nivel inferior en la loma plana (5,40) respecto a las demás secciones (media 7,13) (Figura 4.6.64.).



✓ **Tercer evento**

En la Tabla 4.6.34. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.6.34. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,22 c	0,03 a	0,47 c	84,20 c	10,48 a	6,35 a
Loma alta	3,36 d	0,05 a	0,33 b	80,32 b	10,39 a	10,43 b
Loma media	1,61 b	0,04 a	0,46 c	70,10 a	19,50 b	11,41 b
Loma baja	1,22 a	0,03 a	0,22 a	68,27 a	20,83 b	12,17 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el tercer evento del ciclo 2002-2003 el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.29.) se presenta significativamente en la loma baja (1,22), y el mayor en la loma alta (3,36) ($p < 0,05$), mientras que en la loma plana (2,22) un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.65.).

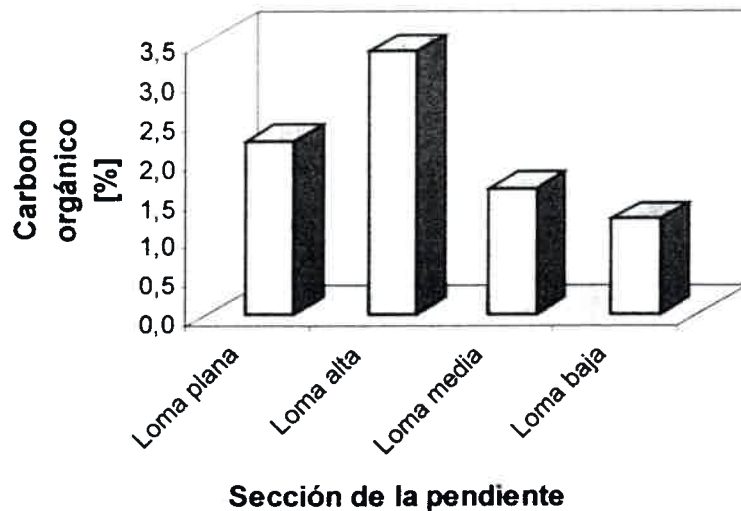
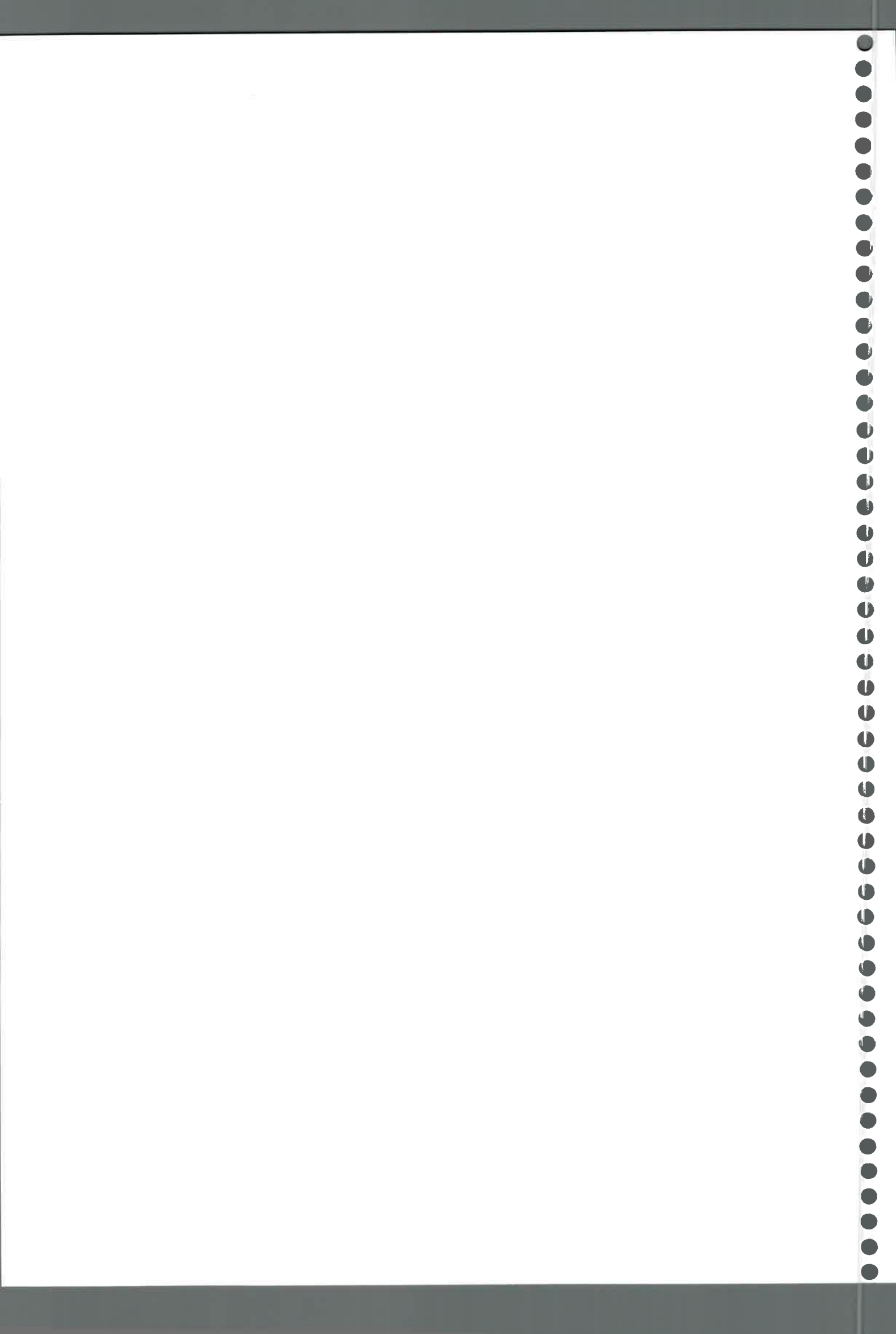


Figura 4.6.65. Carbono orgánico medio del sedimento en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



La arena muy fina presenta el nivel más alto en la loma plana (84,20) y el nivel más bajo en la loma media (70,10) y baja (68,27) sin diferencia significativa ($p>0,05$), mientras que en la loma alta (80,32) un nivel intermedio de arena muy fina (Figura 4.6.66.).

El limo muestra el menor contenido en la loma plana (10,48) y alta (10,39) ($p>0,05$) y el mayor en la loma media (19,50) y baja (20,83) sin diferir estadísticamente. El contenido de arcilla en los sedimentos es significativamente inferior en la loma plana de la pendiente (6,35), y un nivel mayor en las demás secciones (media 11,3) (Figura 4.6.66.).

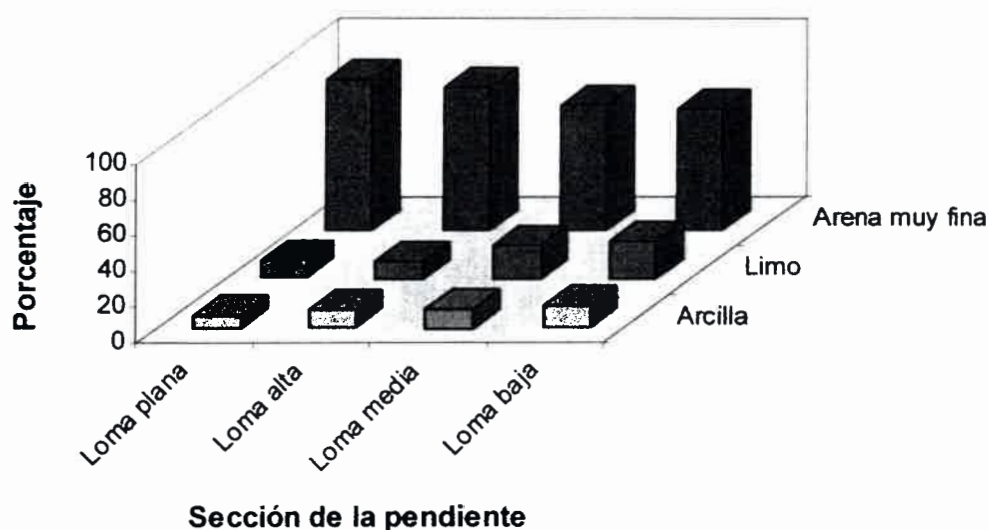


Figura 4.6.66. Granulometría media del sedimento en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.6.35. se presenta el contenido medio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

En el cuarto evento del ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.35.) lo presenta significativamente ($p<0,05$) la loma media (1,01), y el mayor nivel la baja (2,42) ($p<0,05$), mientras que loma plana y alta con igual valor (1,82) un nivel intermedio de carbono orgánico (Figura 4.6.67.).



Tabla 4.6.35. Contenido medio de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,82 b	0,04 a	0,29 a	80,66 a	13,25 c	7,28 b
Loma alta	1,82 b	0,05 a	0,97 b	87,03 c	8,64 a	4,83 a
Loma media	1,01 a	0,05 a	1,13 c	84,04 b	11,10 b	5,20 a
Loma baja	2,42 c	0,06 a	0,29 a	80,05 a	11,70 bc	9,41 c

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

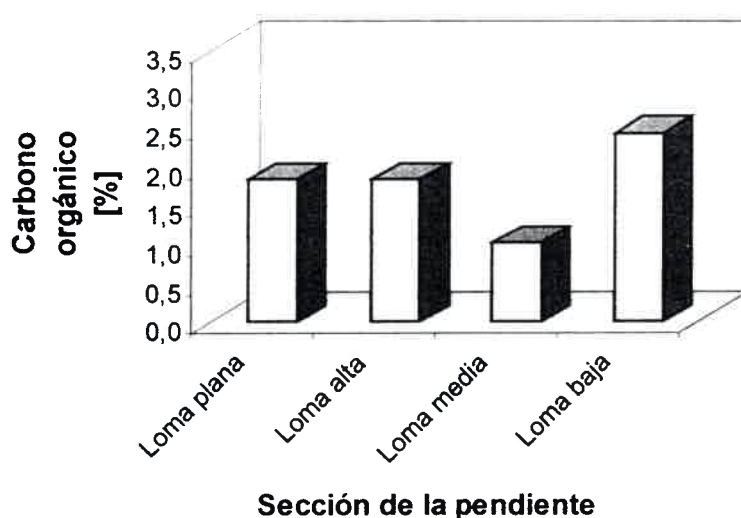


Figura 4.6.67. Carbono orgánico medio del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El contenido de arena media (Tabla 4.6.35.) no presenta diferencia significativa en la pendiente con un valor medio de 0,05. La arena fina muestra significativamente ($p < 0,05$) el nivel más alto en la loma media (1,13), el más bajo en la loma plana y alta con idéntico nivel (0,29) y sin diferencia significativa entre ellos ($p > 0,05$) y un valor intermedio en la loma alta (0,97) ($p < 0,05$).

La arena muy fina presenta significativamente el nivel más alto en la loma alta (87,03), mientras que el menor contenido ($p > 0,05$) en la loma plana (80,66) y baja (80,05) y un nivel intermedio en la loma media (84,04) ($p < 0,05$).



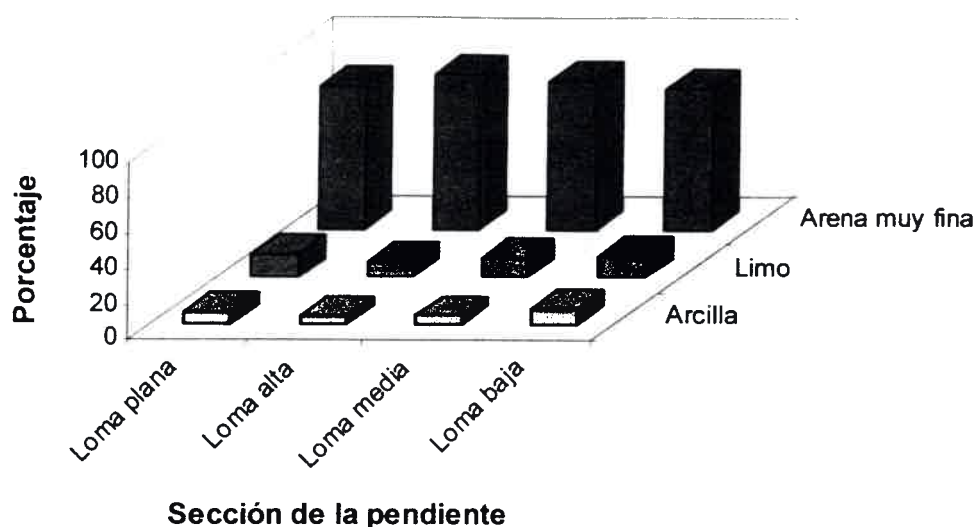


Figura 4.6.68. Granulometría media del sedimento en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

El limo muestra el mayor contenido ($p < 0,05$) en la loma plana (13,25), el menor en la loma alta (8,64) ($p < 0,05$) y un nivel intermedio en la loma media (11,10) y baja (11,70) sin diferencia significativa.

La arcilla presenta significativamente ($p < 0,05$) el mayor contenido en los sedimentos de la loma baja (9,41), el menor en la loma alta (4,83) y media (5,20) ($p > 0,05$), mientras que en la loma plana (7,28) muestra un nivel intermedio de arcilla del sedimento recolectado (Figura 4.6.68.).

Caracterización de los sedimentos totales en el ciclo

En la Tabla 4.6.36. se presenta el contenido medio total de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

En el ciclo el menor contenido de carbono orgánico del sedimento (Tabla 4.6.36.) se presenta en la loma plana (1,84) y media (1,72) ($p > 0,05$), y el mayor nivel significativamente ($p < 0,05$) en la loma alta (2,62), mientras que en la loma baja un nivel intermedio (2,14) (Figura 4.6.69.).



Tabla 4.6.36. Contenido medio total de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,84 a	0,03 a	0,34 a	80,99 a	13,09 a	7,06 a
Loma alta	2,62 b	0,07 b	0,73 b	79,17 a	12,86 a	8,69 ab
Loma media	1,72 a	0,04 ab	0,67 ab	78,00 a	14,36 a	8,43 ab
Loma baja	2,14 ab	0,04 ab	0,44 ab	76,77 a	14,34 a	9,93 b

Las medias dentro de cada columna seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El contenido de arena media es significativamente inferior en la loma plana (0,03) de los sedimentos recolectados, y superior en la loma alta (0,07) ($p < 0,05$), mientras que intermedio en la loma media y baja con igual nivel (0,04) ($p > 0,05$). La arena fina muestra el menor nivel ($p < 0,05$) en la loma plana (0,34), el mayor nivel en la loma alta (0,73) y sin diferencia significativa en la loma media (0,67) y baja (0,44) con un nivel intermedio (Figura 4.6.70.).

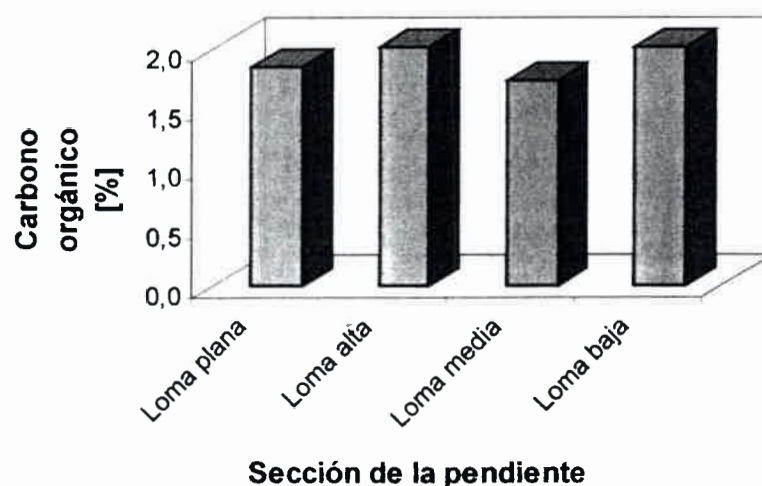


Figura 4.6.69. Contenido medio total de carbono orgánico del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

La arena muy fina y el limo del sedimento en este ciclo (Tabla 4.6.36.) no presentan diferencia significativa ($p > 0,05$) en las diferentes secciones pendiente con un nivel medio de 78,7 y 13,7 respectivamente.



El contenido de arcilla es significativamente superior en la loma baja (9,93) y bajo en la loma plana (7,06), mientras que intermedio en la loma alta (8,69) y media (8,43) ($p > 0,05$) (Figura 4.6.70.).

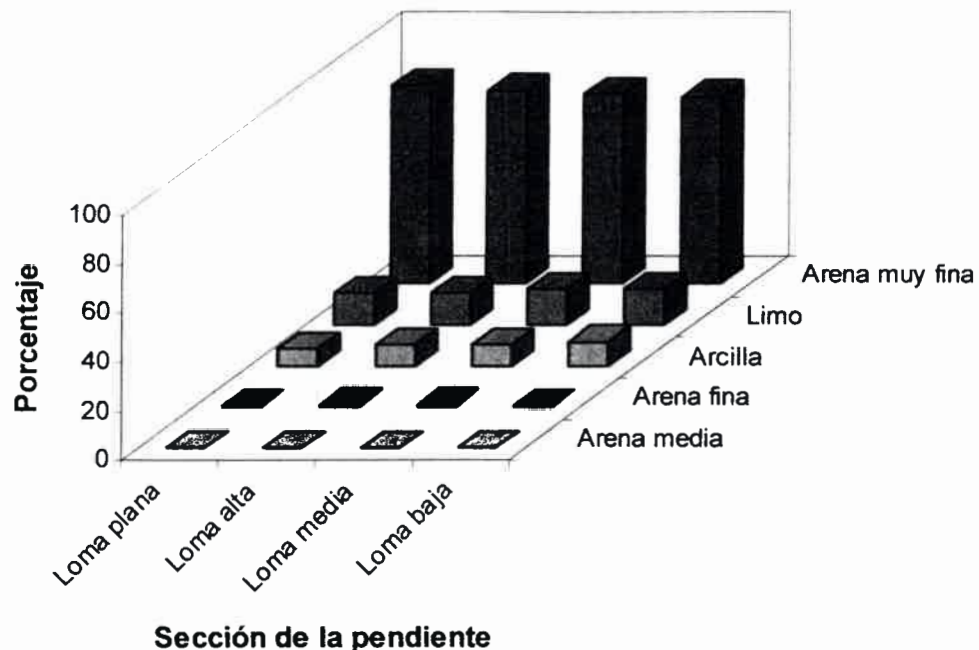
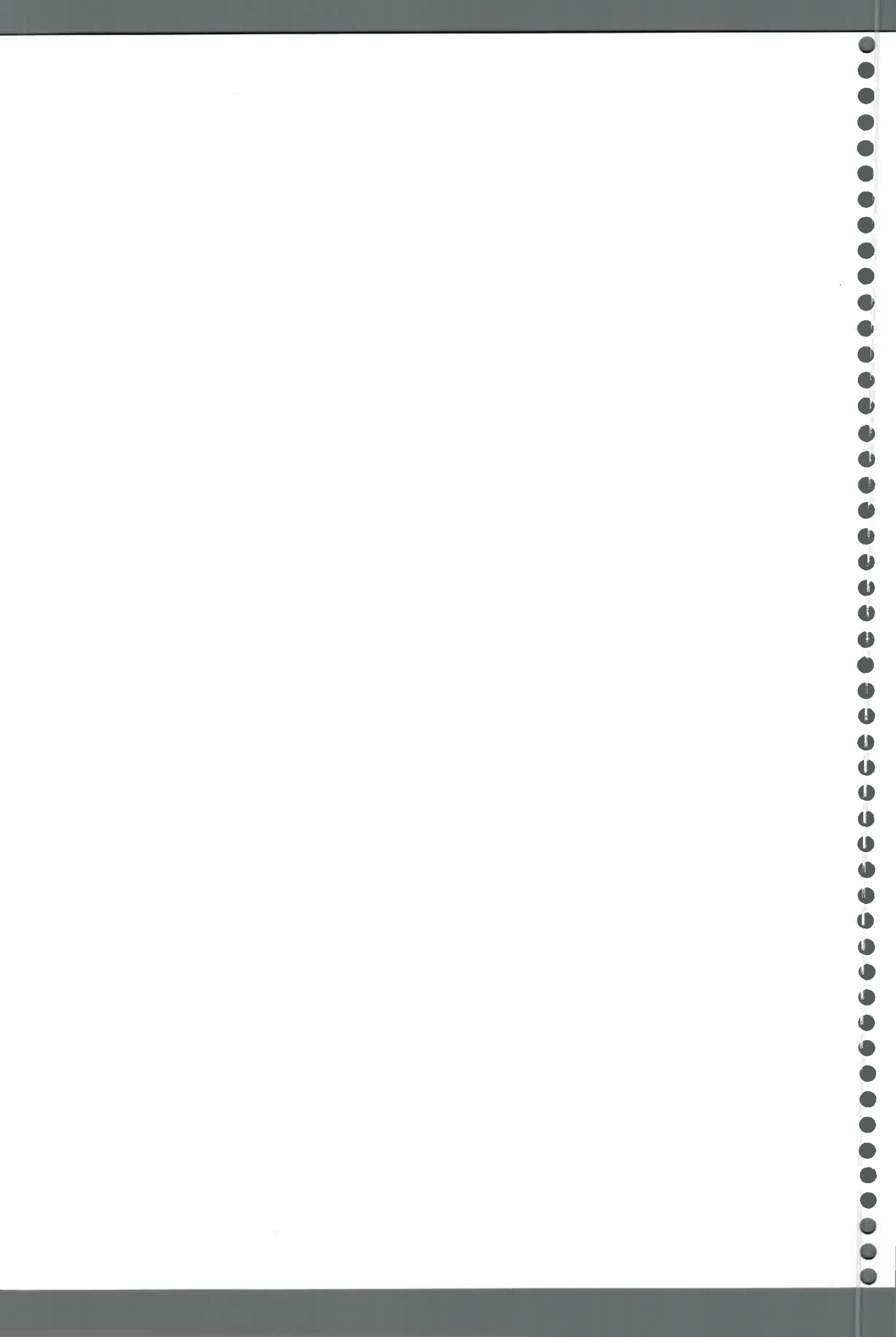


Figura 4.6.70. Contenido medio total granulometría del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

4.6.2.5. Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y factores intervinientes en el proceso de erosión hídrica laminar

Se estudió el grado de dependencia entre las propiedades evaluadas del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores cobertura vegetal e intensidad de las precipitaciones, a través del análisis de correlación en las distintas secciones de la pendiente El Vertedero.

Considerando todos los datos de las propiedades del sedimento agrupadas por evento y los totales anuales de cada ciclo se obtuvo correlación entre la arena media y arena fina ($r=0,67$; $p < 0,0001$).



Con todos los datos agrupados de las propiedades del sedimento por evento y ciclo, se observan las siguientes correlaciones por ciclo:

✓ **Ciclo 1999-2000**, asociación entre limo y carbono orgánico ($r=0,68$; $p<0,001$), arcilla y carbono orgánico ($r=0,83$; $p<0,001$), arcilla y limo ($r=0,85$; $p<0,001$), arena muy fina y carbono orgánico ($r=-0,76$; $p<0,001$), limo y arena muy fina ($r=-0,98$; $p<0,001$) y arcilla y arena muy fina ($r=-0,94$; $p<0,001$).

✓ **Ciclo 2000-2001**, correlación entre arena fina y arena media ($r=0,66$; $p<0,01$), arena muy fina y limo ($r=-0,93$; $p<0,001$) y limo y carbono orgánico ($r=0,50$; $p=0,06$).

✓ **Ciclo 2001-2002**, relación entre limo y carbono orgánico ($r=0,66$; $p<0,001$), arcilla y carbono orgánico ($r=0,89$; $p<0,001$), arcilla y limo ($r=0,77$; $p<0,001$), arena muy fina y carbono orgánico ($r=-0,79$; $p<0,001$), limo y arena muy fina ($r=-0,96$; $p<0,001$) y arcilla y arena muy fina ($r=-0,91$; $p<0,001$).

✓ **Ciclo 2002-2003**, correlación entre arena fina y arena media ($r=0,76$; $p<0,001$), limo y arcilla ($r=0,87$; $p=0,001$) y arena muy fina y arena fina ($r=0,47$; $p=0,07$).

Utilizando todos los datos agrupados de las propiedades del sedimento, la intensidad máxima de la precipitación, la pérdida de suelo, el escurrimiento y la cobertura vegetal por evento y sección, se obtienen las siguientes correlaciones:

✓ **Loma plana**, asociación entre arena fina y media ($r=0,67$; $p<0,005$), limo y arena fina ($r=0,76$; $p<0,001$), arena media y limo ($r=-0,53$; $p=0,03$), arcilla y arena media ($r=0,55$; $p=0,03$), arena muy fina y limo ($r=-0,85$; $p<0,001$) y arena muy fina y arcilla ($r=-0,50$; $p=0,03$).



✓ **Loma alta**, correlación entre arena fina y media ($r=0,71$; $p<0,002$), arena muy fina y limo ($r=-0,98$; $p<0,001$) y arena muy fina y arcilla ($r=-0,79$; $p<0,001$), limo y arcilla ($r=0,65$; $p=0,006$).

✓ **Loma media**, relación entre carbono orgánico y arena muy fina ($r=-0,54$; $p=0,03$), carbono orgánico y limo ($r=0,52$; $p=0,04$), arena fina y media ($r=0,74$; $p<0,001$), arena media y limo ($r=-0,52$; $p=0,03$), arena fina y limo ($r=-0,51$; $p=0,04$), arena muy fina y limo ($r=-0,84$; $p<0,001$) y arena muy fina y arcilla ($r=-0,72$; $p<0,002$).

✓ **Loma baja**, asociación entre arena muy fina y limo ($r=-0,89$; $p<0,001$) y arena muy fina y arcilla ($r=-0,59$; $p<0,01$).



4.7. TASA DE ENRIQUECIMIENTO

A continuación se presenta la tasa de enriquecimiento de los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar, respecto a su concentración en el suelo por ciclo y evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril (período 2000-2003) y en las secciones que componen la pendiente El Vertedero (período 1999-2003), respectivamente.

4.7.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

4.7.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

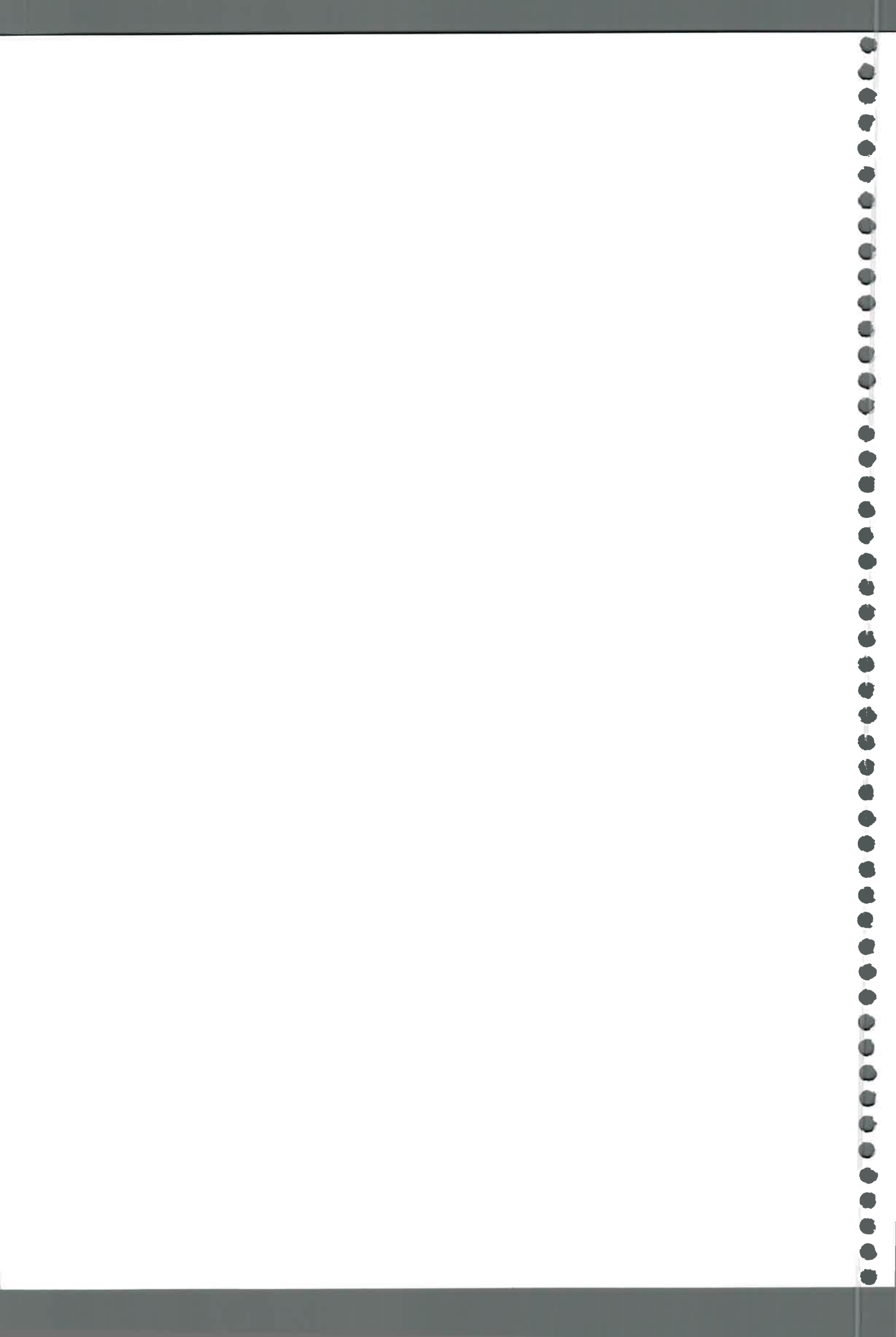
✓ *Primer evento*

En la Tabla 4.7.1. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.1. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,35	0,09	1,00	1,11	1,20	0,58
SD/SF/SP	1,20	2,50	2,15	1,06	0,94	0,92
SD/CF/CP	1,02	8,40	10,23	1,10	0,85	0,78
SD/SF/CP	1,48	0,43	1,03	0,98	0,95	1,22
LR/CF/SP	0,68	0,45	5,28	1,13	0,96	0,72
LR/SF/SP	1,33	3,05	3,47	0,89	1,51	0,78
LR/CF/CP	0,75	2,58	11,00	0,99	0,99	0,85
LR/SF/CP	0,98	0,88	1,33	1,16	0,99	0,61
LC/CF/SP	1,19	3,00	6,35	0,97	1,12	0,76
LC/SF/SP	0,88	1,17	1,58	1,12	0,98	0,74
LC/CF/CP	1,01	2,75	8,12	1,04	0,93	0,89
LC/SF/CP	1,23	0,83	2,02	0,98	0,98	1,10

Los sedimentos producidos en el primer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la siembra



directa, la LR/SF/SP, LC/CF/SP y la LC con pastoreo. La arena media presenta enriquecimiento en la SD/SF/SP, SD/CF/CP, LR/SF/SP, LR/CF/CP, LC/SF/SP y la LC con fertilización (Figura 4.7.1.). La arena fina manifiesta enriquecimiento en todos los tratamientos excepto en la SD/CF/SP, siendo relevante el incremento del contenido en la SD/CF/CP (10,23) y en la LR/CF/CP (11). La arena muy fina muestra enriquecimiento en los tratamientos de la siembra directa a excepción de la SD/SF/CP, LR/CF/SP, LR/SF/CP, LC/SF/SP y LC/CF/CP, mientras que el limo en la SD/CF/SP, LR/SF/SP y la LC/CF/SP, y la arcilla en la SD/SF/CP y la LC/SF/CP (Tabla 4.7.1.).

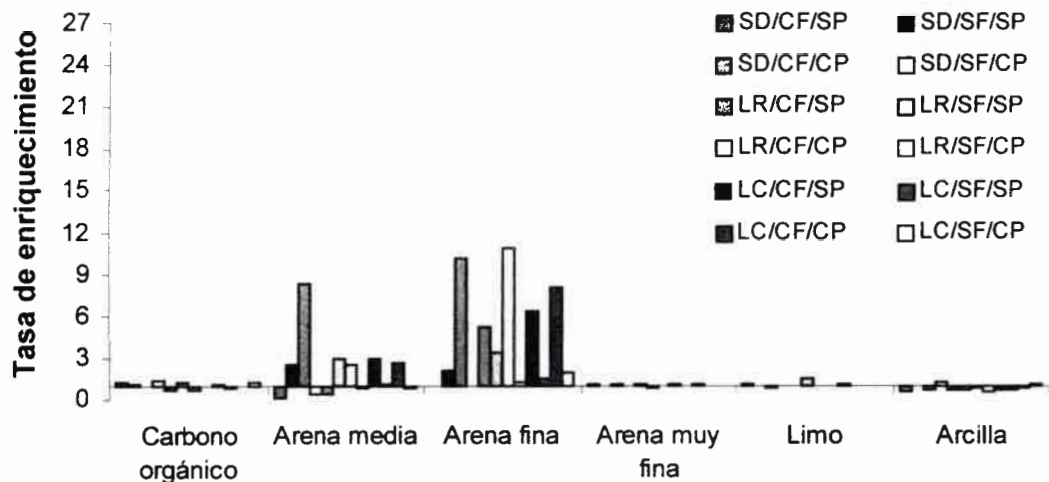


Figura 4.7.1. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.7.2. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Los sedimentos producidos en el segundo evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos menos en la SD/SF/SP; de arena media en todos los tratamientos, excepto la SD/CF/SP, LR/CF/SP y LC/SF/CP, donde se destaca la SD/CF/CP por presentar un valor muy elevado de incremento (27) y de arena fina en todos los tratamientos excepto en la SD/CF/SP y LC/SF/CP (Tabla 4.7.2.).

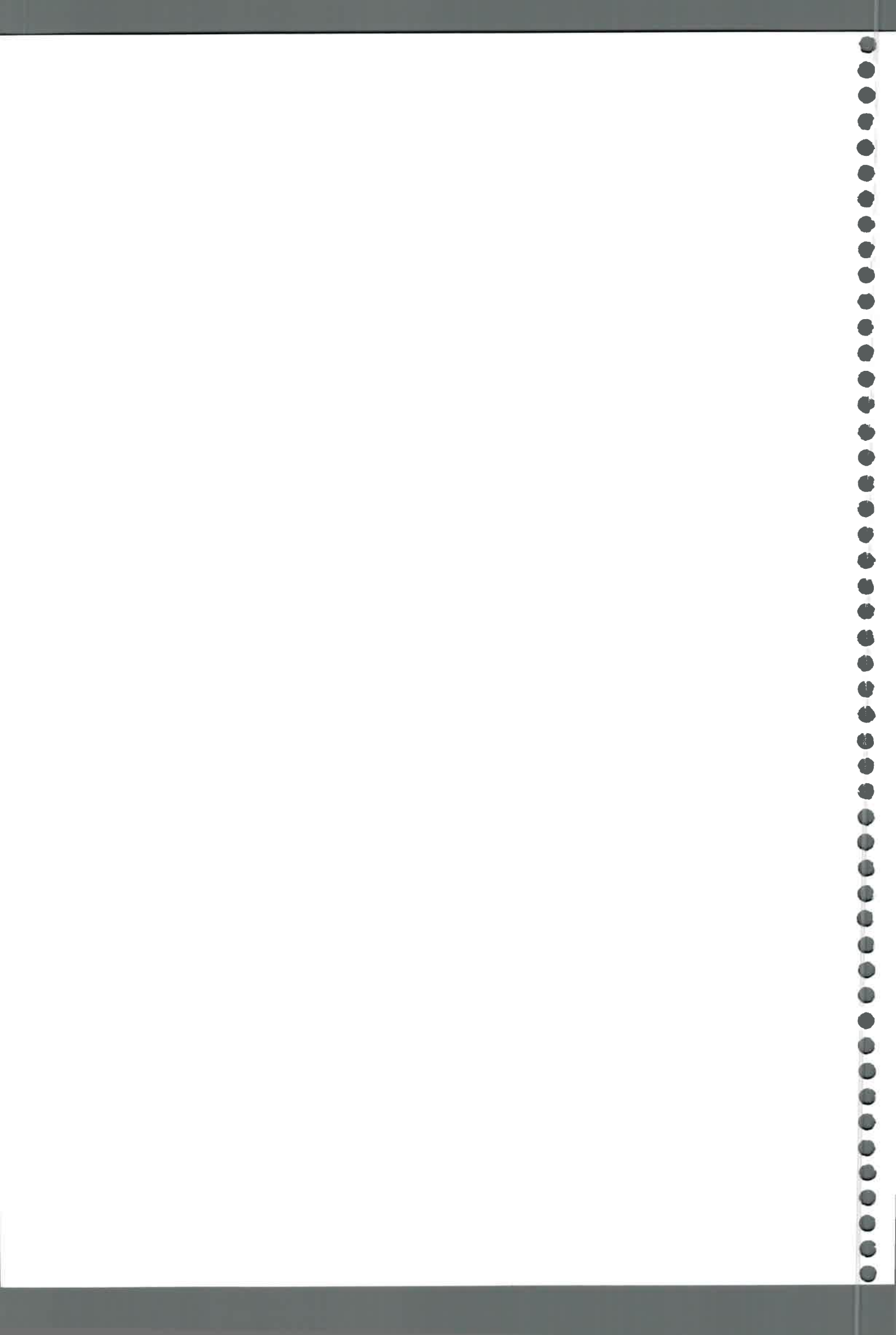


Tabla 4.7.2. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,91	0,11	0,80	1,04	1,33	0,62
SD/SF/SP	0,91	1,50	4,63	1,11	0,90	0,78
SD/CF/CP	2,20	27,00	9,03	1,08	0,86	0,79
SD/SF/CP	3,14	1,57	4,08	1,07	0,75	1,28
LR/CF/SP	1,05	0,36	1,94	1,24	0,70	0,79
LR/SF/SP	2,01	1,50	1,14	1,11	1,01	0,82
LR/CF/CP	1,24	3,92	10,54	1,08	0,86	0,75
LR/SF/CP	1,10	1,00	3,15	1,21	0,91	0,60
LC/CF/SP	2,13	5,60	5,50	0,94	0,98	1,14
LC/SF/SP	1,15	1,17	4,04	1,10	0,84	0,93
LC/CF/CP	1,50	4,75	7,44	1,15	0,83	0,80
LC/SF/CP	1,87	0,50	0,79	0,96	0,93	1,43

La arena muy fina muestra enriquecimiento en todos los tratamientos a excepción de la LC/CF/SP y LC/SF/CP, mientras que la fracción limo en la SD/CF/SP y LR/SF/SP, y la arcilla en la SD/SF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP (Figura 4.7.2.).

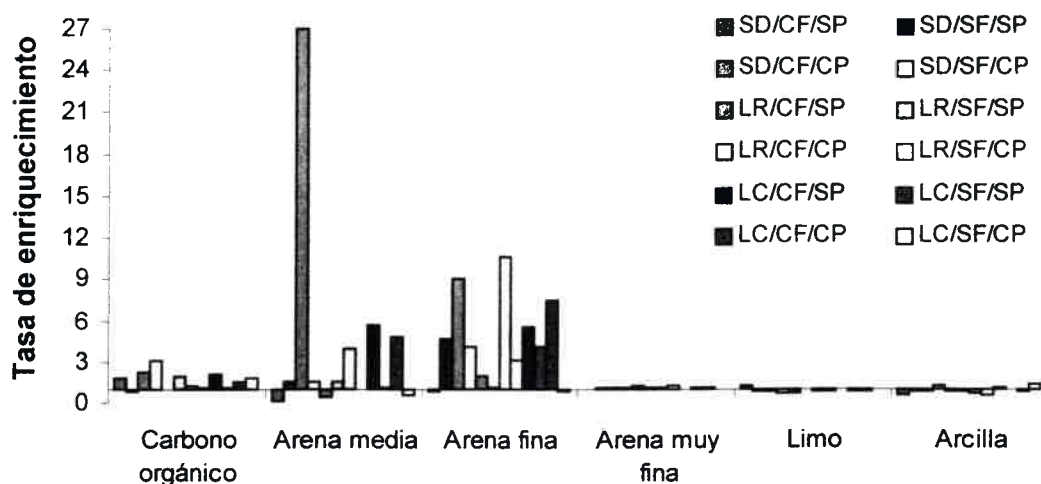


Figura 4.7.2. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.



✓ **Tercer evento**

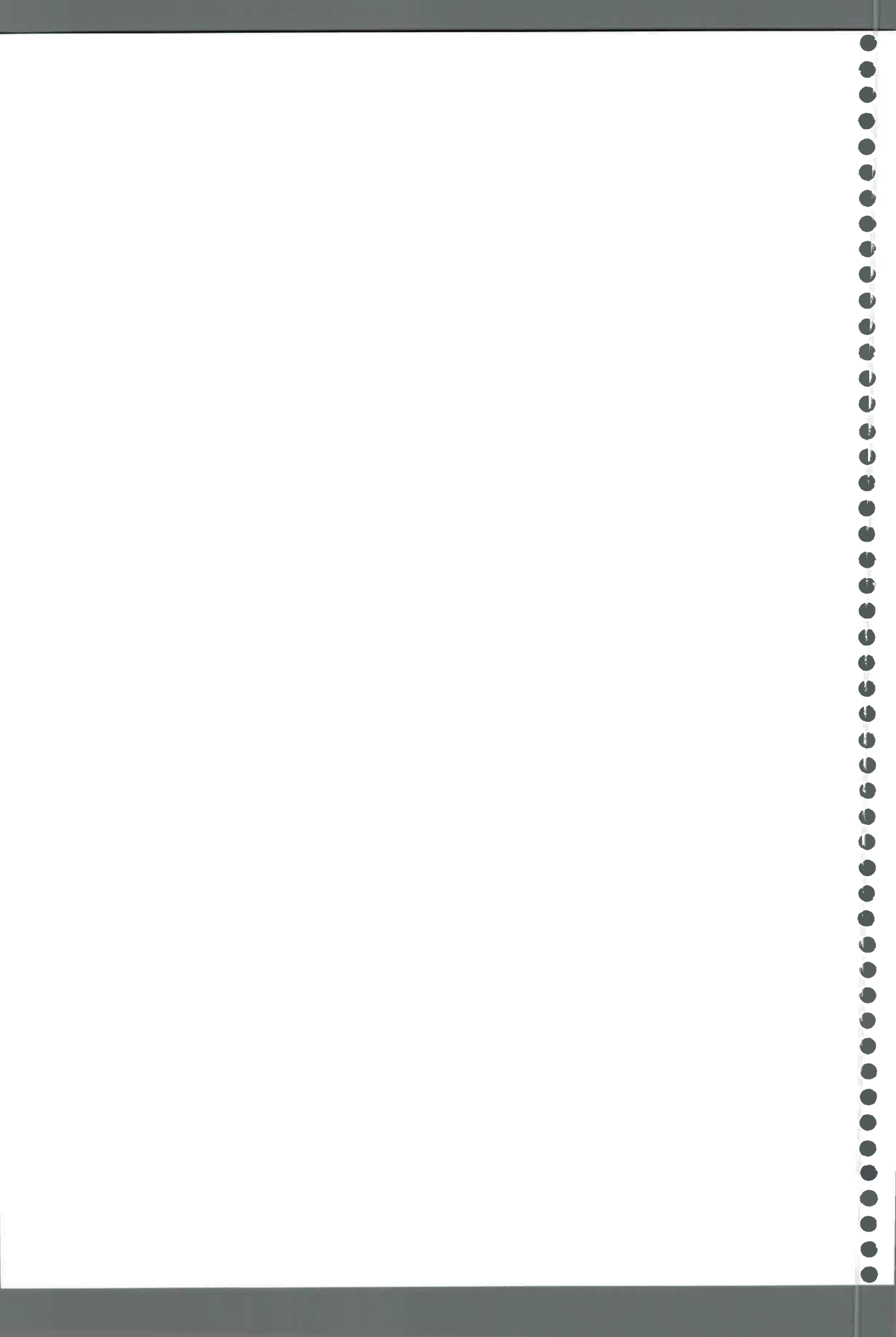
En la Tabla 4.7.3. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.3. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,35	0,01	0,01	1,05	1,28	0,54
SD/SF/SP	1,24	0,83	1,20	1,14	0,90	0,78
SD/CF/CP	1,42	4,40	6,90	1,10	0,89	0,75
SD/SF/CP	2,37	0,86	0,77	1,06	0,88	1,10
LR/CF/SP	1,43	0,09	0,06	1,10	0,98	0,56
LR/SF/SP	1,09	0,23	1,23	1,00	1,43	0,64
LR/CF/CP	1,57	0,69	8,12	1,01	1,00	0,86
LR/SF/CP	1,71	1,00	1,74	1,22	0,94	0,54
LC/CF/SP	3,07	1,40	7,92	0,84	1,04	1,26
LC/SF/SP	1,75	0,83	0,81	1,38	0,77	0,57
LC/CF/CP	1,22	0,75	4,94	1,29	0,69	0,75
LC/SF/CP	1,49	0,83	1,64	1,04	0,81	1,31

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos, la arena media en la SD/CF/CP y LC/SF/CP; la arena fina en la SD/SF/SP, SD/CF/CP, LR sin fertilización, LR/CF/CP, LC con fertilización y la LC/SF/CP (Figura 4.7.3.).

La arena muy fina presenta una tasa de enriquecimiento en todos los tratamientos a excepción de la LR/SF/SP y LC/CF/SP mientras que el limo en la SD/CF/SP, LR/SF/SP y LC/CF/SP, y la arcilla en la SD/SF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP (Tabla 4.7.3.).



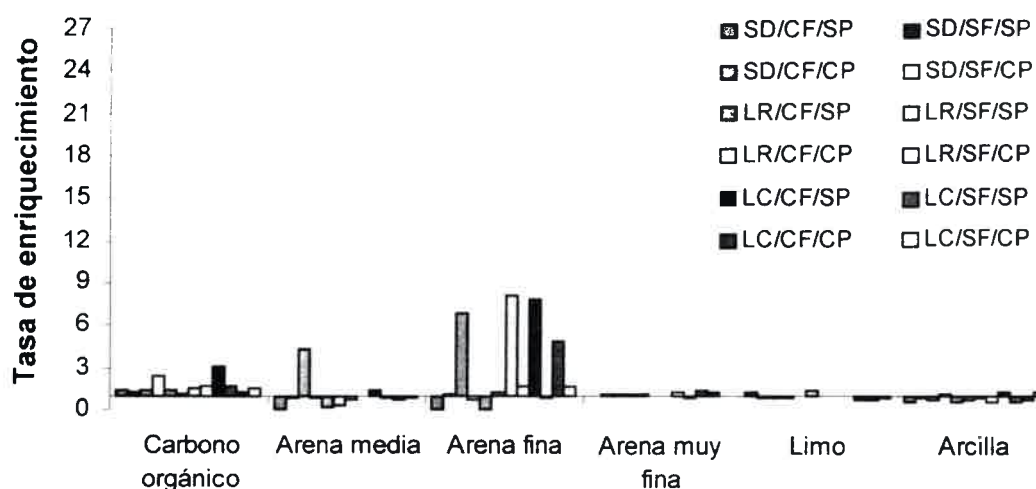


Figura 4.7.3. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.7.4. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.4. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	2,37	0,11	0,52	1,29	0,85	0,55
SD/SF/SP	1,28	1,17	1,39	1,23	0,78	0,78
SD/CF/CP	1,51	6,40	8,83	1,33	0,55	0,69
SD/SF/CP	1,66	0,86	1,21	1,08	0,84	1,06
LR/CF/SP	1,22	0,64	2,00	1,21	0,84	0,69
LR/SF/SP	1,78	0,32	1,77	1,02	1,17	0,83
LR/CF/CP	1,52	0,17	3,00	0,75	1,35	1,16
LR/SF/CP	1,31	1,13	1,89	1,33	0,82	0,44
LC/CF/SP	1,33	1,40	1,35	0,88	1,05	1,22
LC/SF/SP	1,75	1,17	0,77	1,29	0,76	0,79
LC/CF/CP	1,28	7,00	1,65	1,37	0,69	0,60
LC/SF/CP	1,48	8,17	2,68	0,79	0,88	2,25



Los sedimentos producidos en el cuarto evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la pendiente, de arena media en la SD/SF/SP, SD/CF/CP, LR/SF/CP y en los tratamientos de labranza convencional y de arena fina en todos los tratamientos a excepción de la SD/CF/SP y LC/SF/SP (Tabla 4.7.4.). La arena muy fina muestra enriquecimiento en todas las secciones de la pendiente excepto en la LR/CF/CP, LC/CF/SP, LC/SF/CP (Figura 4.7.4.), mientras que el limo en la LR/SF/SP, LR/CF/CP y LC/CF/SP y la arcilla en la SD/SF/CP, LR/CF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP.

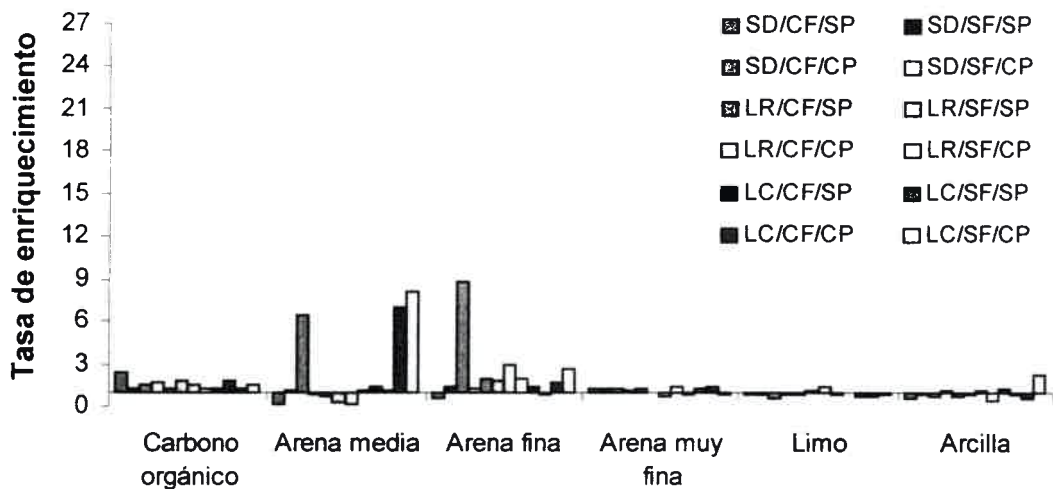


Figura 4.7.4. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 2000-2001

En la Tabla 4.7.5. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Los sedimentos producidos presentan una tasa de enriquecimiento en el ciclo de carbono orgánico en todos los tratamientos de la pendiente; arena media en la SD/SF/SP, SD/CF/CP destacándose en este último el elevado incremento (11,60), LR/SF/SP, LR/CF/CP, LC/CF/SP y las LC con pastoreo; y de arena fina en todos los tratamientos excepto en la SD/CF/SP (Figura 4.7.5.).

Tabla 4.7.5. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,75	0,09	0,58	1,12	1,17	0,58
SD/SF/SP	1,16	1,50	2,34	1,13	0,88	0,82
SD/CF/CP	1,54	11,60	8,73	1,15	0,79	0,75
SD/SF/CP	2,17	0,86	1,77	1,05	0,85	1,17
LR/CF/SP	1,09	0,36	2,33	1,17	0,87	0,69
LR/SF/SP	1,55	1,27	1,91	1,01	1,28	0,77
LR/CF/CP	1,27	1,83	8,15	0,96	1,05	0,90
LR/SF/CP	1,28	1,00	2,04	1,23	0,92	0,55
LC/CF/SP	1,93	2,80	5,27	0,91	1,05	1,10
LC/SF/SP	1,38	1,00	1,79	1,22	0,84	0,76
LC/CF/CP	1,26	3,75	5,53	1,21	0,79	0,76
LC/SF/CP	1,53	2,67	1,79	0,94	0,90	1,52

La arena muy fina muestra un incremento en todos los tratamientos menos en la LR/CF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP, mientras que el limo en la SD/CF/SP, LR/SF/SP, LR/CF/CP y LC/CF/SP, y la arcilla en la SD/SF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP (Tabla 4.7.5.).

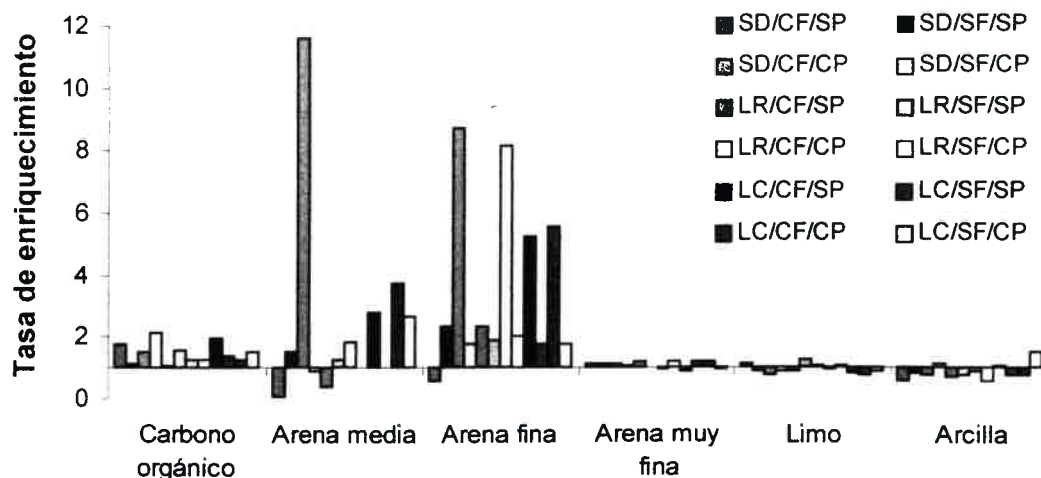
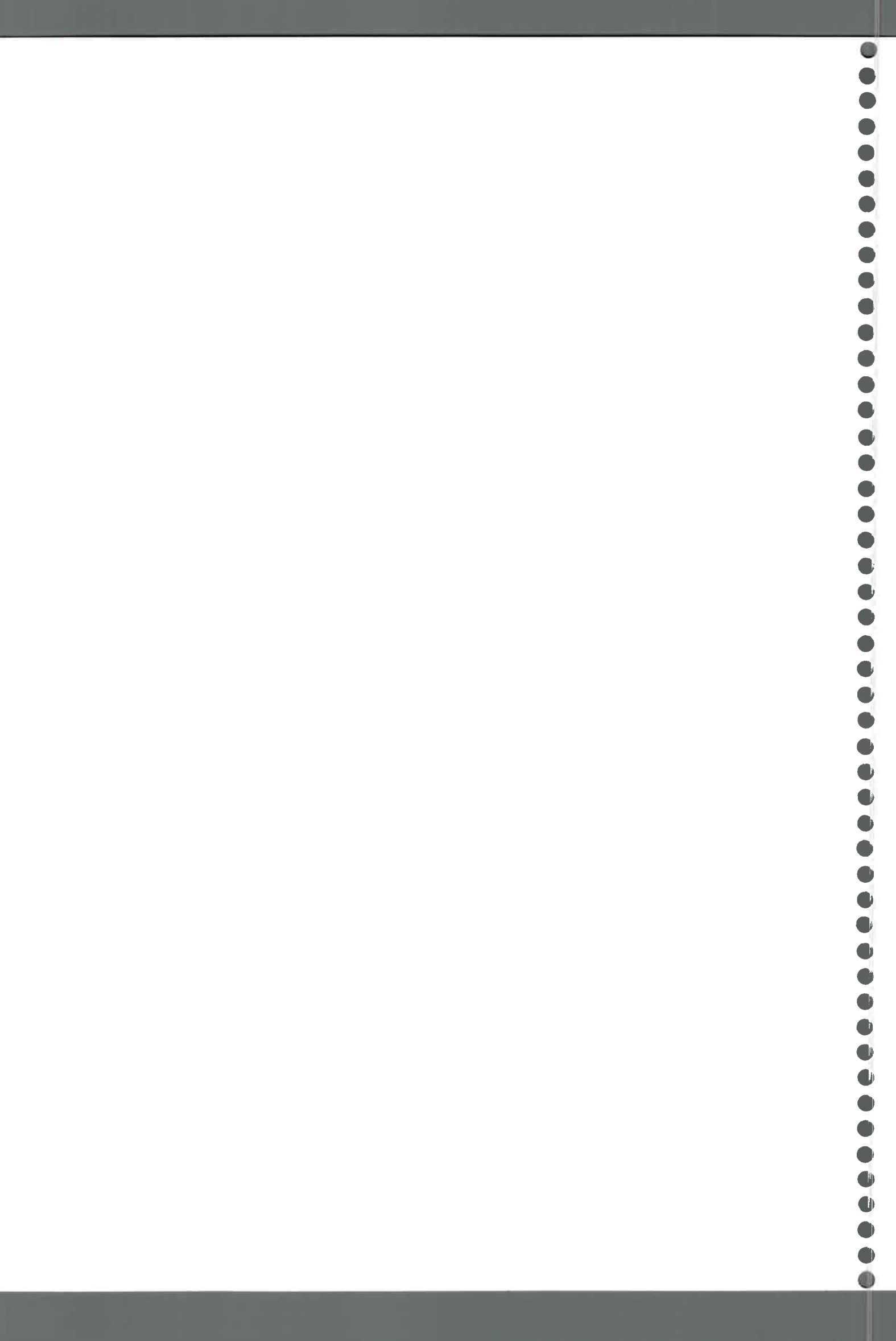


Figura 4.7.5. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 2000-2001 en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.



4.7.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.7.6. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.6. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	5,45	0,02	0,46	0,81	1,35	1,16
SD/SF/SP	1,31	0,50	2,15	1,23	0,84	0,64
SD/CF/CP	1,47	1,00	1,13	1,22	0,84	0,62
SD/SF/CP	1,26	1,71	1,87	1,06	0,89	0,98
LR/CF/SP	3,02	1,00	12,28	0,98	0,83	1,21
LR/SF/SP	0,97	0,68	1,74	1,24	0,93	0,48
LR/CF/CP	0,99	0,22	1,88	1,23	0,81	0,59
LR/SF/CP	0,47	1,00	2,15	1,44	0,71	0,34
LC/CF/SP	3,92	1,60	2,38	1,29	0,65	0,86
LC/SF/SP	1,12	0,83	1,51	1,58	0,45	1,27
LC/CF/CP	0,56	1,50	0,85	1,48	0,61	0,50
LC/SF/CP	0,52	0,67	0,57	1,30	0,58	0,73

Los sedimentos producidos en el primer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la siembra directa, la LR/CF/SP, y las LC sin pastoreo, donde se observa un alto incremento en la SD/CF/SP, LR/CF/SP y LC/CF/SP (Figura 4.7.6.). La arena media presenta enriquecimiento en la SD/SF/CP y en la LC con fertilización y la arena fina en todos los tratamientos excepto en la SD/CF/SP, y en la LC con pastoreo siendo relevante el incremento del contenido en la LR/CF/SP (12,28). La arena muy fina manifiesta enriquecimiento en la SD/SF/SP, SD con pastoreo, LR/SF/SP, LR con pastoreo, y en todos los tratamientos de la LC,



mientras que el limo en la SD/CF/SP, y la arcilla en la SD/CF/SP, LR/CF/SP y la LC/SF/SP (Tabla 4.7.6.).

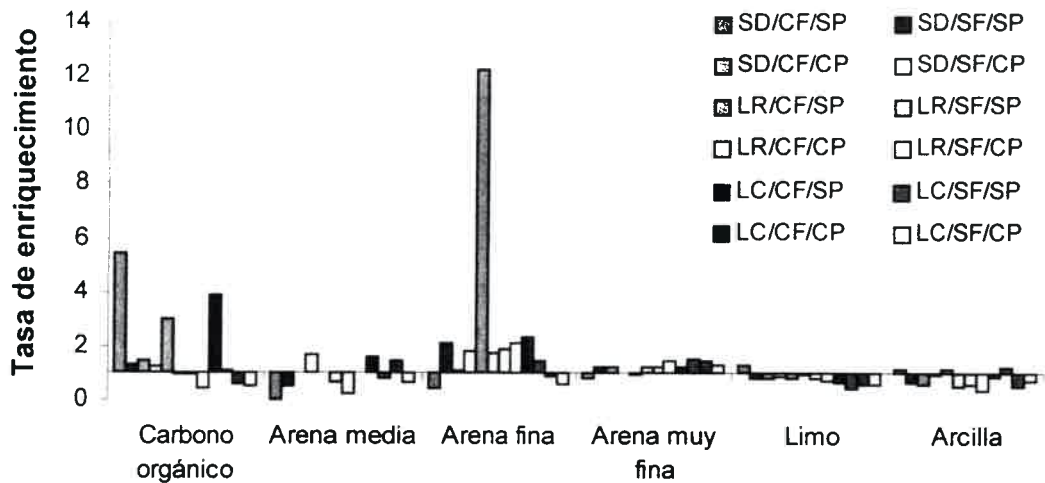


Figura 4.7.6. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.7.7. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.7. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	4,00	0,01	0,01	1,03	1,47	0,51
SD/SF/SP	2,60	0,50	0,44	1,08	1,05	0,72
SD/CF/CP	1,84	0,40	0,57	1,36	0,64	0,57
SD/SF/CP	1,94	0,86	0,64	1,27	0,63	0,82
LR/CF/SP	2,51	0,18	1,11	1,29	0,79	0,59
LR/SF/SP	1,75	0,14	0,40	1,12	1,24	0,53
LR/CF/CP	1,70	0,14	2,85	1,47	0,46	0,43
LR/SF/CP	1,06	0,88	3,48	1,51	0,56	0,34
LC/CF/SP	2,31	0,40	0,54	0,96	1,09	0,94
LC/SF/SP	1,59	0,50	0,36	1,40	0,73	0,63
LC/CF/CP	1,19	4,25	1,47	1,45	0,62	0,53
LC/SF/CP	1,23	0,50	1,28	1,18	0,68	1,00



Los sedimentos producidos en el segundo evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos; arena media en la LC/CF/CP con un elevado incremento (4,25), arena fina en la LR/CF/SP, LR con pastoreo y LC con pastoreo (Tabla 4.7.7.); arena muy fina en todos los tratamientos a excepción de la LC/CF/SP, mientras que el limo muestra incremento en la SD sin pastoreo, LR/SF/SP y LC/CF/SP (Figura 4.7.7.).

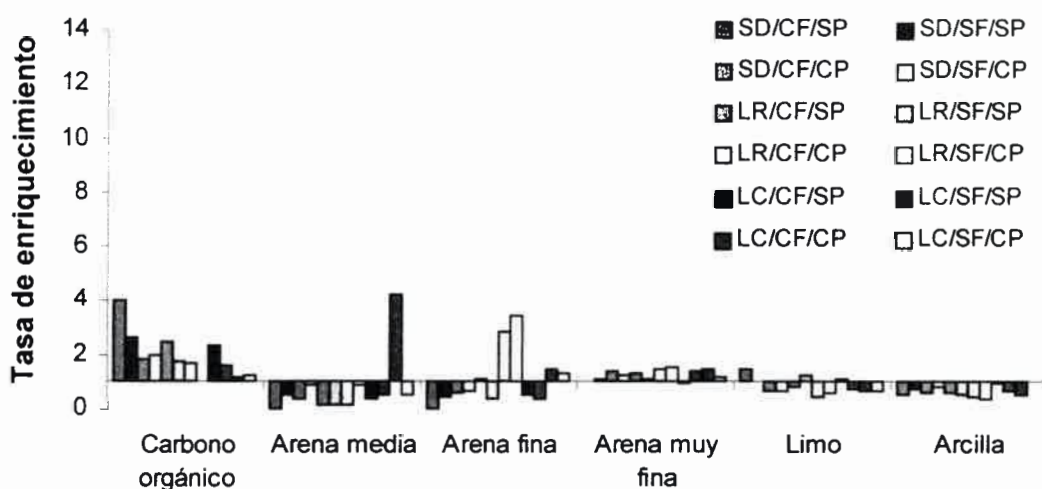


Figura 4.7.7. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Tercer evento

En la Tabla 4.7.8. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la SD y LR, y en LC sin fertilización, siendo relevante el incremento en la SD con fertilización (Figura 4.7.8.); de arena media en la LR/SF/CP y LC con pastoreo; arena fina en la LR/CF/SP, LR con pastoreo, LC/SF/SP, LC con pastoreo; arena muy fina en todos los tratamientos de LR, LC/SF/SP y LC con pastoreo; mientras que el limo en la SD con fertilización, SD/SF/SP, LR/SF/SP y LC/CF/SP, y la arcilla en la SD/SF/SP, SD con pastoreo, LC/CF/SP y LC/SF/CP (Tabla 4.7.8.).

Tabla 4.7.8. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	7,61	0,01	0,01	0,83	1,42	0,78
SD/SF/SP	1,68	0,33	0,27	0,87	1,01	1,15
SD/CF/CP	7,08	1,00	0,87	0,87	1,09	1,09
SD/SF/CP	5,28	0,86	0,92	0,89	0,98	1,60
LR/CF/SP	2,14	0,45	1,78	1,25	0,75	0,75
LR/SF/SP	1,15	0,23	0,67	1,07	1,17	0,74
LR/CF/CP	1,54	0,14	1,19	1,09	0,94	0,82
LR/SF/CP	1,68	1,25	3,56	1,42	0,63	0,46
LC/CF/SP	1,64	0,20	0,54	0,94	1,01	1,15
LC/SF/SP	1,72	0,50	1,32	1,34	0,64	0,90
LC/CF/CP	0,49	2,00	2,15	1,53	0,51	0,52
LC/SF/CP	0,89	2,83	2,53	1,05	0,80	1,23

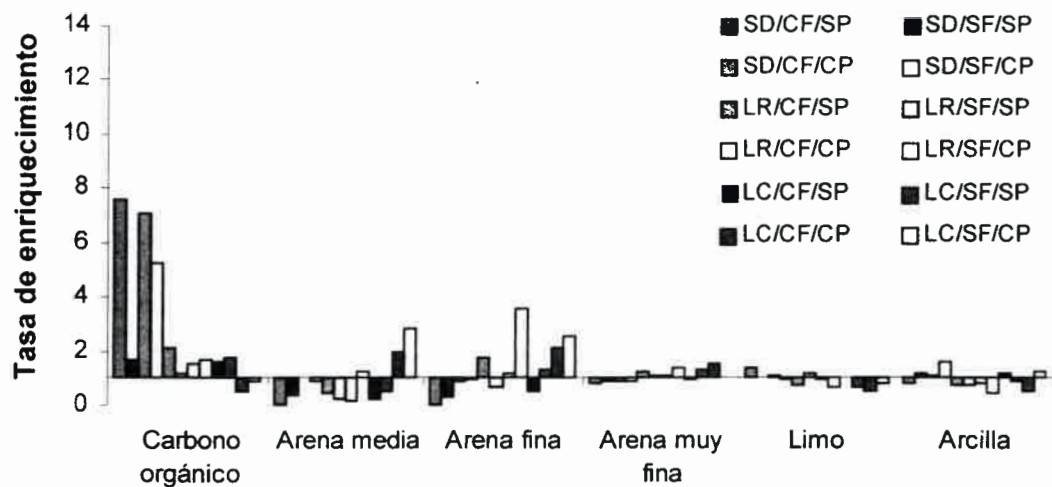


Figura 4.7.8. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.7.9. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

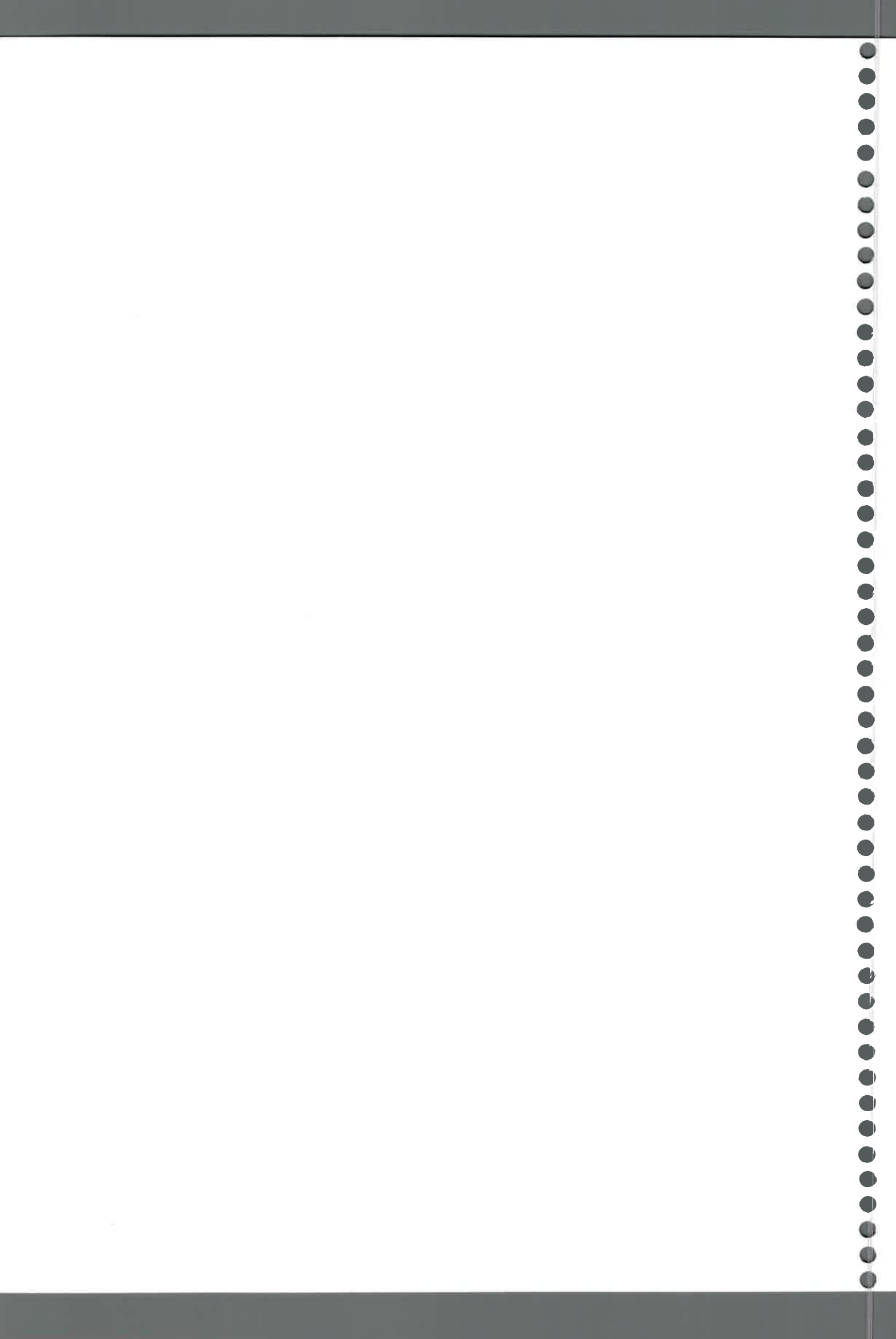


Tabla 4.7.9. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	2,17	0,15	0,76	0,97	1,28	0,84
SD/SF/SP	1,74	0,83	3,34	1,29	0,65	0,79
SD/CF/CP	1,12	1,20	1,77	1,24	0,71	0,80
SD/SF/CP	0,88	0,57	0,97	1,24	0,57	1,08
LR/CF/SP	1,69	0,18	2,83	1,33	0,63	0,70
LR/SF/SP	1,51	0,09	0,49	0,79	1,46	1,20
LR/CF/CP	0,94	0,06	1,88	1,04	0,83	1,16
LR/SF/CP	0,76	2,13	3,63	1,09	0,98	0,77
LC/CF/SP	2,87	0,40	1,19	1,13	0,78	1,08
LC/SF/SP	1,72	0,50	0,25	1,05	0,79	1,32
LC/CF/CP	1,22	0,75	0,29	0,94	0,79	1,45
LC/SF/CP	1,72	0,67	1,06	1,00	0,74	1,73

Los sedimentos producidos en el cuarto evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en la SD sin pastoreo, SD/CF/CP, LR sin pastoreo, y en todos los tratamientos de la LC (Tabla 4.7.9.); de arena media en la SD/CF/CP y LR/SF/CP; y de arena fina en la SD/SF/SP, SD/CF/CP, LR/CF/SP, LR con pastoreo, LC/CF/SP y LC/SF/CP (Figura 4.7.9.).

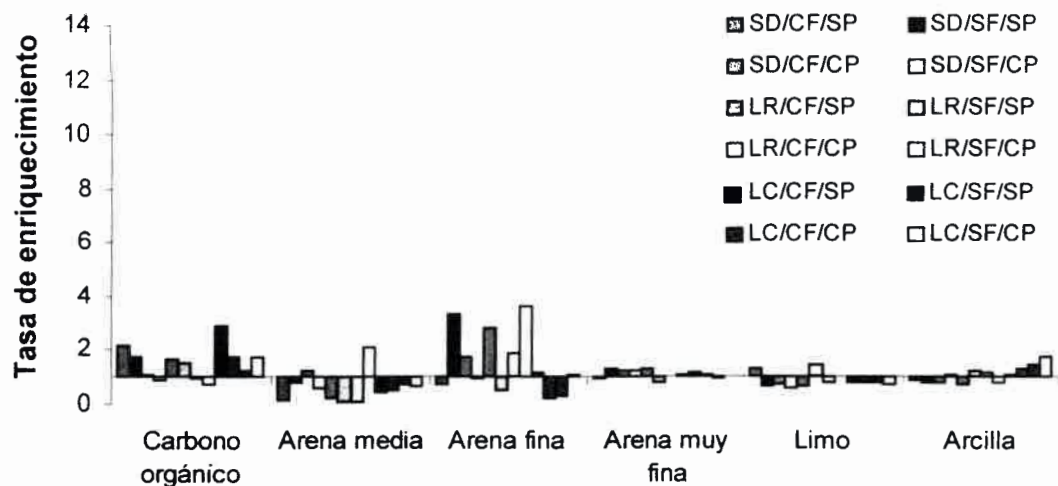


Figura 4.7.9. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

En el cuarto evento se observa enriquecimiento de arena muy fina en SD/SF/SP, SD con pastoreo, LR/CF/SP, LR con pastoreo, LC sin pastoreo, mientras que el limo en la SD/CF/SP y LR/SF/SP y la arcilla en la SD/CF/SP, LR/SF/SP, LR/CF/CP y en todos los tratamientos de la LC. (Figura 4.7.9.).

Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 2001-2002

En la Tabla 4.7.10. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.10. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	4,81	0,05	0,31	0,91	1,36	0,82
SD/SF/SP	1,84	0,50	1,54	1,12	0,89	0,82
SD/CF/CP	2,88	0,80	1,10	1,17	0,82	0,77
SD/SF/CP	2,34	1,00	1,10	1,11	0,77	1,12
LR/CF/SP	2,34	0,45	4,50	1,21	0,75	0,81
LR/SF/SP	1,35	0,27	0,84	1,06	1,20	0,74
LR/CF/CP	1,30	0,14	1,96	1,21	0,76	0,75
LR/SF/CP	0,99	1,25	3,19	1,37	0,72	0,52
LC/CF/SP	2,69	0,60	1,15	1,08	0,88	1,01
LC/SF/SP	1,54	0,67	0,87	1,34	0,59	1,03
LC/CF/CP	0,86	2,00	1,21	1,35	0,71	0,75
LC/SF/CP	1,09	1,17	1,36	1,13	0,70	1,17

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en el ciclo presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la pendiente excepto en la LR/SF/CP y LC/CF/CP; arena media en la LR/SF/CP y la LC con pastoreo; arena fina en todos los tratamientos excepto en la SD/CF/SP, LR/SF/SP y LC/SF/SP (Figura 4.7.10.); arena muy

fina en todos los tratamientos menos en la SD/CF/SP; mientras que el limo muestra incremento en la SD/CF/SP y LR/SF/SP, y la arcilla en la SD/SF/CP, LC sin pastoreo y LC/SF/CP (Tabla 4.7.10.).

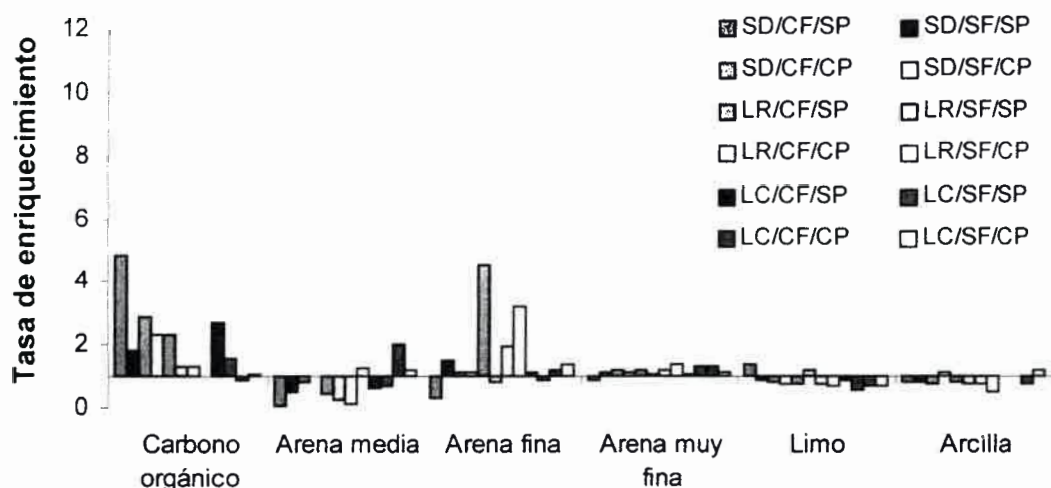


Figura 4.7.10. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 2001-2002 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.7.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.7.11. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Los sedimentos del primer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la siembra directa, labranza reducida y labranza convencional sin pastoreo (Figura 4.7.11.); arena fina en la LR con pastoreo; arena muy fina todos los tratamientos excepto en la SD/CF/SP, SD/SF/CP y LR/CF/CP; limo en la SD/CF/SP y LR/CF/CP; y arcilla en la SD/CF/SP, LR con fertilización y LC/SF/CP (Tabla 4.7.11.).

Tabla 4.7.11. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	4,41	0,02	0,10	0,99	1,12	0,99
SD/SF/SP	1,36	0,33	0,54	1,34	0,63	0,76
SD/CF/CP	1,55	0,40	0,87	1,32	0,66	0,66
SD/SF/CP	1,14	0,29	0,56	0,89	0,99	1,53
LR/CF/SP	2,46	0,18	0,61	1,02	0,86	1,18
LR/SF/SP	1,57	0,09	0,23	1,25	0,78	0,63
LR/CF/CP	1,07	0,06	1,38	0,82	1,16	1,29
LR/SF/CP	1,05	0,50	1,15	1,16	0,91	0,75
LC/CF/SP	1,43	0,40	0,35	1,06	0,93	0,98
LC/SF/SP	1,53	0,33	0,26	1,60	0,45	0,71
LC/CF/CP	0,57	0,50	0,35	1,43	0,65	0,55
LC/SF/CP	0,73	0,50	0,57	1,15	0,69	1,15

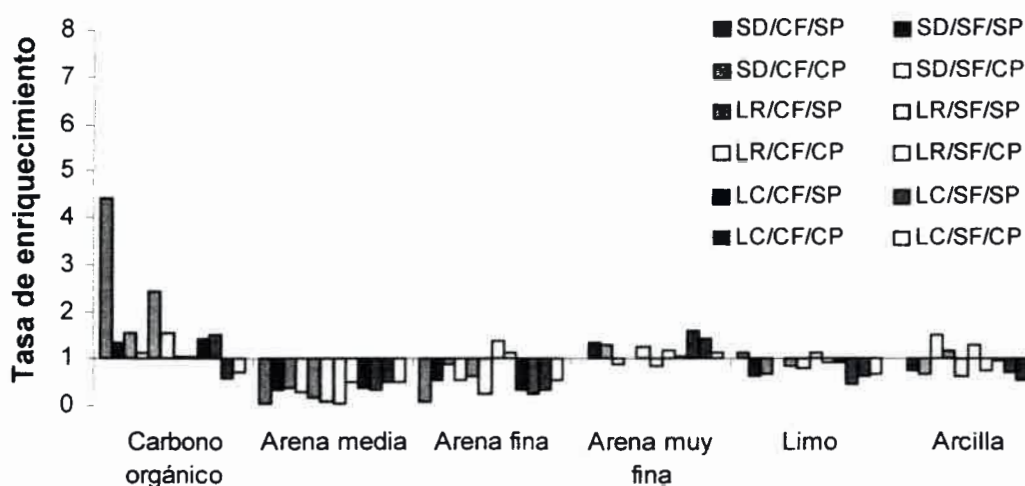


Figura 4.7.11. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.7.12. y en la Figura 4.7.12. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.



Tabla 4.7.12. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	2,57	0,02	0,16	1,23	0,92	0,63
SD/SF/SP	1,20	0,33	0,56	1,34	0,64	0,74
SD/CF/CP	3,53	0,60	0,30	1,07	0,79	1,20
SD/SF/CP	3,81	0,29	0,31	1,03	0,70	1,70
LR/CF/SP	1,41	0,27	1,89	1,38	0,60	0,64
LR/SF/SP	1,87	0,09	0,58	1,16	0,98	0,69
LR/CF/CP	3,80	0,06	0,31	0,66	1,34	1,50
LR/SF/CP	1,22	0,25	0,74	1,42	0,55	0,62
LC/CF/SP	0,92	0,40	0,27	1,50	0,43	0,72
LC/SF/SP	2,31	0,33	0,30	1,80	0,34	0,44
LC/CF/CP	1,06	1,00	1,41	0,65	1,30	1,35
LC/SF/CP	3,11	0,83	1,13	1,09	0,75	1,23

En el segundo evento los sedimentos presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos a excepción de LC/CF/SP; arena fina en la LR/CF/SP y LC con pastoreo (Tabla 4.7.12.); arena muy fina en todos los tratamientos menos en la LR/CF/CP y LC/CF/CP; limo en la LR/CF/CP y LC/CF/CP, y arcilla en la SD con pastoreo; LR/CF/CP y LC con pastoreo (Figura 4.7.12.).

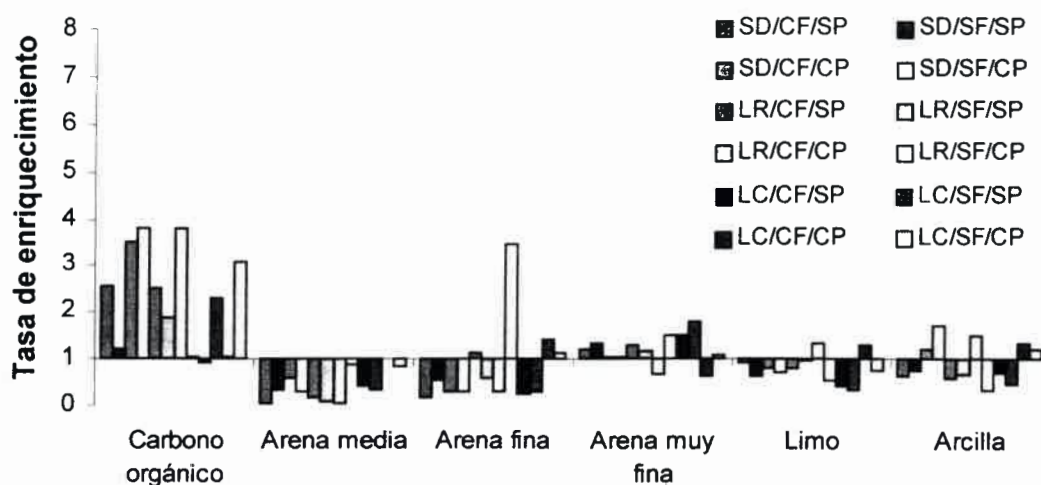


Figura 4.7.12. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

✓ **Tercer evento**

En la Tabla 4.7.13. y en la Figura 4.7.13. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.13. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	1,93	0,02	0,10	1,12	1,13	0,68
SD/SF/SP	1,90	0,33	0,56	1,17	0,82	0,89
SD/CF/CP	0,99	0,60	0,83	1,22	0,84	0,61
SD/SF/CP	1,61	0,43	0,59	1,18	0,74	0,90
LR/CF/SP	1,17	0,18	0,56	0,87	1,12	1,15
LR/SF/SP	1,63	0,09	2,42	0,96	1,27	0,91
LR/CF/CP	0,87	0,08	0,81	1,04	0,99	0,88
LR/SF/CP	2,55	0,25	1,26	1,25	0,89	0,55
LC/CF/SP	0,99	0,40	0,73	1,13	0,81	1,03
LC/SF/SP	1,10	0,67	0,49	1,48	0,59	0,69
LC/CF/CP	1,50	0,50	1,53	1,25	0,71	0,86
LC/SF/CP	1,73	0,67	1,91	0,98	0,89	1,38

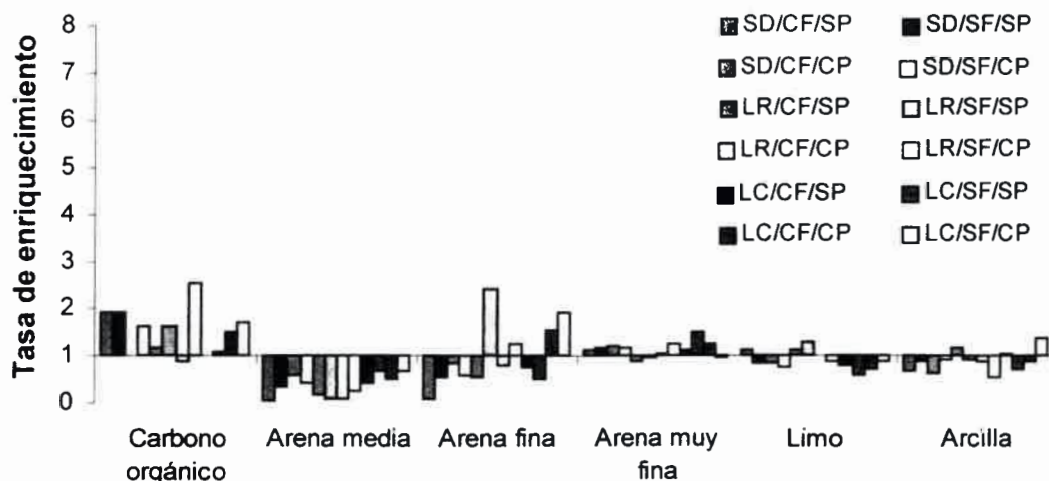


Figura 4.7.13. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos a excepción de la SD/CF/CP, LR/CF/CP y LC/CF/SP (Figura 4.7.13.); arena fina en la LR sin fertilización y LC con pastoreo; arena muy fina en todos los tratamientos de SD, LR con pastoreo, LC sin pastoreo y LC/CF/CP; limo en la SD/CF/SP y LR sin pastoreo, y la arcilla en la LR/CF/SP, LC/CF/SP y LC/SF/CP (Tabla 4.7.13.).

✓ Cuarto evento

En la Tabla 4.7.14. y en la Figura 4.7.14. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.14. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	2,45	0,04	0,15	0,93	1,41	0,84
SD/SF/SP	1,47	0,50	0,34	1,01	1,01	0,97
SD/CF/CP	3,60	0,60	0,77	1,08	0,88	0,98
SD/SF/CP	1,21	0,57	0,18	1,13	0,74	1,14
LR/CF/SP	1,51	1,18	7,11	1,03	0,96	0,93
LR/SF/SP	2,11	1,00	2,21	1,15	1,00	0,66
LR/CF/CP	1,31	0,14	1,04	0,91	1,01	1,24
LR/SF/CP	2,84	0,25	0,89	1,20	0,92	0,64
LC/CF/SP	1,13	1,80	3,62	1,42	0,52	0,72
LC/SF/SP	1,86	1,00	0,51	1,26	0,75	0,89
LC/CF/CP	1,34	0,75	2,03	1,40	0,64	0,63
LC/SF/CP	1,53	0,50	0,75	1,08	0,72	1,43

En el cuarto evento los sedimentos presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todos los tratamientos de la pendiente (Tabla 4.7.14.); arena media en la LR y LC con fertilización y pastoreo; arena

fina en la LR con fertilización, mostrando el tratamiento sin pastoreo (Figura 4.7.14.) un alto incremento (7,11), LR/CF/CP y LC con fertilización; arena muy fina en todos los tratamientos a excepción de la SD/CF/SP y LR/CF/CP; limo en la SD sin pastoreo y LR/CF/CP y la arcilla en la SD/SF/CP, LR/CF/CP y LC/SF/CP.

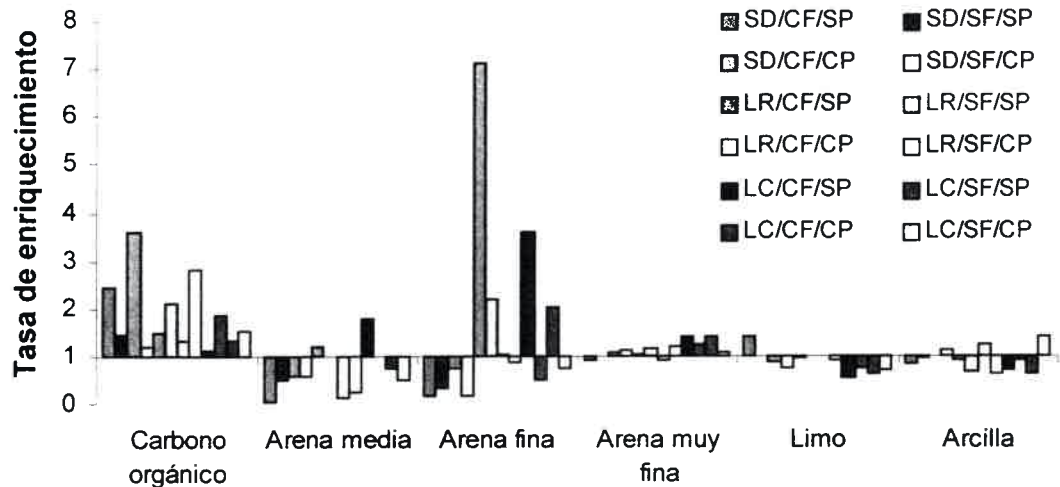


Figura 4.7.14. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 2002-2003

En la Tabla 4.7.15. y en la Figura 4.7.15. se presenta la tasa de enriquecimiento anual de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en el ciclo presentan una tasa de enriquecimiento anual de carbono orgánico en todos los tratamientos de la pendiente (Tabla 4.7.15.); arena fina en la LR sin pastoreo, LC/CF/SP y LC con pastoreo; arena muy fina en todos los tratamientos excepto en la LR/CF/CP; limo en la SD/CF/SP, LR/SF/SP y LR/CF/CP, y la arcilla en la SD/SF/CP, LR/CF/CP y LC/SF/CP (Figura 4.7.15.).

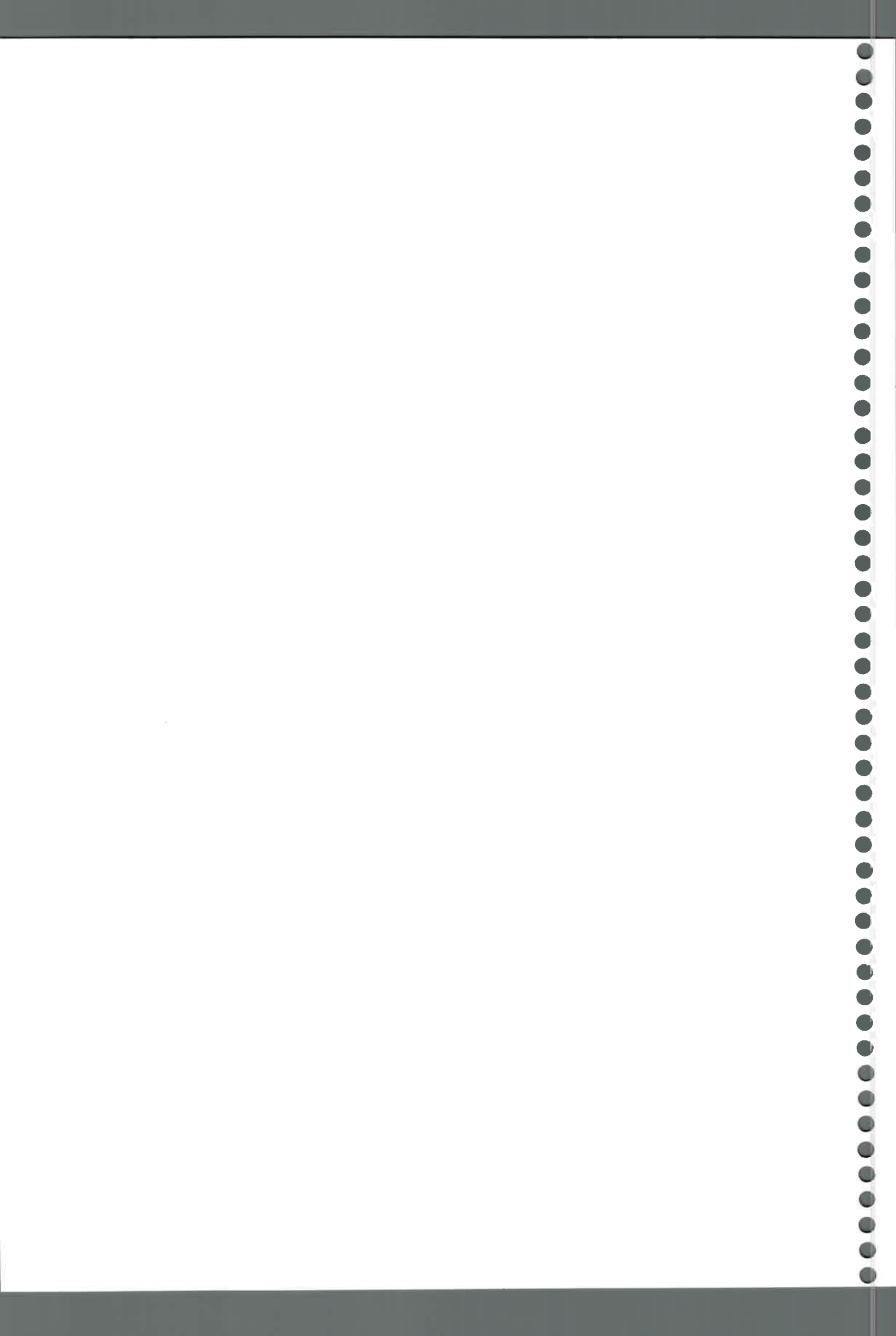


Tabla 4.7.15. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	2,84	0,02	0,13	1,07	1,15	0,78
SD/SF/SP	1,49	0,33	0,51	1,22	0,77	0,84
SD/CF/CP	2,48	0,60	0,70	1,17	0,79	0,86
SD/SF/CP	1,94	0,43	0,41	1,06	0,79	1,32
LR/CF/SP	1,63	0,45	2,56	1,08	0,88	0,92
LR/SF/SP	1,80	0,32	1,35	1,13	1,01	0,72
LR/CF/CP	1,76	0,08	0,88	0,86	1,12	1,20
LR/SF/CP	1,91	0,38	1,00	1,26	0,82	0,64
LC/CF/SP	1,12	0,80	1,23	1,28	0,67	0,86
LC/SF/SP	1,70	0,50	0,40	1,53	0,53	0,68
LC/CF/CP	1,12	0,75	1,32	1,18	0,82	0,85
LC/SF/CP	1,77	0,67	1,09	1,08	0,76	1,30

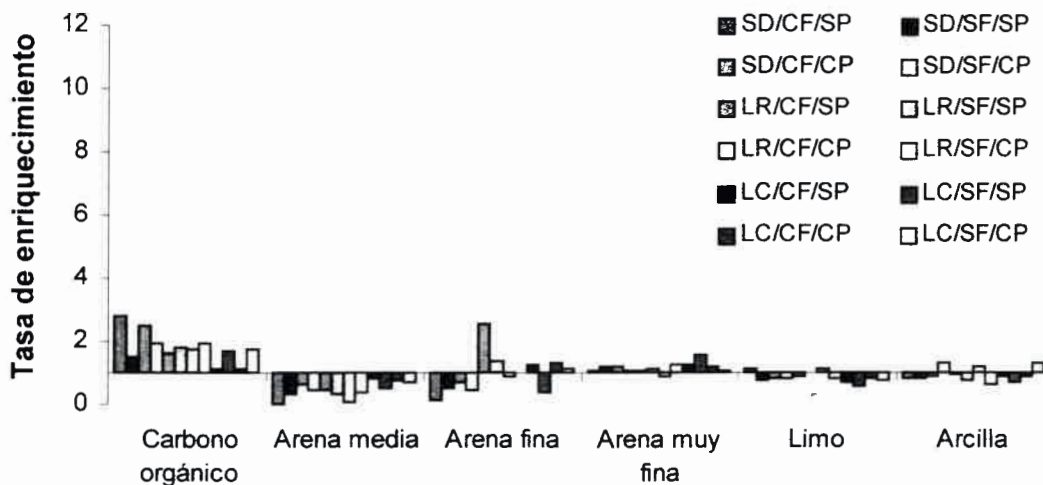


Figura 4.7.15. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el ciclo 2002-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.

4.7.1.4. Evaluación del período 2000-2003

En la Tabla 4.7.16. y en la Figura 4.7.16. se muestra la tasa de enriquecimiento promedio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en los diferentes tratamientos de la pendiente considerando los tres ciclos analizados.

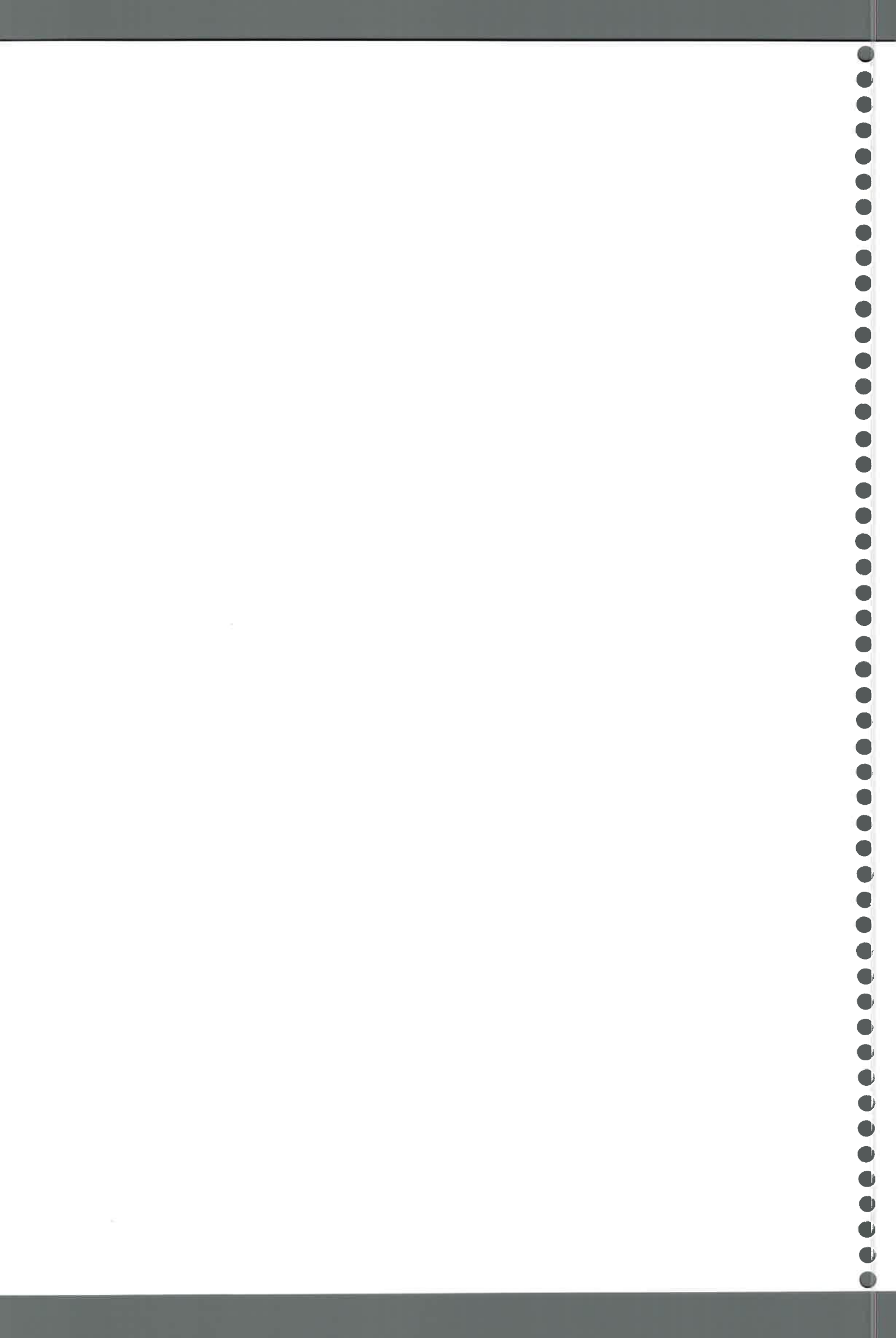


Tabla 4.7.16. Tasa de enriquecimiento promedio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril en el período 2000-2003.

Tratamiento	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
SD/CF/SP	3,13	0,05	0,34	1,03	1,23	0,73
SD/SF/SP	1,50	0,63	1,46	1,16	0,85	0,83
SD/CF/CP	2,30	4,33	3,51	1,16	0,80	0,79
SD/SF/CP	2,15	0,76	1,09	1,07	0,80	1,20
LR/CF/SP	1,69	0,42	3,13	1,15	0,83	0,81
LR/SF/SP	1,57	0,62	1,37	1,07	1,16	0,74
LR/CF/CP	1,44	0,68	3,66	1,01	0,98	0,95
LR/SF/CP	1,39	0,88	2,08	1,29	0,82	0,57
LC/CF/SP	1,91	1,40	2,55	1,09	0,87	0,99
LC/SF/SP	1,54	0,72	1,02	1,36	0,65	0,82
LC/CF/CP	1,08	2,17	2,69	1,25	0,77	0,79
LC/SF/CP	1,46	1,50	1,41	1,05	0,79	1,33

Los sedimentos producidos en el período 2000-2003 presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y arena muy fina en todos los tratamientos de la pendiente (Tabla 4.7.16.), arena media en SD/CF/CP, LC/CF/SP y la LC con pastoreo; arena fina en todos los tratamientos a excepción de la SD/CF/SP; limo en SD/CF/SP y LR/SF/SP y la arcilla en SD/SF/CP y LC/SF/CP (Figura 4.7.16.).

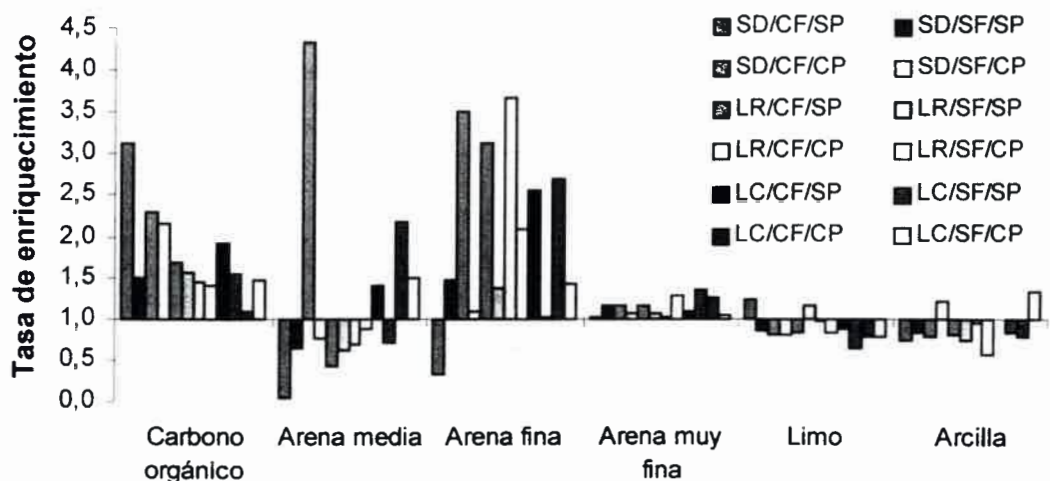


Figura 4.7.16. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el ciclo 2000-2003 en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril.



4.7.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

4.7.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.7.17. y en la Figura 4.7.17. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.7.17. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,12	1,33	1,16	1,08	0,96	0,73
Loma alta	2,08	0,33	0,85	0,97	1,11	0,93
Loma media	2,05	0,67	0,60	1,00	1,02	0,99
Loma baja	1,06	0,40	0,94	1,03	0,96	0,90

Los sedimentos producidos en el primer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todas las secciones, mientras que la arena media (1,33) y fina (1,16) en la loma plana (Figura 4.7.17.).

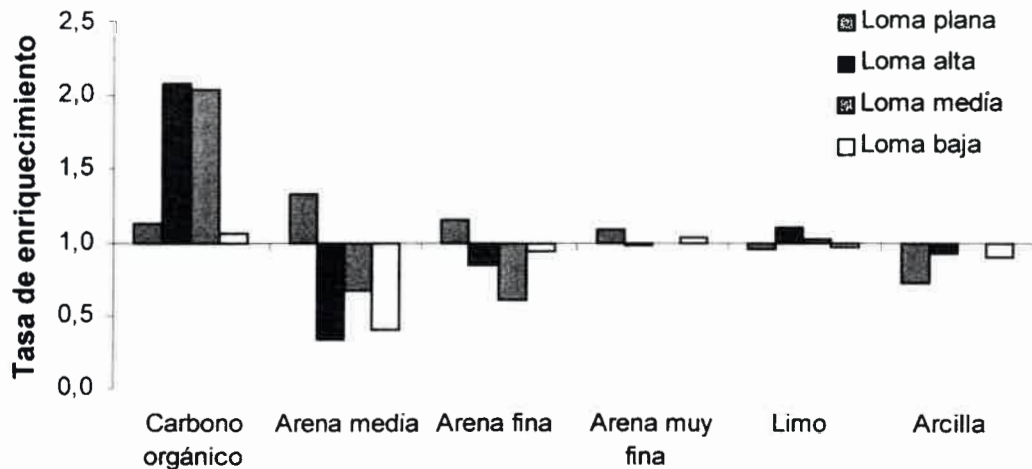


Figura 4.7.17. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

La arena muy fina presenta enriquecimiento en todas las secciones a excepción de la loma alta y el limo en la loma alta y media (Tabla 4.7.17.). Respecto a la arcilla no muestra enriquecimiento (Figura 4.7.17.).

✓ Segundo evento

En la Tabla 4.7.18. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.7.18. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	0,81	0,67	0,88	1,34	0,51	0,54
Loma alta	0,97	0,50	0,85	1,24	0,62	0,63
Loma media	0,71	0,33	0,63	1,35	0,52	0,49
Loma baja	0,95	0,40	0,73	1,21	0,63	0,58

Los sedimentos producidos en el segundo evento presentan una tasa de enriquecimiento de arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.18.), mientras que las demás fracciones y el carbono orgánico no muestran incremento del contenido en los sedimentos (Tabla 4.7.18.).

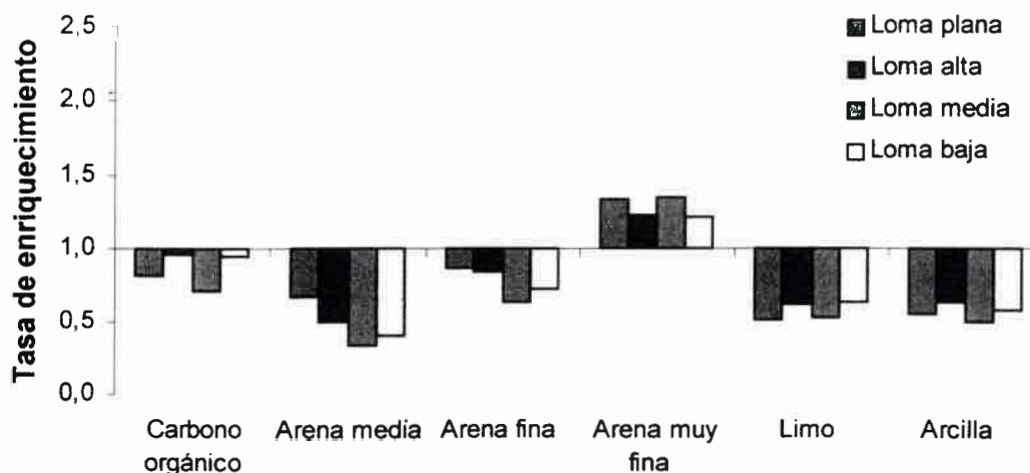


Figura 4.7.18. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ **Tercer evento**

En la Tabla 4.7.19. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.7.19. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,61	1,00	1,91	1,09	0,84	0,88
Loma alta	1,99	0,50	0,73	1,08	0,86	0,90
Loma media	1,60	0,83	0,55	1,10	0,85	0,89
Loma baja	1,23	0,80	1,45	1,08	0,87	0,84

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todas las secciones de la pendiente, mientras que la arena fina en la loma plana (1,91) y baja (1,45) (Figura 4.7.19.). La arena muy fina presenta enriquecimiento en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.19.).

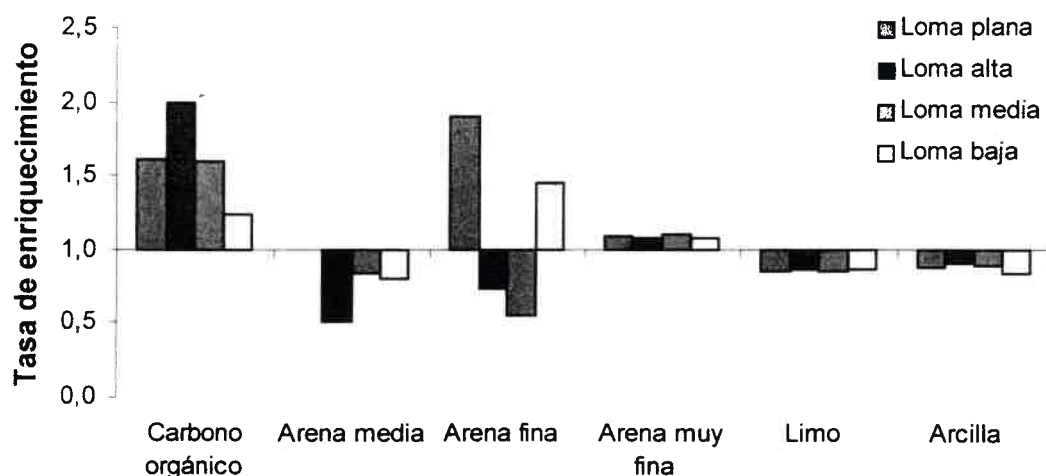


Figura 4.7.19. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ **Cuarto evento**

En la Tabla 4.7.20. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.7.20. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,68	1,33	0,88	1,24	0,65	0,64
Loma alta	1,62	0,50	1,27	1,21	0,65	0,66
Loma media	0,92	0,83	0,85	1,34	0,61	0,38
Loma baja	0,91	0,80	1,18	1,26	0,53	0,50

Los sedimentos producidos en el cuarto evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en la loma plana (1,68) y alta (1,62); arena media en la loma plana (1,33); arena fina en la loma alta (1,27) y baja (1,18), mientras que la arena muy fina muestra enriquecimiento en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.20. y Figura 4.7.20.).

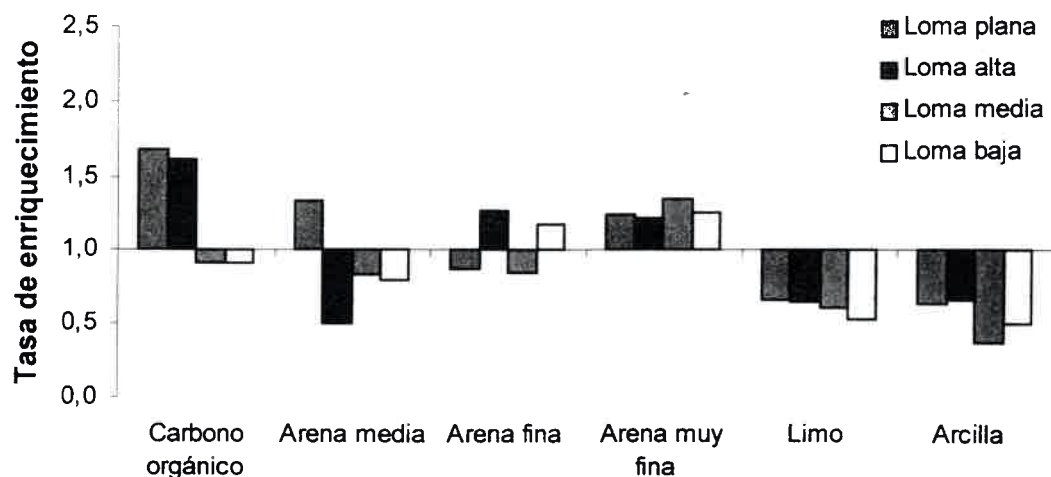


Figura 4.7.20. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 1999-2000

En la Tabla 4.7.21. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 1999-2000.

Tabla 4.7.21. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,31	1,00	1,22	1,19	0,74	0,70
Loma alta	1,67	0,50	0,94	1,13	0,81	0,78
Loma media	1,32	0,67	0,65	1,20	0,75	0,69
Loma baja	1,04	0,60	1,09	1,15	0,75	0,71

La evaluación de los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente presenta una tasa de enriquecimiento en el ciclo de carbono orgánico en todas las secciones de la pendiente, mientras que la arena media en la loma plana y la arena fina en la loma plana y baja (Figura 4.7.21.). La arena muy fina presenta enriquecimiento en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.21.).

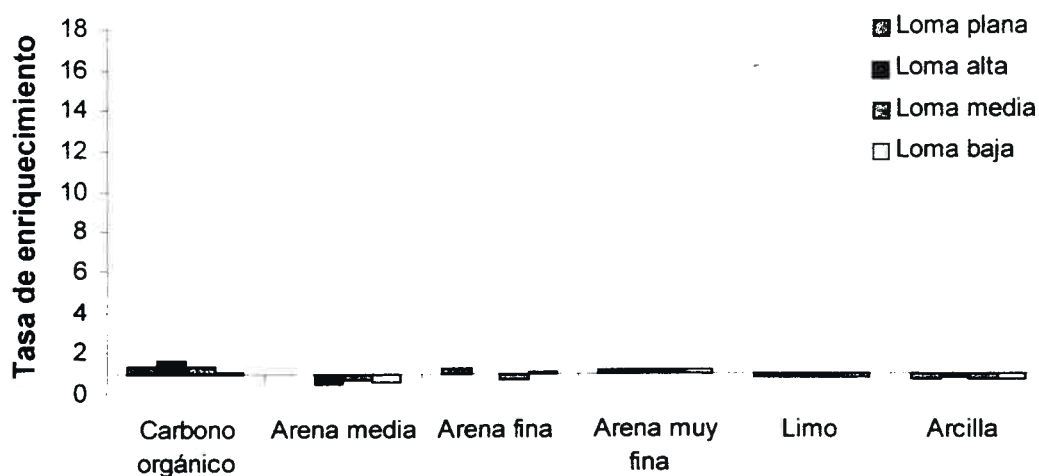


Figura 4.7.21. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 1999-2000 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



4.7.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.7.22. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.22. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,21	2,33	7,06	1,24	0,61	0,61
Loma alta	1,86	4,33	5,15	0,98	1,05	0,90
Loma media	1,03	0,67	2,13	1,07	0,96	0,76
Loma baja	1,05	1,20	3,09	0,92	1,24	0,94

Los sedimentos producidos en el primer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y arena fina en todas las secciones de la pendiente. La arena media presenta enriquecimiento en todas las secciones excepto en la loma media (Figura 4.7.22.). La arena muy fina manifiesta enriquecimiento en la loma plana y media, mientras que el limo en la loma alta y baja (Tabla 4.7.22.).

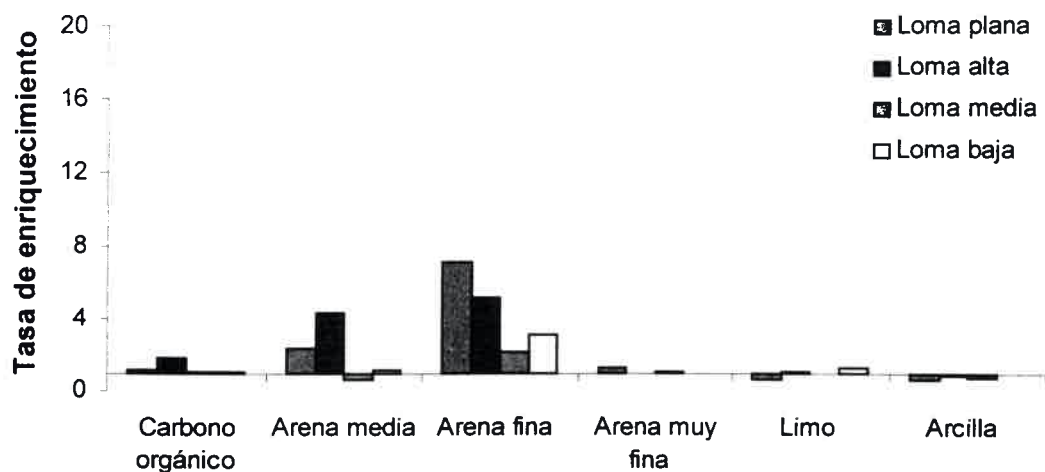


Figura 4.7.22. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ Segundo evento

En la Tabla 4.7.23. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.23. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	0,97	11,00	3,91	1,29	0,23	1,20
Loma alta	1,03	8,00	4,97	1,44	0,12	0,45
Loma media	0,97	1,00	3,20	1,12	0,50	1,36
Loma baja	0,72	1,00	1,27	1,02	0,56	1,37

Los sedimentos producidos en el segundo evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en la loma alta, la arena media en la loma plana y alta y la arcilla en todas las secciones de la pendiente excepto en la loma alta (Figura 4.7.23.). La arena fina y muy fina muestran enriquecimiento en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.23.).

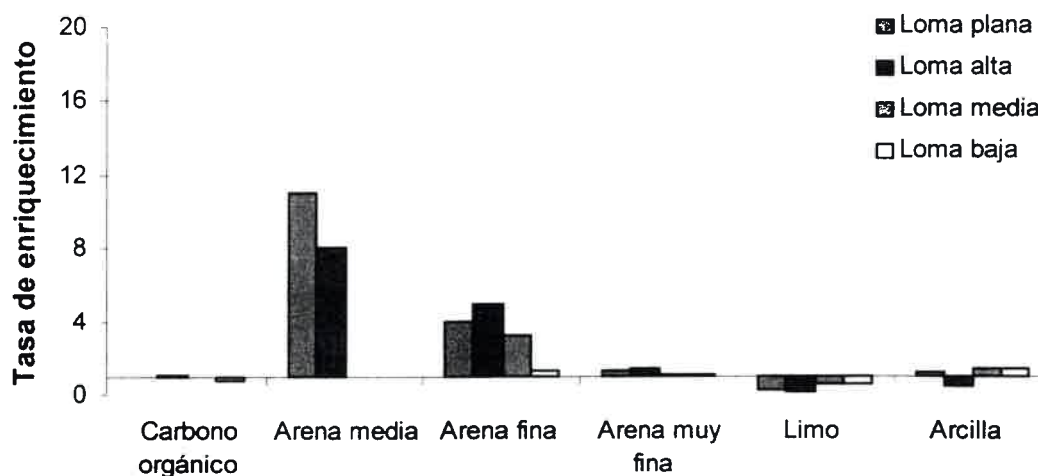


Figura 4.7.23. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ Tercer evento

En la Tabla 4.7.24. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.24. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,08	20,33	7,00	1,28	0,27	1,07
Loma alta	1,44	1,33	2,48	1,44	0,08	0,63
Loma media	1,02	1,17	2,05	1,33	0,23	1,03
Loma baja	1,01	1,80	1,97	1,28	0,21	0,92

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico, arena media, fina y muy fina en todas las secciones de la pendiente, mientras que la arcilla en la loma plana y media (Tabla 4.7.24. y Figura 4.7.24.).

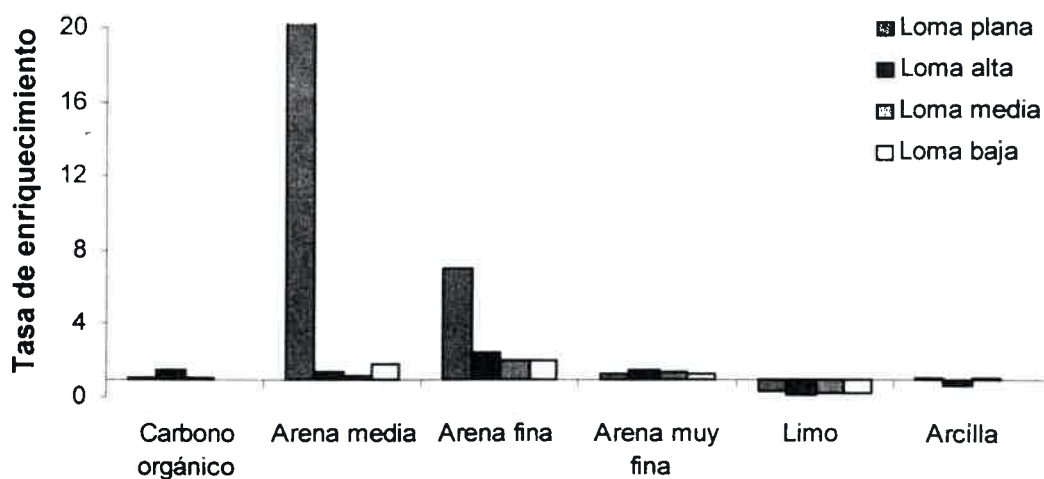
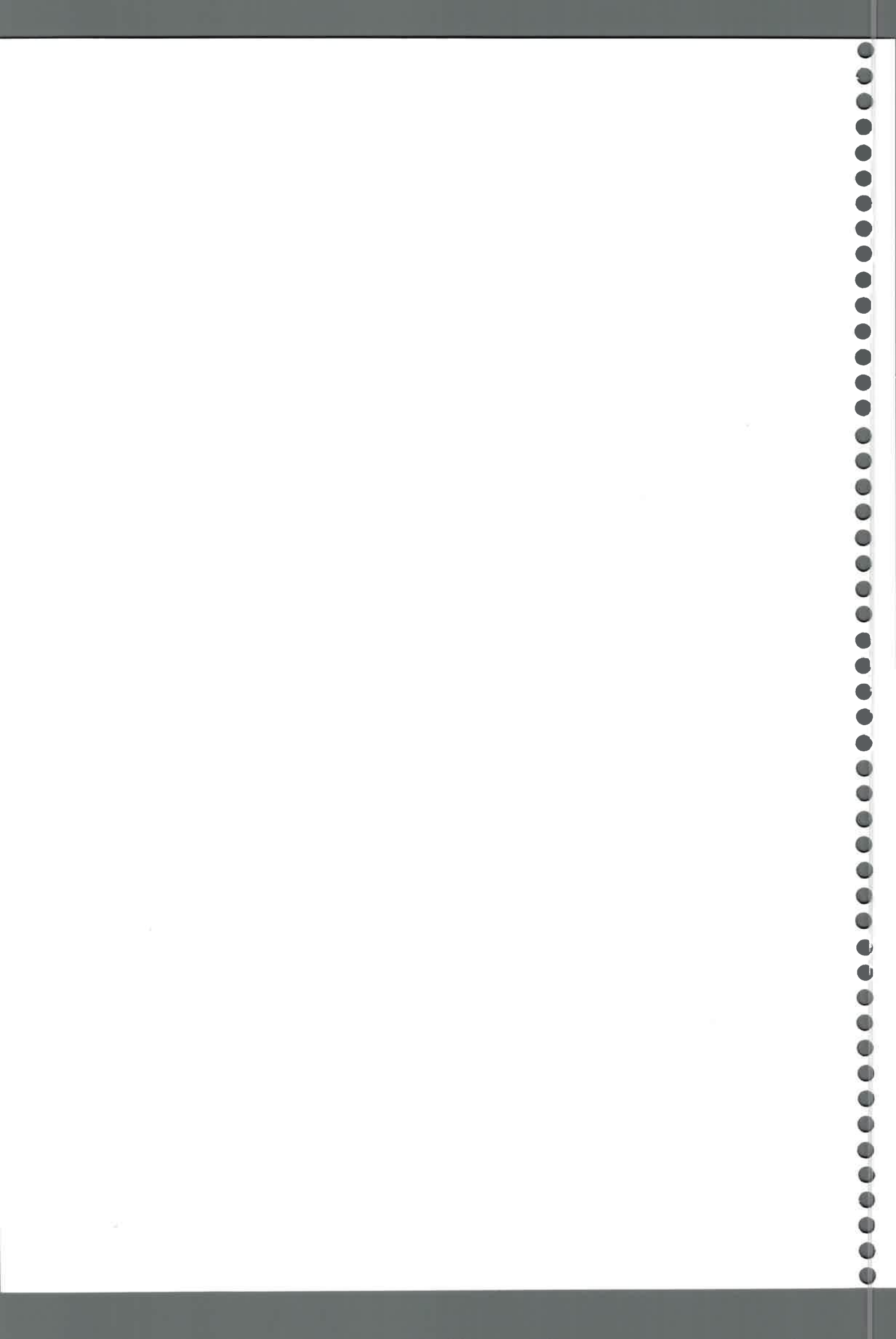


Figura 4.7.24. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ **Cuarto evento**

En la Tabla 4.7.25. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.25. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,51	6,33	5,53	1,31	0,28	0,96
Loma alta	0,73	2,83	2,88	1,36	0,17	0,83
Loma media	1,02	7,17	5,55	1,36	0,22	0,84
Loma baja	0,88	0,80	1,94	1,22	0,28	1,07

Los sedimentos producidos en el cuarto evento presentan una tasa de enriquecimiento de arena fina y muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.25.), mientras que el carbono orgánico en la loma plana y alta; arena media en la loma plana, alta y media; y la arcilla en la loma baja (Tabla 4.7.25.).

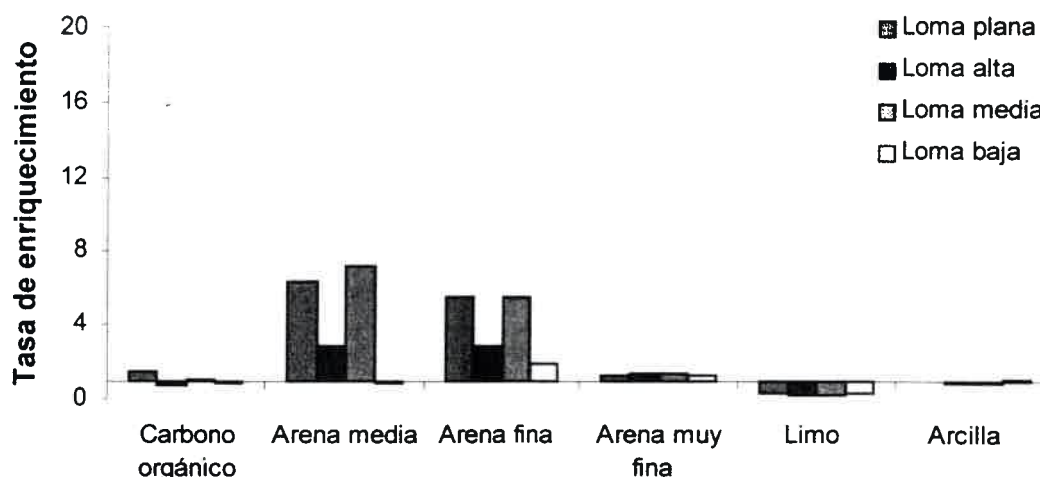
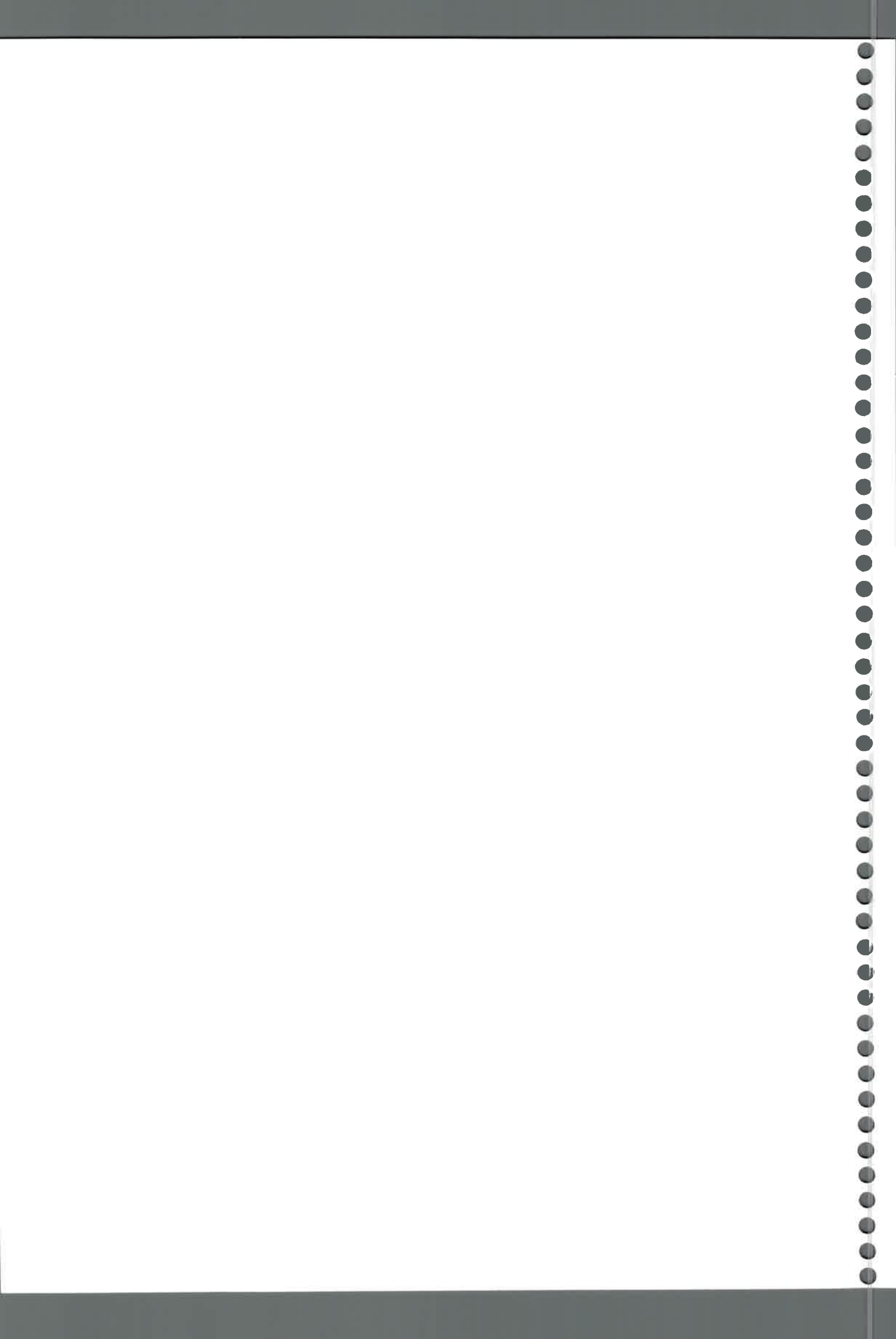


Figura 4.7.25. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 2000-2001

En la Tabla 4.7.26. y en la Figura 4.7.26. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.7.26. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,20	10,00	5,88	1,28	0,35	0,96
Loma alta	1,27	4,17	3,88	1,30	0,36	0,70
Loma media	1,01	2,50	3,23	1,22	0,48	1,00
Loma baja	0,91	1,20	2,06	1,12	0,57	1,08

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente presentan una tasa de enriquecimiento anual de arena media, fina, y muy fina en todas las secciones de la pendiente, destacándose el aumento de arena media en la loma plana (Figura 4.7.26.), mientras que el carbono orgánico en la loma plana, alta y media y la arcilla en la loma baja (Tabla 4.7.26.).

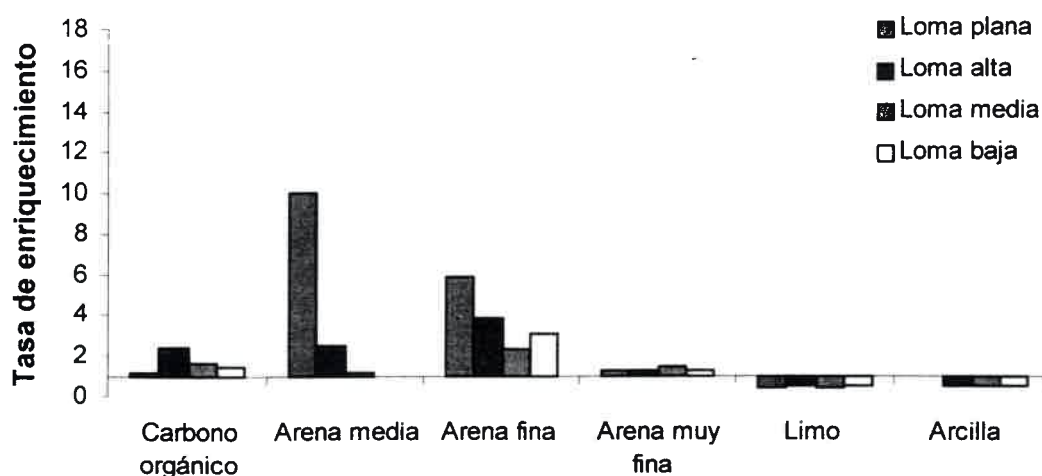
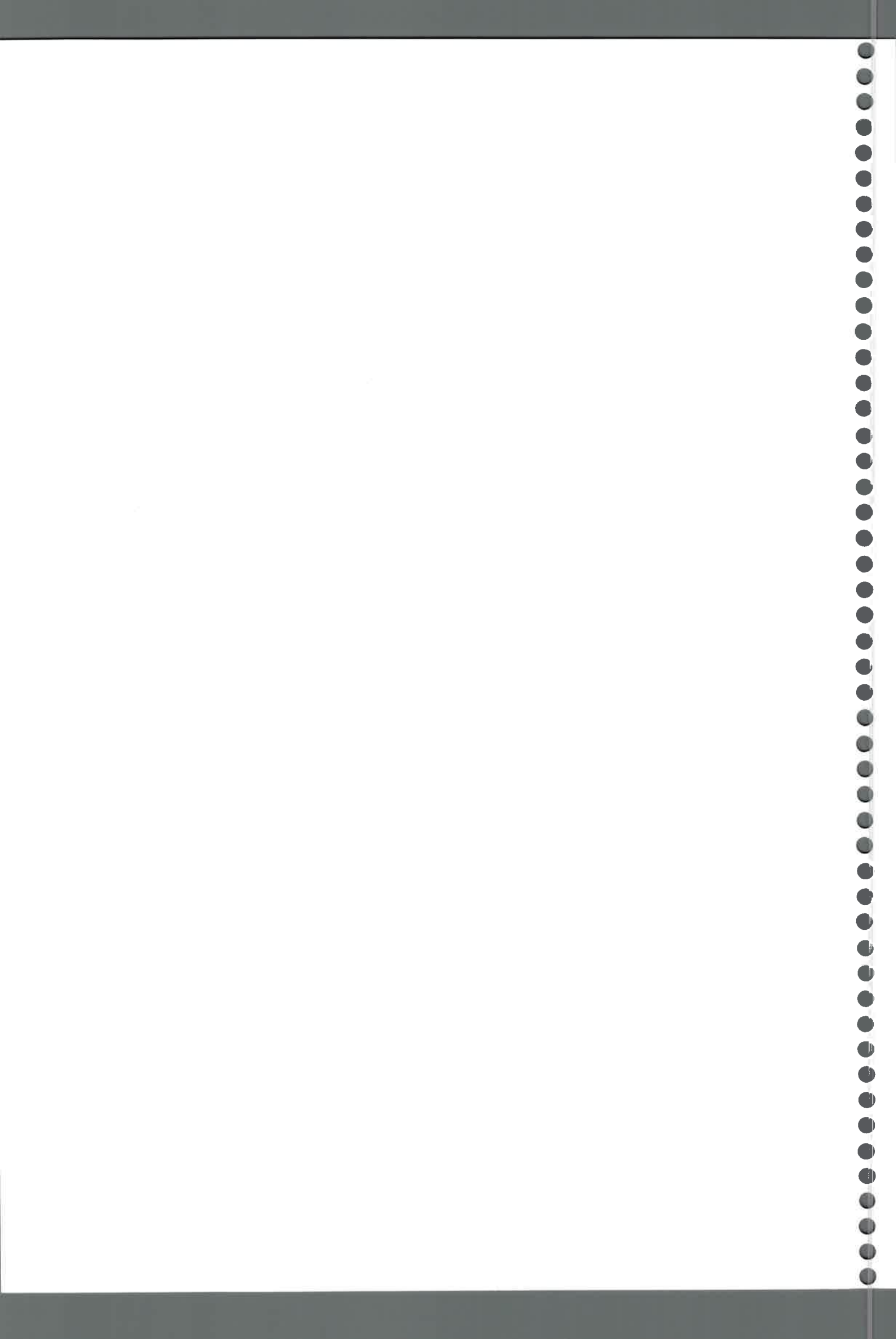


Figura 4.7.26. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 2000-2001 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



4.7.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.7.27. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.27. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,38	1,33	3,38	1,26	0,58	0,65
Loma alta	1,27	0,83	3,76	1,35	0,41	0,44
Loma media	1,50	0,50	0,78	1,34	0,50	0,54
Loma baja	0,91	0,60	1,12	1,28	0,49	0,48

Los sedimentos producidos en el primer evento muestran una tasa de enriquecimiento de arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.27.), mientras que el CO en loma plana, alta y media; la arena media en la loma media y la arena fina en la loma plana, alta y baja (Tabla 4.7.27.).

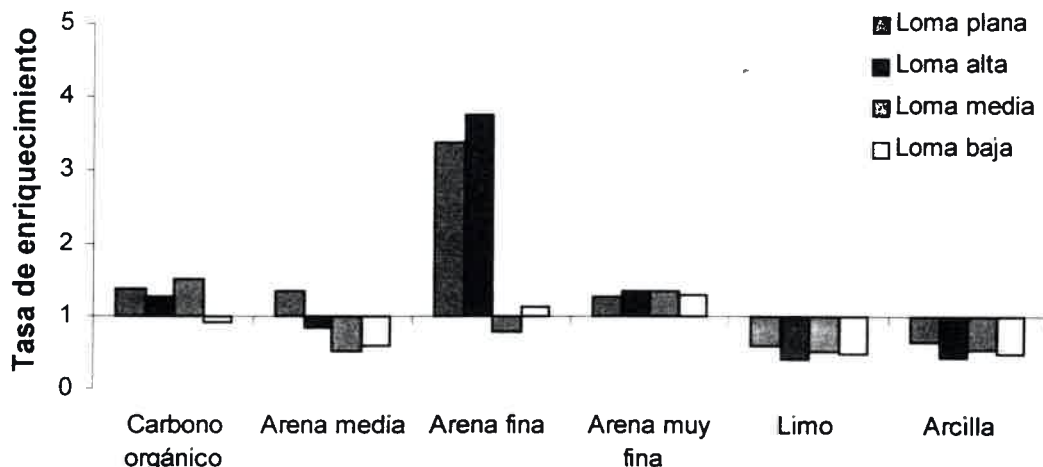


Figura 4.7.27. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ Segundo evento

En la Tabla 4.7.28. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.28. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,19	1,00	0,88	1,43	0,37	0,40
Loma alta	1,06	0,67	1,06	1,30	0,53	0,48
Loma media	0,85	2,83	1,08	1,41	0,41	0,42
Loma baja	0,87	3,60	1,33	1,26	0,55	0,49

Los sedimentos producidos en el segundo evento presentan una tasa de enriquecimiento de arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.28.); el carbono orgánico en la loma plana y alta; la arena media en la loma media y baja, y la arena fina en todas las secciones excepto en la loma alta (Figura 4.7.28.).

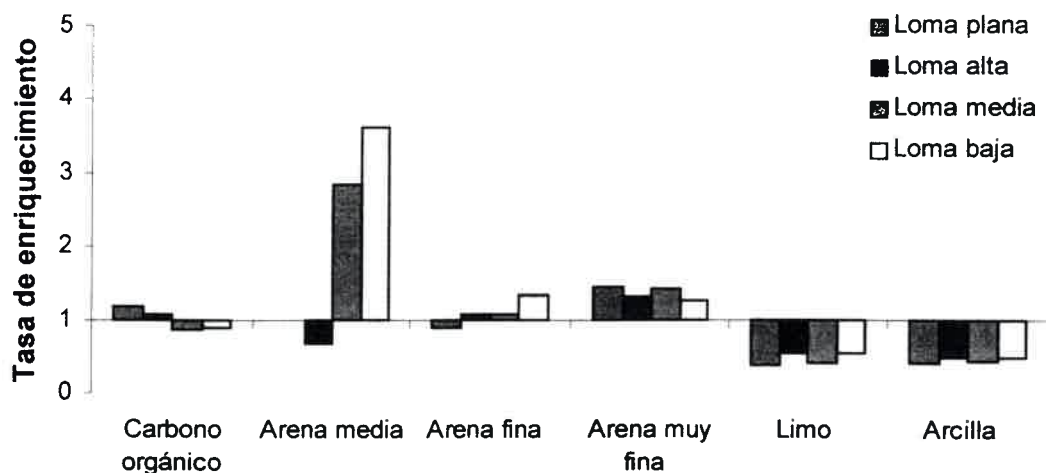


Figura 4.7.28. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

✓ **Tercer evento**

En la Tabla 4.7.29. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.29. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,23	2,33	4,53	1,13	0,79	0,87
Loma alta	2,58	0,33	4,06	1,00	0,95	1,01
Loma media	1,59	0,33	0,45	1,19	0,71	0,80
Loma baja	1,80	0,80	2,27	1,10	0,72	0,93

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.29.), mientras que la arena media en la loma plana; la arena fina en la loma plana, alta y baja; la arena muy fina en la loma plana, media y baja; y de arcilla en la loma alta (Figura 4.7.29.).

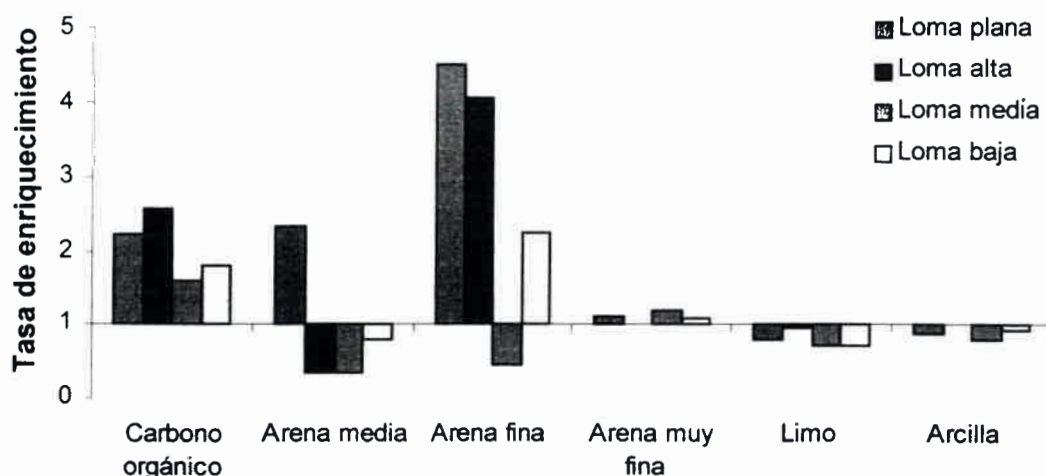


Figura 4.7.29. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ **Cuarto evento**

En la Tabla 4.7.30. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.30. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,67	0,67	0,97	1,02	1,04	0,86
Loma alta	1,31	0,33	0,76	1,05	1,03	0,74
Loma media	2,14	0,67	2,60	1,06	0,77	1,11
Loma baja	1,17	0,60	2,09	1,05	0,95	0,83

Los sedimentos producidos en el cuarto evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.30.). La arena fina en la loma media y baja; el limo en la loma plana, y alta; y la arcilla en la loma media (Tabla 4.7.30.).

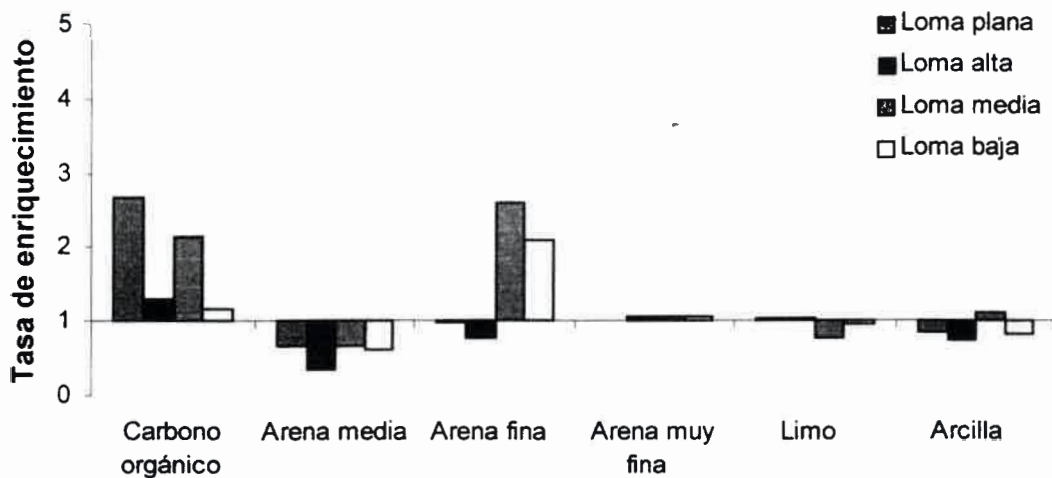


Figura 4.7.30. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 2001-2002

En la Tabla 4.7.31. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2001-2002.

Tabla 4.7.31. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,87	17,67	3,97	1,21	0,02	0,70
Loma alta	1,56	8,67	3,88	1,17	0,02	0,67
Loma media	1,52	9,33	2,45	1,25	0,02	0,71
Loma baja	1,19	11,20	3,18	1,17	0,02	0,68

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente manifiestan una tasa de enriquecimiento anual de carbono orgánico, arena media, fina, y muy fina en todas las secciones de la pendiente, aunque se destaca el fuerte incremento de la arena media en la loma plana (17,67) y baja (11,20) (Figura 4.7.31.). El limo y arcilla no incrementan su contenido en los sedimentos (Tabla 4.7.31.).

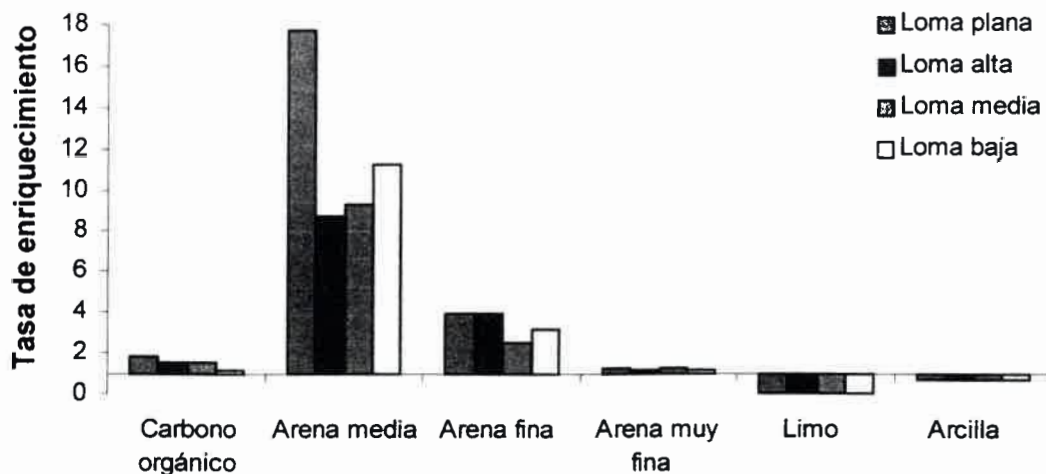


Figura 4.7.31. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 2001-2002 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



4.7.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003

Tasa de enriquecimiento de los sedimentos por evento

✓ Primer evento

En la Tabla 4.7.32. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.32. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el primer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,57	1,00	0,66	1,27	0,59	0,66
Loma alta	3,05	0,50	1,15	1,10	0,81	0,90
Loma media	1,83	0,33	0,43	1,25	0,65	0,65
Loma baja	2,13	0,40	0,64	1,16	0,65	0,82

Los sedimentos producidos en el primer evento presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.32.), mientras que la arena fina en la loma alta (Tabla 4.7.32.).

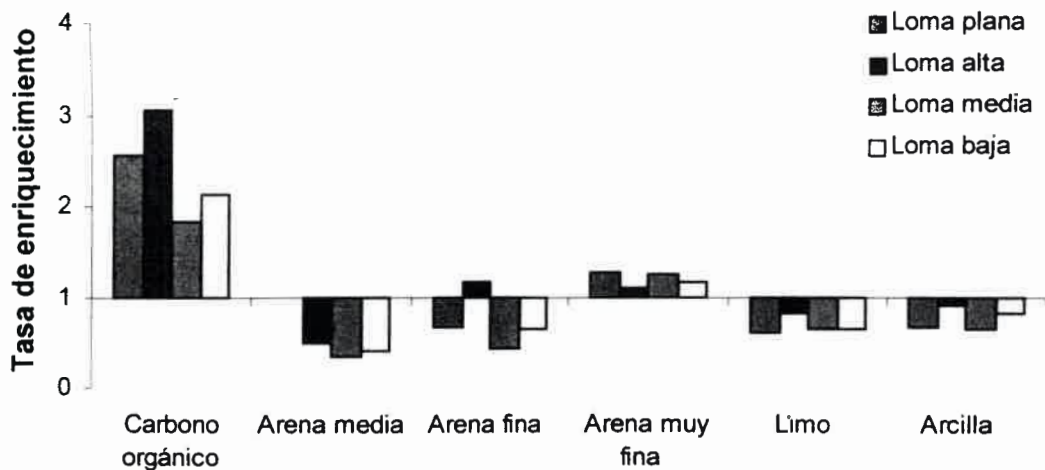


Figura 4.7.32. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el primer evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ **Segundo evento**

En la Tabla 4.7.33. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.33. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el segundo evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	0,84	1,00	3,19	1,40	0,45	0,39
Loma alta	2,43	2,50	3,82	1,29	0,49	0,51
Loma media	1,67	1,17	2,33	1,41	0,36	0,48
Loma baja	1,40	1,00	3,09	1,27	0,48	0,52

Los sedimentos producidos en el segundo evento presentan una tasa de enriquecimiento de arena fina y muy fina en todas las secciones de la pendiente (Tabla 4.7.33.); el carbono orgánico en la loma alta, media y baja; y la arena media en la loma alta y media (Figura 4.7.33.).

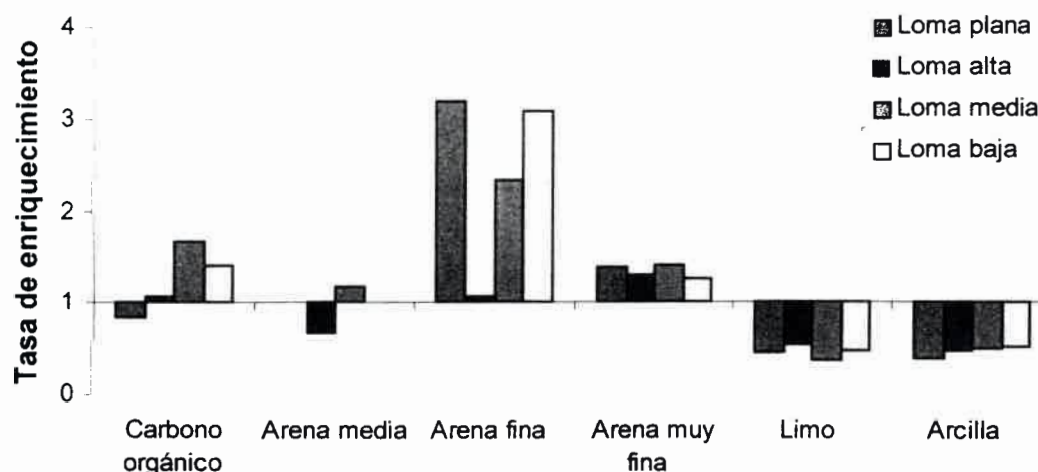


Figura 4.7.33. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el segundo evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ **Tercer evento**

En la Tabla 4.7.34. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.34. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el tercer evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	2,29	1,00	1,47	1,41	0,38	0,45
Loma alta	3,46	0,83	1,00	1,29	0,42	0,76
Loma media	1,33	0,67	1,15	1,18	0,73	0,75
Loma baja	0,88	0,60	0,67	1,04	0,94	0,90

Los sedimentos producidos en el tercer evento muestran una tasa de enriquecimiento de arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.34.), mientras que el carbono orgánico en la loma plana, alta y media; y la arena fina en la loma plana y media (Tabla 4.7.34.).

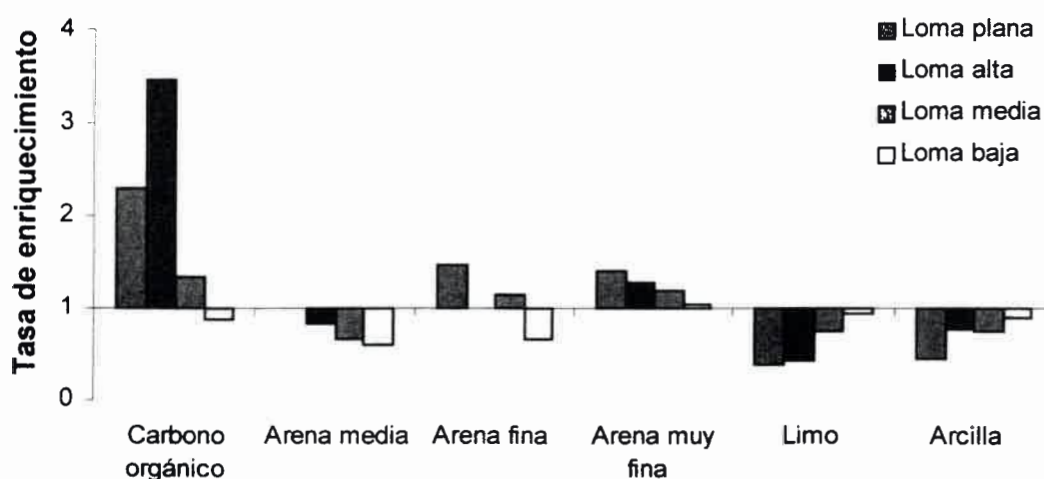


Figura 4.7.34. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el tercer evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



✓ **Cuarto evento**

En la Tabla 4.7.35. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.35. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido en el cuarto evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,88	1,33	0,91	1,35	0,48	0,52
Loma alta	1,88	0,83	2,94	1,39	0,35	0,35
Loma media	0,83	0,83	2,83	1,42	0,42	0,34
Loma baja	1,74	1,20	0,88	1,22	0,53	0,70

Los sedimentos producidos en el cuarto evento presentan una tasa de enriquecimiento arena muy fina en todas las secciones de la pendiente (Figura 4.7.35.); el carbono orgánico en la loma plana, alta y baja; la arena media en la loma plana y baja; y la arena fina en la loma alta y media (Tabla 4.7.35.).

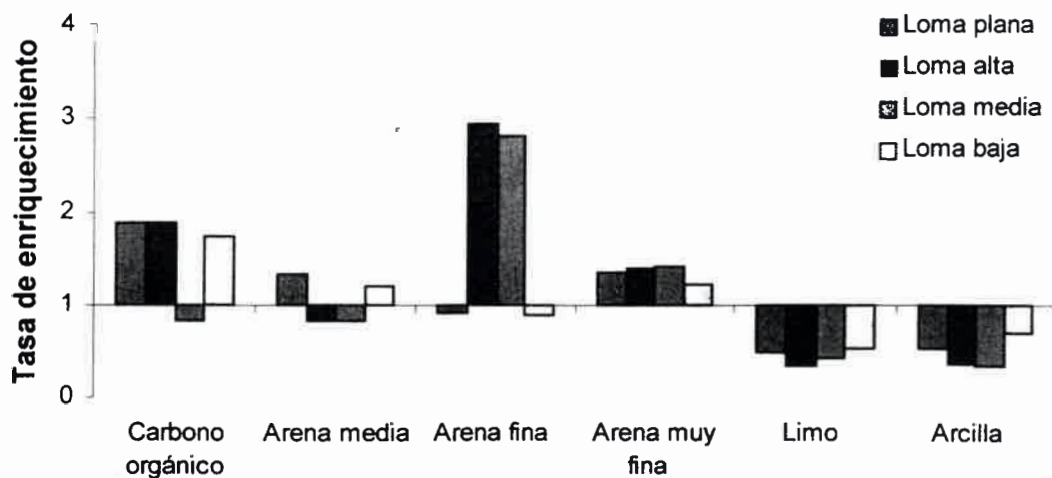


Figura 4.7.35. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido en el cuarto evento del ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Tasa de enriquecimiento del sedimento en el ciclo 2002-2003

En la Tabla 4.7.36. se presenta la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas en el sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente en el ciclo 2002-2003.

Tabla 4.7.36. Tasa de enriquecimiento de carbono orgánico y granulometría del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,90	1,00	1,06	1,36	0,48	0,51
Loma alta	2,70	1,17	2,21	1,27	0,52	0,63
Loma media	1,42	0,67	1,68	1,31	0,54	0,56
Loma baja	1,54	0,80	1,33	1,17	0,65	0,73

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente presentan una tasa de enriquecimiento anual de carbono orgánico, arena fina, y muy fina en todas las secciones de la pendiente, siendo relevante el incremento de los contenidos en carbono (2,70) y arena fina (2,21) en la loma alta (Figura 4.7.36.). El limo y arcilla no incrementan su contenido en los sedimentos (Tabla 4.7.36.).

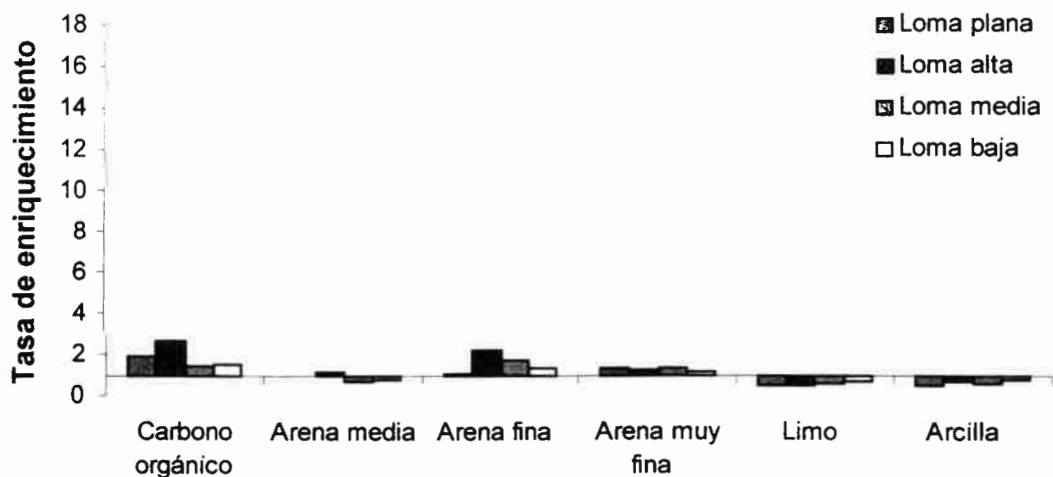


Figura 4.7.36. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 2002-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.



4.7.2.5. Evaluación del período 1999-2003

En la Tabla 4.7.37. se presenta la tasa de enriquecimiento promedio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento en las diferentes secciones de la pendiente considerando los cuatro ciclos analizados.

Tabla 4.7.37. Tasa de enriquecimiento promedio de carbono orgánico y de las fracciones granulométricas del sedimento producido por erosión hídrica laminar en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero en el período 1999-2003.

Sección de la pendiente	Carbono orgánico [%]	Arena media 500-250 μ [%]	Arena fina 250-100 μ [%]	Arena muy fina 100-50 μ [%]	Limo 50-2 μ [%]	Arcilla < 2 μ [%]
Loma plana	1,57	7,42	3,03	1,26	0,40	0,72
Loma alta	1,80	3,63	3,28	1,22	0,43	0,70
Loma media	1,32	3,29	2,00	1,25	0,58	0,88
Loma baja	1,17	3,45	1,92	1,15	0,50	0,80

Los sedimentos producidos en el período 1999-2003 presentan una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico, arena media, fina y muy fina en todas las secciones de la pendiente, mientras que el limo y la arcilla no incrementaron su contenido en los sedimentos (Tabla 4.7.37. y Figura 4.7.37.).

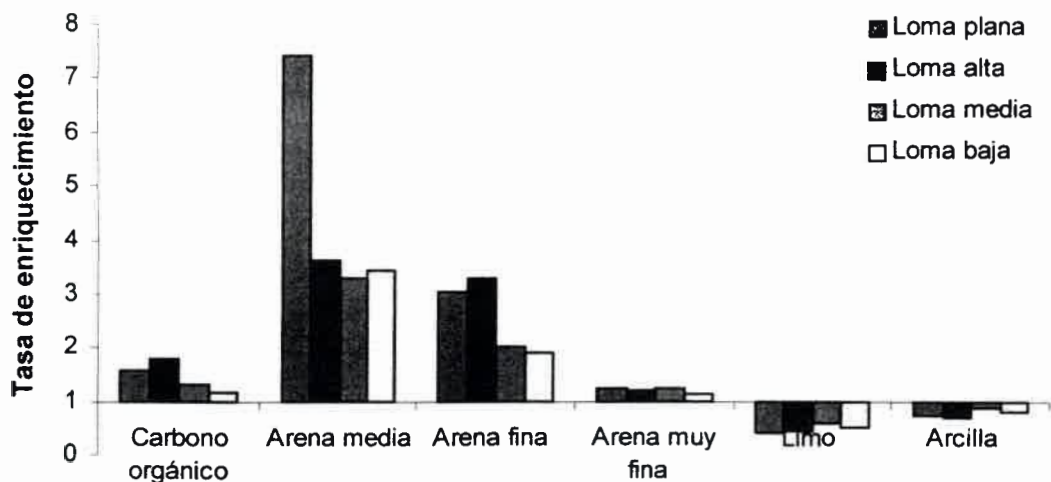


Figura 4.7.37. Tasa de enriquecimiento del sedimento producido por erosión hídrica laminar en el ciclo 1999-2003 en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero.

Se destaca un fuerte enriquecimiento de arena media en la loma plana (7,42) aunque en las demás secciones de la pendiente también se observan altos incrementos de este tamaño granulométrico. La arena fina muestra los mayores incrementos en las dos primeras secciones de la pendiente mientras que la arena muy fina manifiesta en términos generales la menor tasa enriquecimiento (Figura 4.7.37.).



4.8. BASE DE DATOS MODELO WEPP Y ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO POR EROSION HIDRICA LAMINAR

Se presenta a continuación la base de datos construida para la aplicación del modelo de Predicción de la Erosión Hídrica (WEPP), la estimación de las pérdidas de suelo y los escurrimientos por erosión hídrica laminar por evento y en total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril (período 2000-2003) y en las secciones que componen la pendiente El Vertedero (período 1999-2003), respectivamente.

4.8.1. BASE DE DATOS MODELO WEPP

La base de datos requerida por el modelo WEPP consta de numerosos parámetros que componen los diferentes archivos de entrada, tales como, climáticos, de pendiente, de suelo, y de manejo y plantas. Los archivos fueron organizados en tablas de acuerdo a la base de datos, como se indica a continuación y se adjuntan en el Apéndice 2.

4.8.1.1. Base de datos climática

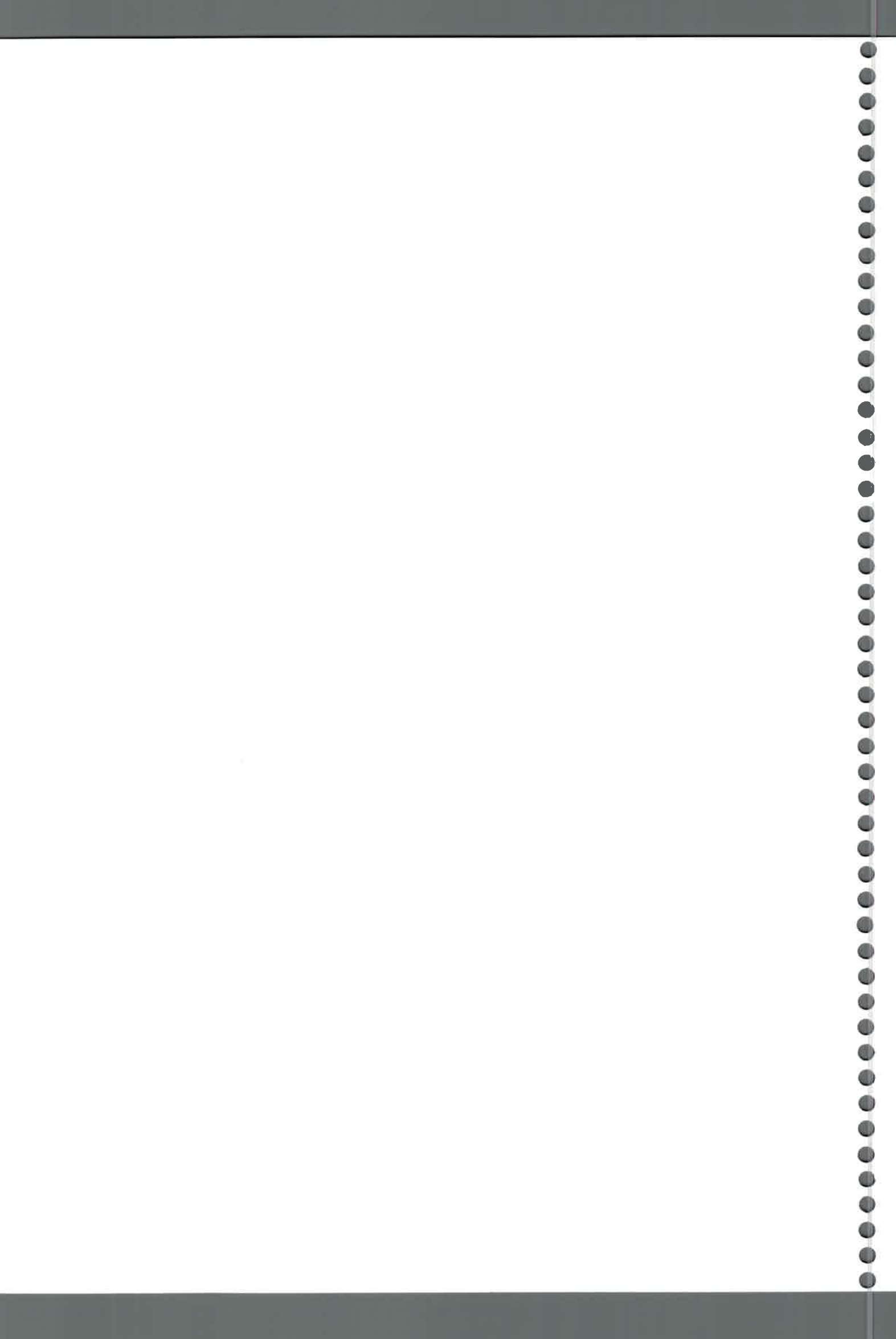
En la Tabla 2.1. se presenta a modo de ejemplo solo la primera hoja de entrada de datos con la información climática histórica.

En la Tabla 2.2. se presenta la estación Rodeo Viejo.cli.

En las Tablas 2.3. y 2.4. se presentan los eventos considerados en las pendientes Pozo del Carril y El Vertedero, respectivamente.

4.8.1.2. Base de datos de pendiente

Los archivos de pendientes construidos para los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril, se presentan en las Tablas 2.5. a la 2.16. y para las secciones de la pendiente El Vertedero, se muestran en las Tablas 2.17. a la 2.20., respectivamente.



4.8.1.3. **Base de datos de suelo**

Los archivos de suelo elaborados con los valores de albedo, erodabilidad entre surco, erodabilidad en surco, corte crítico y conductividad hidráulica efectiva, calculados por fórmula, para los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril se presentan en las Tablas 2.21. a la 2.32. y en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero, se muestran en las Tablas 2.33. a la 2.36., respectivamente.

4.8.1.4. **Base de datos de manejo y plantas**

Las "**condiciones iniciales**" del archivo de manejo y plantas construidas para los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril se presentan en las Tablas 2.37. a la 2.48. y para las secciones de la pendiente El Vertedero en las Tablas 2.49. a la 2.52., respectivamente.

La "**base de datos de plantas**" del archivo de manejo y plantas construidos para las diferentes secuencias de cultivos considerados en las pendientes Pozo del Carril se presentan en las Tablas 2.53. a la 2.55. y para la pendiente El Vertedero se muestran en las Tablas 2.56. a la 2.58., respectivamente.

En las Tablas 2.59. a la 2.63. se presentan las "**bases de datos de labranza**" del archivo de manejo y plantas elaboradas para las diferentes secuencias de labranzas consideradas en las pendientes "Pozo del Carril" y "El Vertedero", respectivamente.

La "**base de datos de contorno**" del archivo de manejo y plantas construidas para los sistemas de labranza con y sin fertilización a lo largo de la pendiente Pozo del Carril, se presentan en las Tablas 2.64 a la 2.69.

La "**base de pastoreo**" del archivo de manejo y plantas construidas para los diferentes tratamientos con pastoreo de la pendiente Pozo del Carril se



presentan en las Tablas 2.70. a la 2.72. y para la pendiente El Vertedero se muestran en las Tablas 2.73. y 2.74.

4.8.2. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO

4.8.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

4.8.2.1.1. *Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento considerando la erodabilidad entre surco (K_s), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva (K_e) del suelo calculados por el modelo WEPP.*

² Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.8.1. y en las Figuras 4.8.1. y 4.8.2., respectivamente.

Tabla 4.8.1. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,06	0,02	0,00	0,04	0,12
SD/SF/SP	0,08	0,03	0,00	0,05	0,17
SD/CF/CP	0,09	0,04	0,00	0,06	0,20
SD/SF/CP	0,12	0,05	0,00	0,08	0,25
LR/CF/SP	0,10	0,05	0,00	0,06	0,21
LR/SF/SP	0,12	0,06	0,00	0,08	0,26
LR/CF/CP	0,10	0,04	0,00	0,07	0,21
LR/SF/CP	0,14	0,07	0,00	0,09	0,29
LC/CF/SP	0,11	0,05	0,00	0,07	0,23
LC/SF/SP	0,13	0,06	0,00	0,08	0,27
LC/CF/CP	0,10	0,04	0,00	0,07	0,21
LC/SF/CP	0,11	0,05	0,00	0,08	0,24



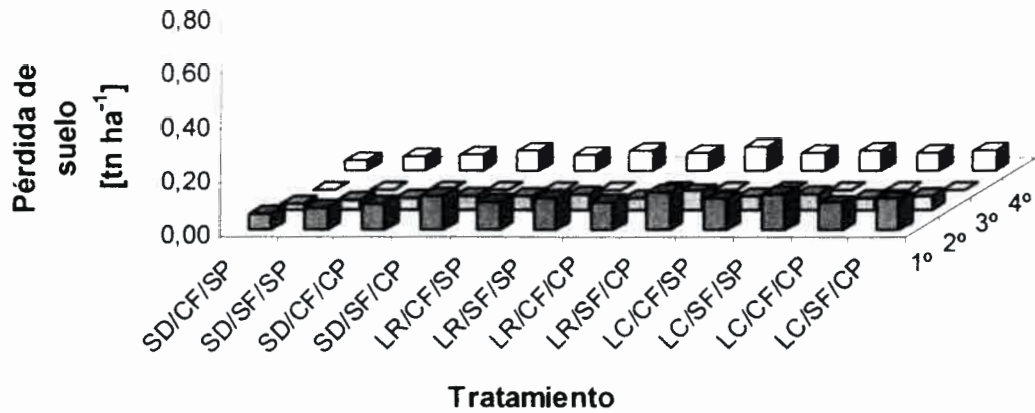


Figura 4.8.1. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

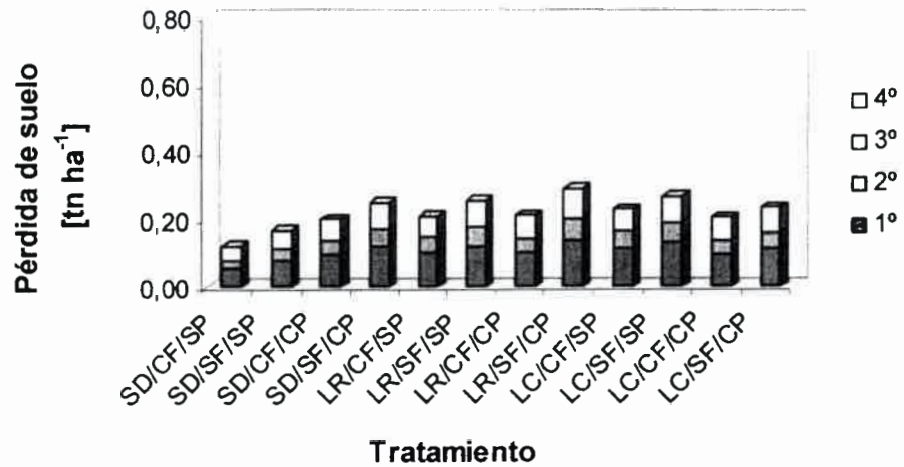


Figura 4.8.2. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.8.2. y en las Figuras 4.8.3. y 4.8.4., respectivamente.



Tabla 4.8.2. Esgurrimento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Esgurrimento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	12,07	6,31	0,00	8,29	26,67
SD/SF/SP	13,24	7,54	0,00	9,39	30,17
SD/CF/CP	13,61	7,99	0,00	9,73	31,33
SD/SF/CP	12,71	6,99	0,00	8,91	28,61
LR/CF/SP	15,00	10,20	0,00	11,64	36,84
LR/SF/SP	16,66	12,20	0,00	13,72	42,58
LR/CF/CP	14,09	8,60	0,00	10,19	32,88
LR/SF/CP	17,05	12,69	0,00	14,20	43,94
LC/CF/SP	14,47	9,08	0,00	11,04	34,59
LC/SF/SP	14,77	9,97	0,00	11,41	36,15
LC/CF/CP	12,26	6,50	0,00	8,50	27,26
LC/SF/CP	12,97	7,24	0,00	9,16	29,37

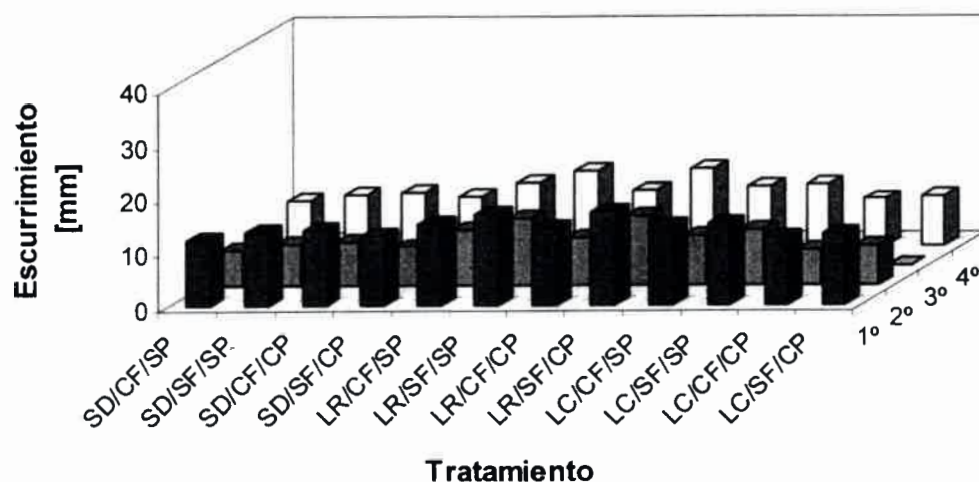


Figura 4.8.3. Esgurrimento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.



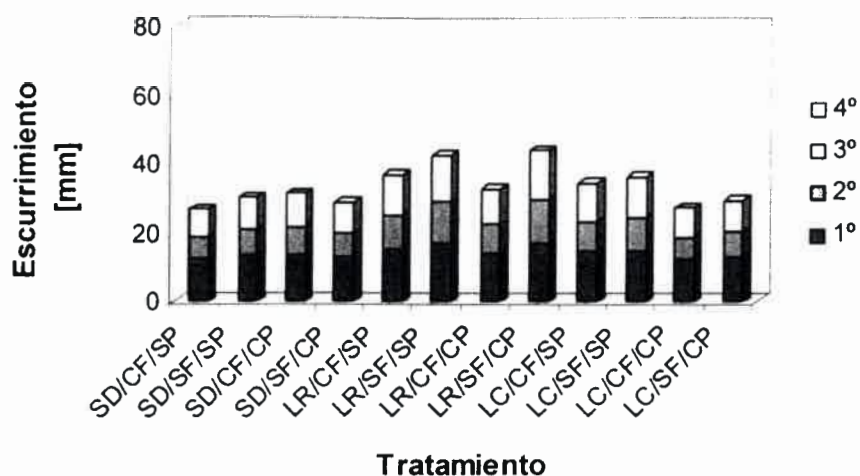


Figura 4.8.4. Ecurrimiento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

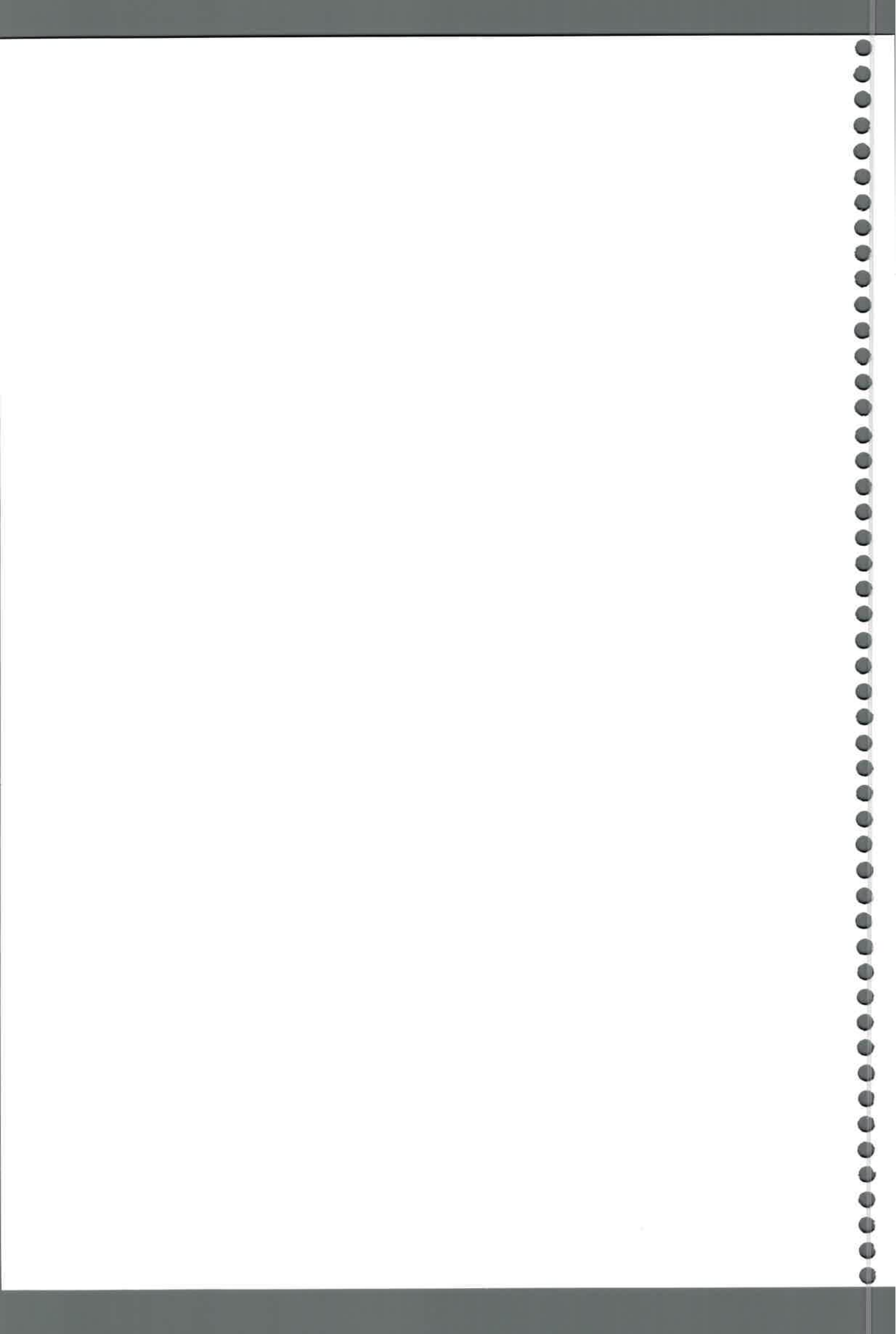
Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.8.3. y en las Figuras 4.8.5. y 4.8.6., respectivamente.

Tabla 4.8.3. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,10	0,00	0,00	0,16	0,26
SD/SF/SP	0,13	0,01	0,00	0,20	0,34
SD/CF/CP	0,15	0,01	0,00	0,23	0,39
SD/SF/CP	0,20	0,01	0,00	0,30	0,51
LR/CF/SP	0,14	0,02	0,00	0,24	0,40
LR/SF/SP	0,16	0,03	0,00	0,27	0,47
LR/CF/CP	0,15	0,02	0,00	0,24	0,41
LR/SF/CP	0,19	0,04	0,01	0,31	0,53
LC/CF/SP	0,16	0,02	0,00	0,27	0,45
LC/SF/SP	0,18	0,02	0,00	0,32	0,52
LC/CF/CP	0,18	0,01	0,00	0,27	0,45
LC/SF/CP	0,18	0,02	0,00	0,28	0,48



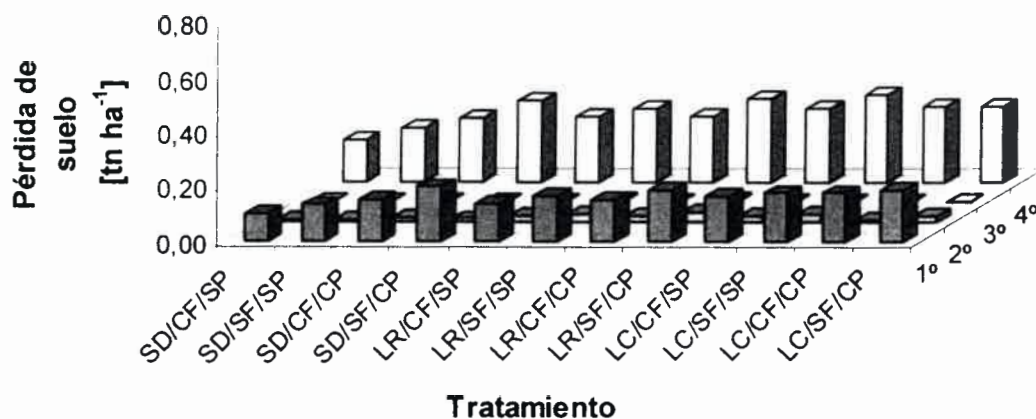


Figura 4.8.5. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

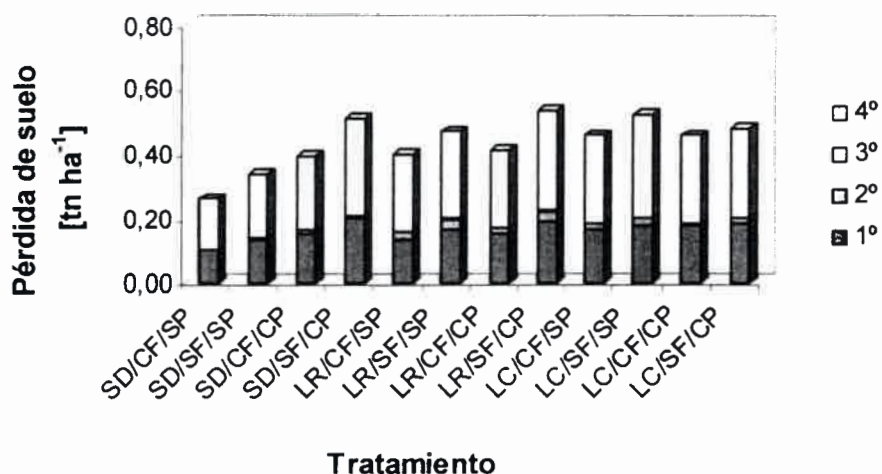


Figura 4.8.6. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

➤ Esguerrimiento

El esguerrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.8.4. y en las Figuras 4.8.7. y 4.8.8., respectivamente.



Tabla 4.8.4. Escurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Escurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	19,44	0,54	0,00	29,36	49,34
SD/SF/SP	20,78	1,45	0,00	31,07	53,30
SD/CF/CP	21,18	1,76	0,00	31,55	54,49
SD/SF/CP	20,12	1,20	0,00	30,15	51,47
LR/CF/SP	24,00	4,44	1,40	3,77	33,61
LR/SF/SP	26,39	6,57	9,90	36,00	78,86
LR/CF/CP	21,99	3,58	0,00	32,34	57,91
LR/SF/CP	21,10	7,19	12,40	36,72	77,41
LC/CF/SP	22,68	3,95	0,80	33,07	60,50
LC/SF/SP	23,84	4,27	1,40	33,66	63,17
LC/CF/CP	19,87	0,99	0,00	30,42	51,28
LC/SF/CP	20,41	2,75	0,00	30,51	53,67

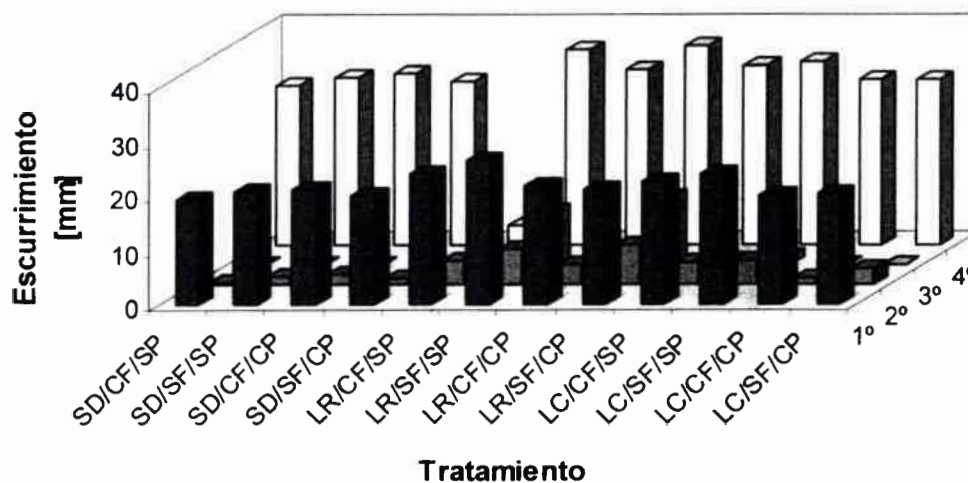
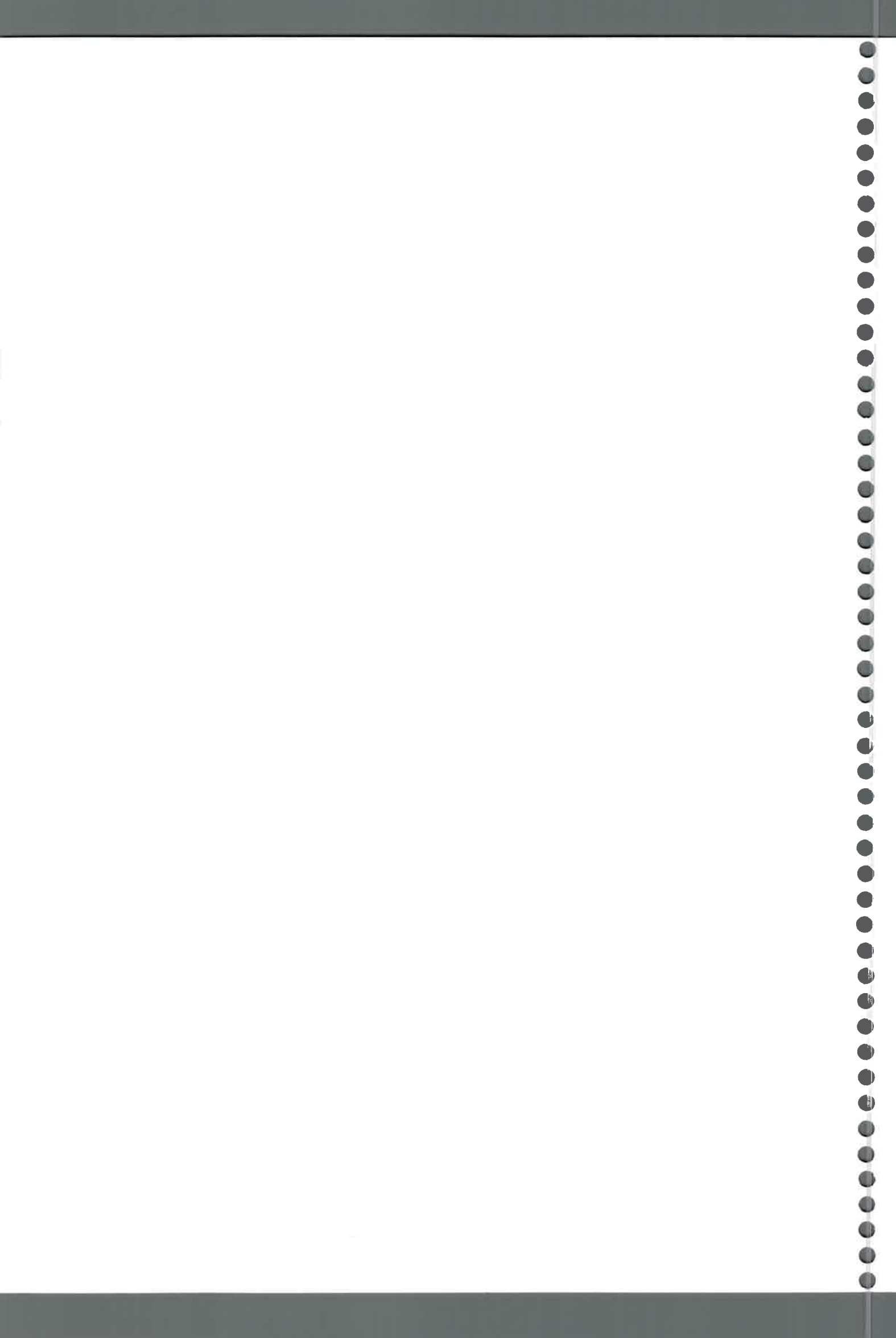


Figura 4.8.7. Escurrimiento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.



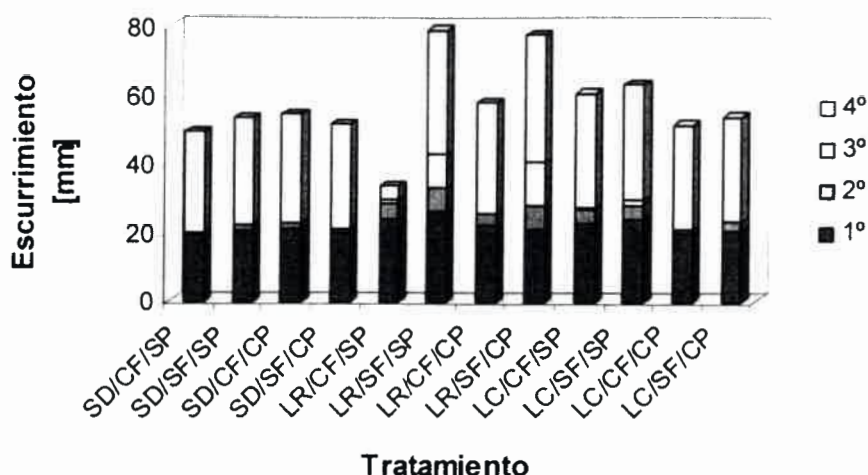


Figura 4.8.8. Escurrimiento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

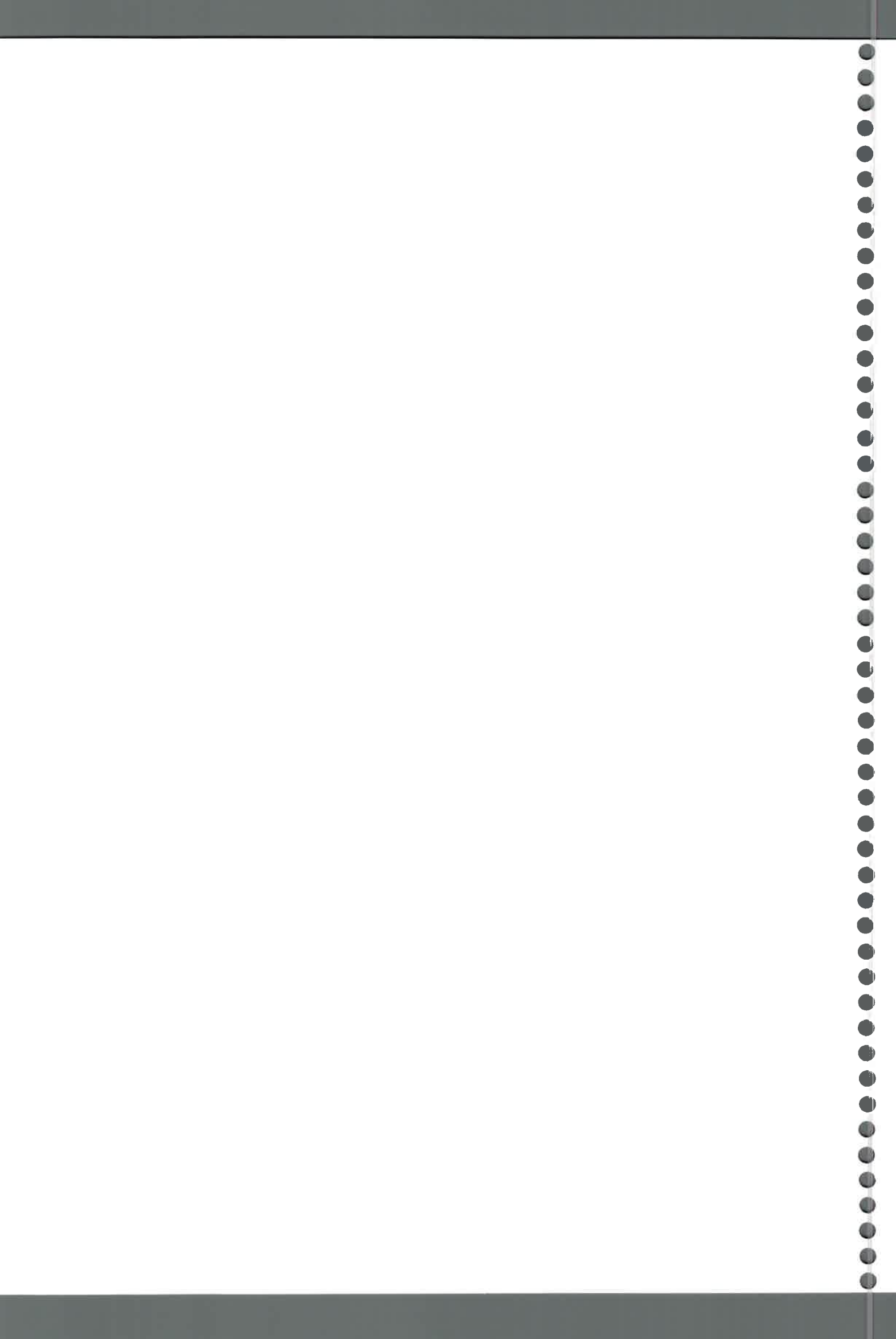
Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.8.5. y en las Figuras 4.8.9. y 4.8.10., respectivamente.

Tabla 4.8.5. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,26	0,06	0,00	0,03	0,35
SD/SF/SP	0,32	0,08	0,00	0,04	0,44
SD/CF/CP	0,37	0,10	0,00	0,05	0,51
SD/SF/CP	0,49	0,12	0,00	0,06	0,67
LR/CF/SP	0,38	0,10	0,00	0,05	0,53
LR/SF/SP	0,42	0,12	0,00	0,06	0,60
LR/CF/CP	0,39	0,10	0,00	0,05	0,54
LR/SF/CP	0,31	0,14	0,00	0,07	0,52
LC/CF/SP	0,43	0,11	0,00	0,06	0,60
LC/SF/SP	0,50	0,13	0,00	0,07	0,70
LC/CF/CP	0,45	0,10	0,00	0,05	0,60
LC/SF/CP	0,63	0,12	0,00	0,05	0,79



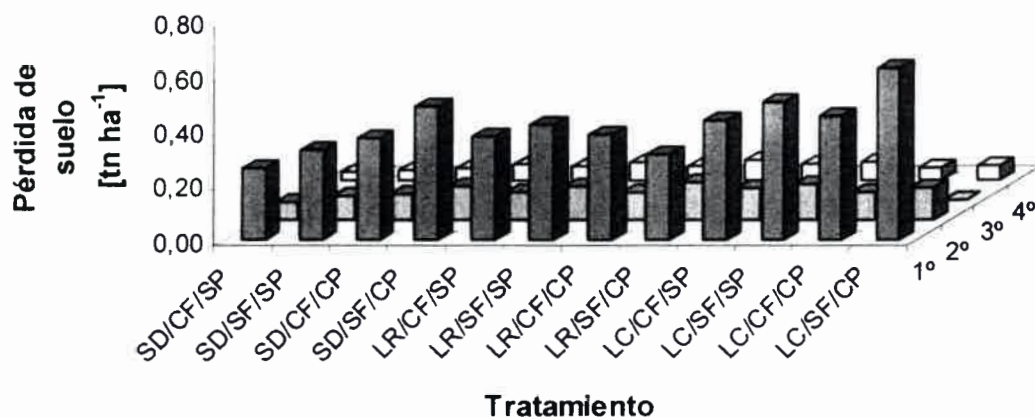


Figura 4.8.9. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

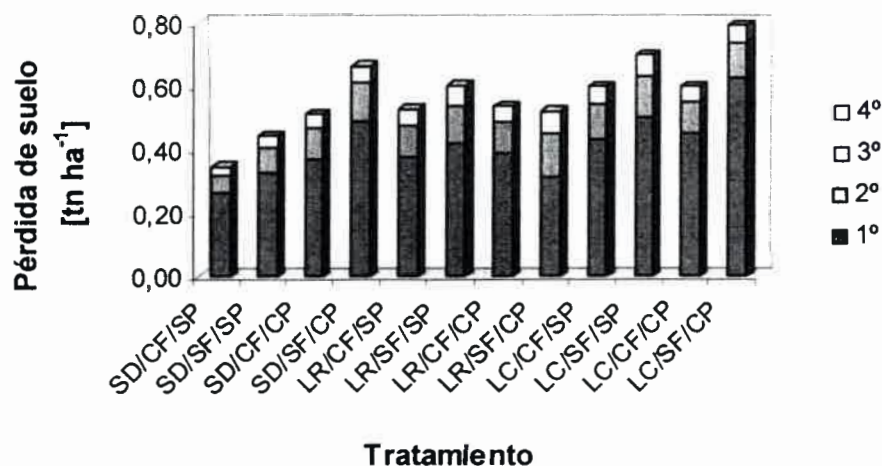


Figura 4.8.10. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

➤ **Escurrencimiento**

El escurrencimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.8.6. y en las Figuras 4.8.11. y 4.8.12., respectivamente.

Tabla 4.8.6. Esgurrimento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Esgurrimento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	30,48	10,82	0,00	6,36	47,66
SD/SF/SP	32,10	11,76	0,00	7,41	51,27
SD/CF/CP	32,50	12,07	0,00	7,75	52,32
SD/SF/CP	31,12	11,36	0,00	6,97	49,45
LR/CF/SP	34,18	13,11	0,00	8,93	56,22
LR/SF/SP	36,01	14,67	0,70	10,42	61,80
LR/CF/CP	33,10	12,45	0,00	8,17	53,72
LR/SF/CP	37,59	14,96	0,90	10,73	64,18
LC/CF/SP	33,61	12,73	0,00	8,48	54,82
LC/SF/SP	34,02	12,94	0,00	8,72	55,68
LC/CF/CP	31,03	10,83	0,00	6,41	48,27
LC/SF/CP	31,42	11,59	0,00	7,21	50,22

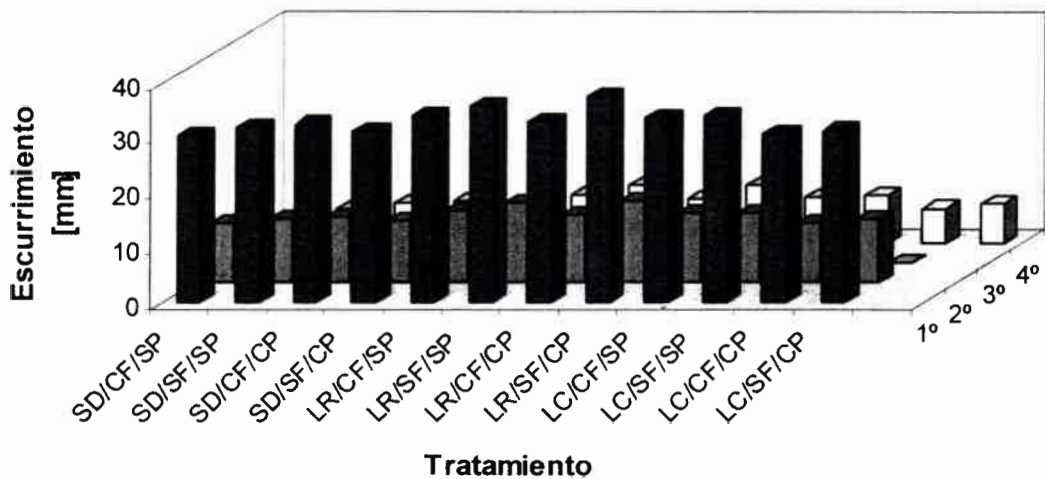


Figura 4.8.11. Esgurrimento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.



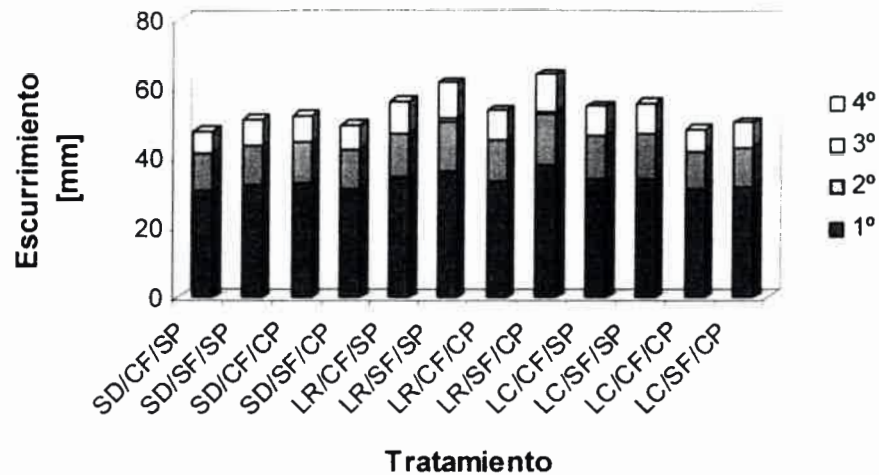


Figura 4.8.12. Ecurrimiento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

4.8.2.1.2. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento considerando la erodabilidad entre surco (K_s), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva de base (K_b) del suelo estimada por ecuaciones.

Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ **Pérdida de suelo**

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.8.7. y en las Figuras 4.8.13. y 4.8.14., respectivamente.

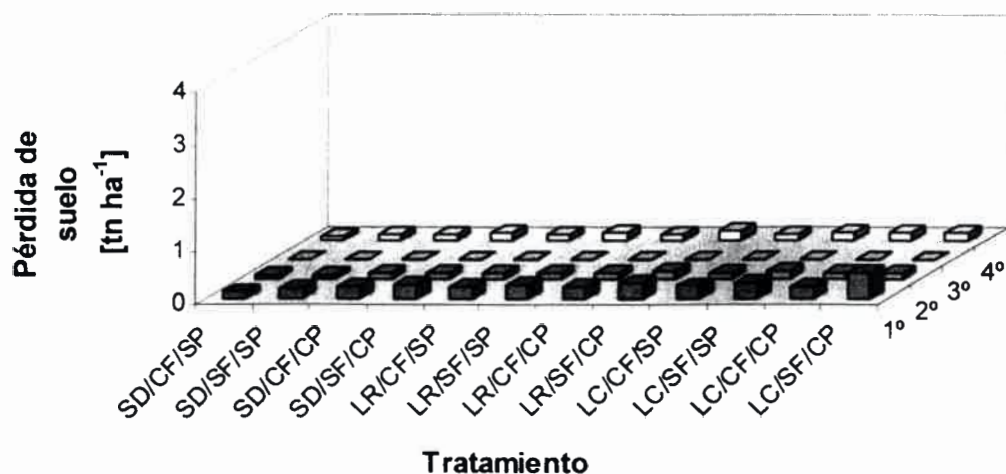


Figura 4.8.13. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.



Tabla 4.8.7. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001,

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,11	0,05	0,00	0,08	0,25
SD/SF/SP	0,17	0,08	0,00	0,10	0,36
SD/CF/CP	0,20	0,09	0,00	0,12	0,41
SD/SF/CP	0,24	0,11	0,00	0,16	0,51
LR/CF/SP	0,21	0,10	0,00	0,13	0,44
LR/SF/SP	0,23	0,12	0,00	0,15	0,50
LR/CF/CP	0,20	0,09	0,00	0,11	0,40
LR/SF/CP	0,27	0,14	0,00	0,18	0,58
LC/CF/SP	0,23	0,11	0,00	0,13	0,47
LC/SF/SP	0,27	0,13	0,00	0,17	0,57
LC/CF/CP	0,21	0,09	0,00	0,14	0,44
LC/SF/CP	0,47	0,09	0,00	0,14	0,71

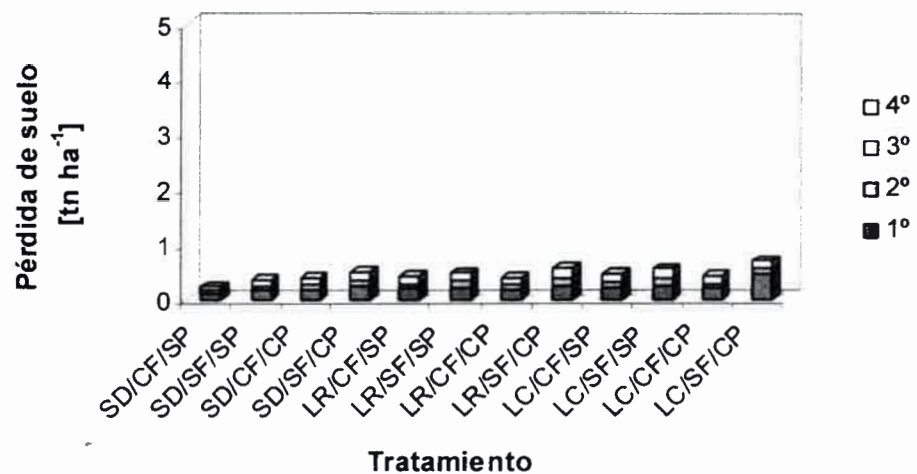


Figura 4.8.14. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.8. y en las Figuras 4.8.15. y 4.8.16., respectivamente.



Tabla 4.8.8. Esguerrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Esguerrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	13,04	7,30	0,00	9,21	29,55
SD/SF/SP	15,00	10,23	0,00	11,67	36,90
SD/CF/CP	15,07	10,31	0,00	11,75	37,13
SD/SF/CP	13,74	8,15	0,00	9,86	31,75
LR/CF/SP	15,71	11,11	0,00	12,63	39,45
LR/SF/SP	17,11	12,72	0,00	14,24	44,07
LR/CF/CP	14,55	9,16	0,00	11,12	34,83
LR/SF/CP	17,48	13,19	0,00	14,70	45,37
LC/CF/SP	15,15	10,42	0,00	11,85	37,42
LC/SF/SP	15,81	11,25	0,00	12,76	39,82
LC/CF/CP	13,19	7,63	0,00	9,31	30,13
LC/SF/CP	13,18	7,45	0,00	9,35	29,98

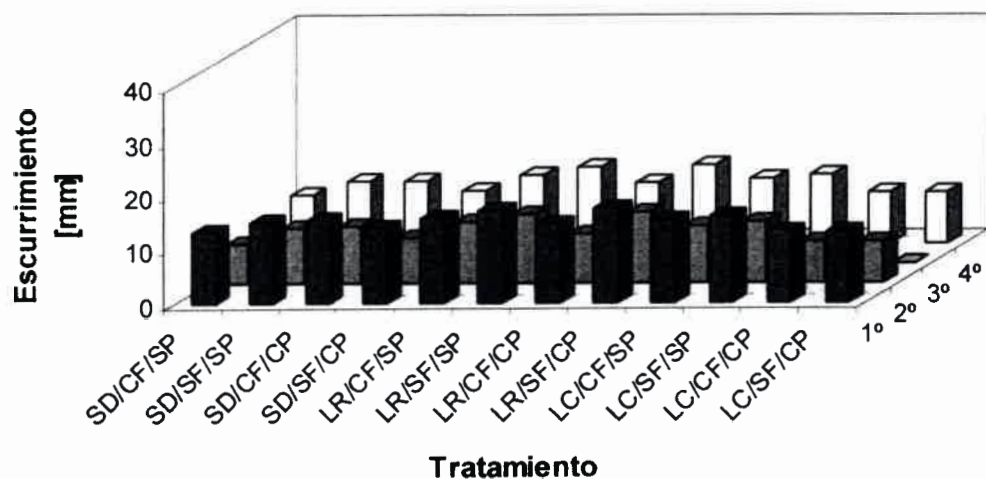


Figura 4.8.15. Esguerrimiento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.



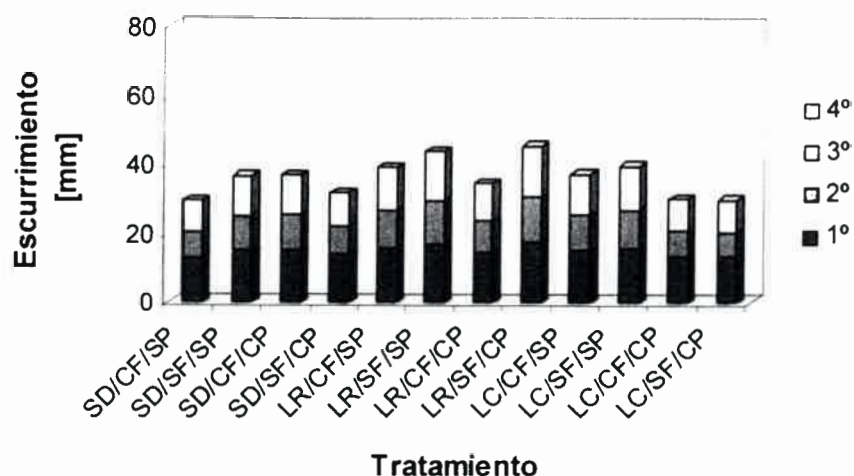


Figura 4.8.16. Escorrimento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.8.9. y en las Figuras 4.8.17. y 4.8.18., respectivamente.

Tabla 4.8.9. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,20	0,01	0,00	0,30	0,51
SD/SF/SP	0,23	0,03	0,00	0,41	0,67
SD/CF/CP	0,26	0,04	0,00	0,46	0,76
SD/SF/CP	0,39	0,02	0,00	0,59	1,00
LR/CF/SP	0,29	0,05	0,00	0,48	0,81
LR/SF/SP	0,32	0,06	0,01	0,52	0,90
LR/CF/CP	0,28	0,03	0,00	0,47	0,78
LR/SF/CP	0,37	0,07	0,01	0,62	1,07
LC/CF/SP	0,30	0,05	0,00	0,53	0,88
LC/SF/SP	0,38	0,06	0,00	0,92	1,36
LC/CF/CP	0,32	0,03	0,00	0,54	0,88
LC/SF/CP	1,08	0,03	0,00	2,82	3,93



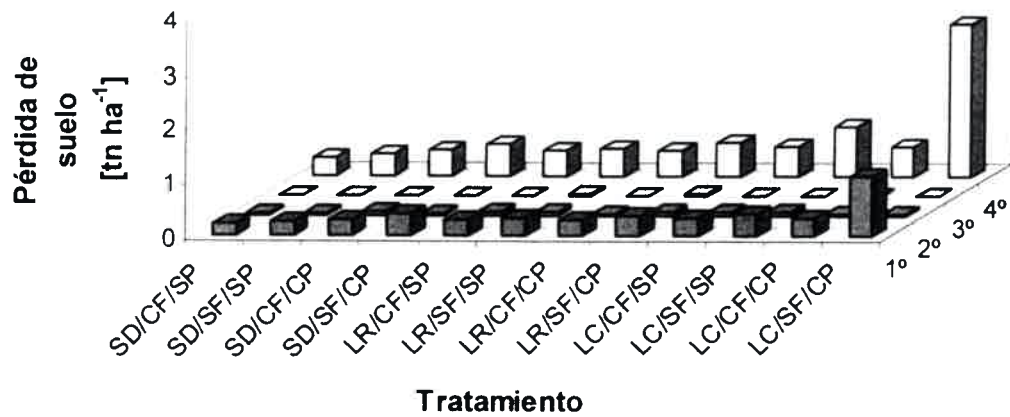


Figura 4.8.17. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

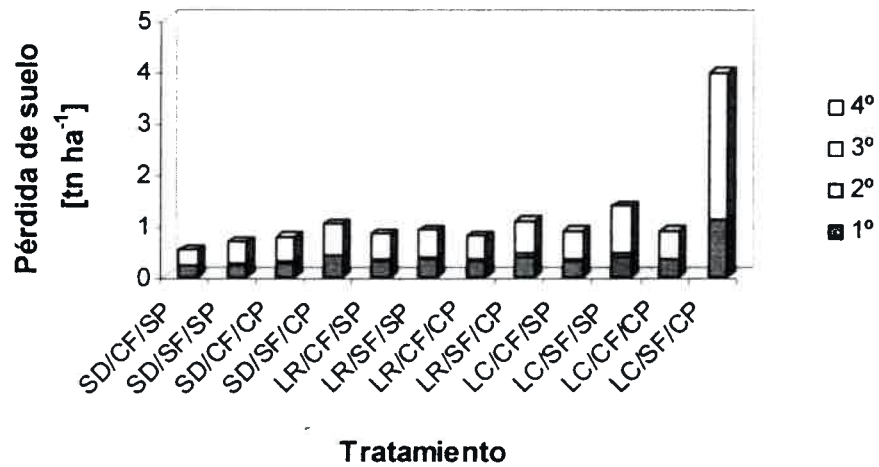


Figura 4.8.18. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.10. y en las Figuras 4.8.19. y 4.8.20., respectivamente.

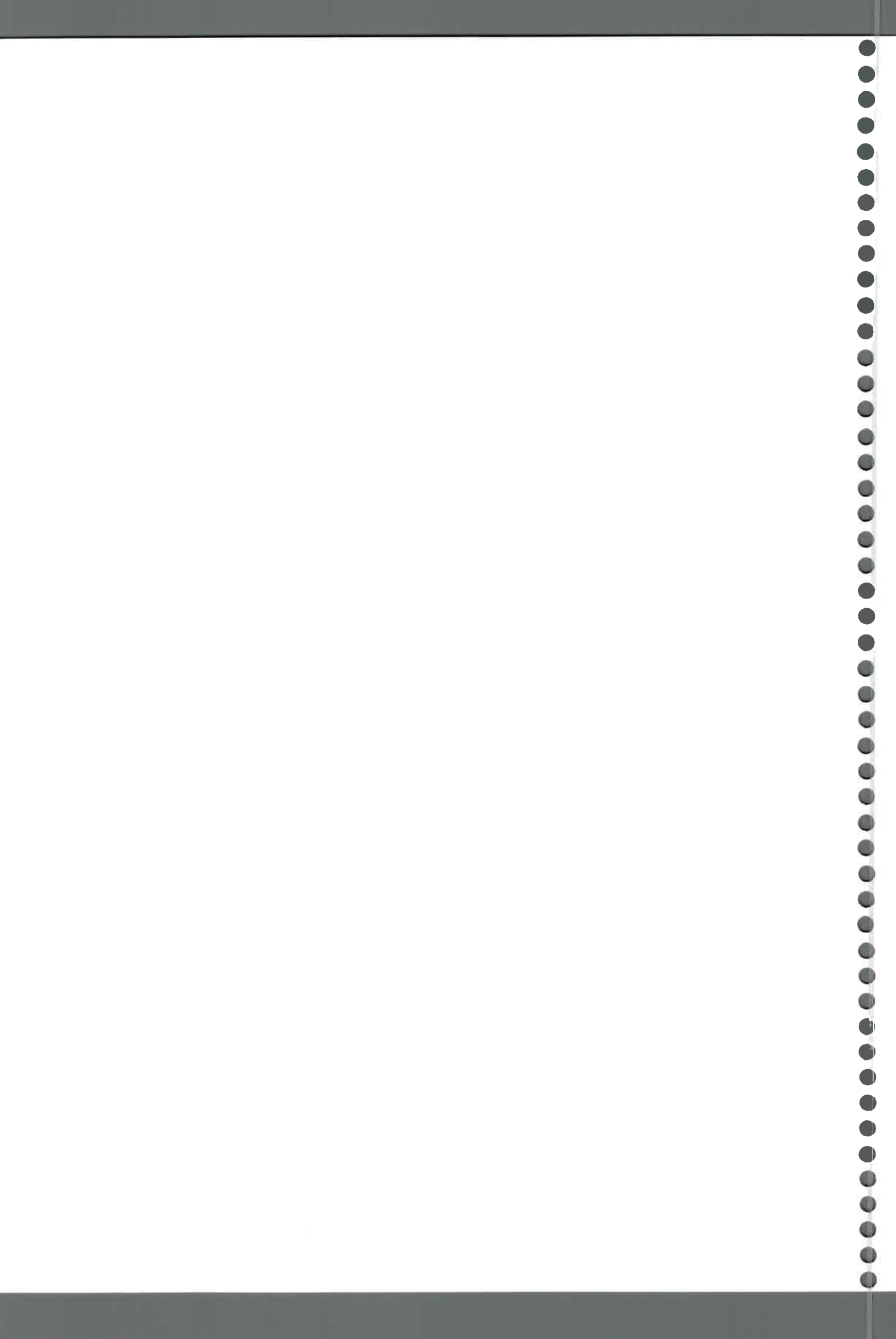


Tabla 4.8.10. Escurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Escurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	20,58	1,09	0,00	30,85	52,52
SD/SF/SP	24,00	4,45	0,12	33,76	62,33
SD/CF/CP	24,04	4,51	0,14	33,79	62,48
SD/SF/CP	21,33	1,86	0,00	31,74	54,93
LR/CF/SP	25,22	5,64	0,35	34,89	66,10
LR/SF/SP	27,05	7,23	1,26	36,64	72,18
LR/CF/CP	22,68	4,00	0,08	33,03	59,79
LR/SF/CP	27,72	7,63	1,52	37,32	74,19
LC/CF/SP	24,41	4,63	0,20	34,10	63,34
LC/SF/SP	25,52	5,77	0,47	35,21	66,97
LC/CF/CP	21,29	2,84	0,00	31,77	55,90
LC/SF/CP	20,66	2,91	0,00	30,83	54,40

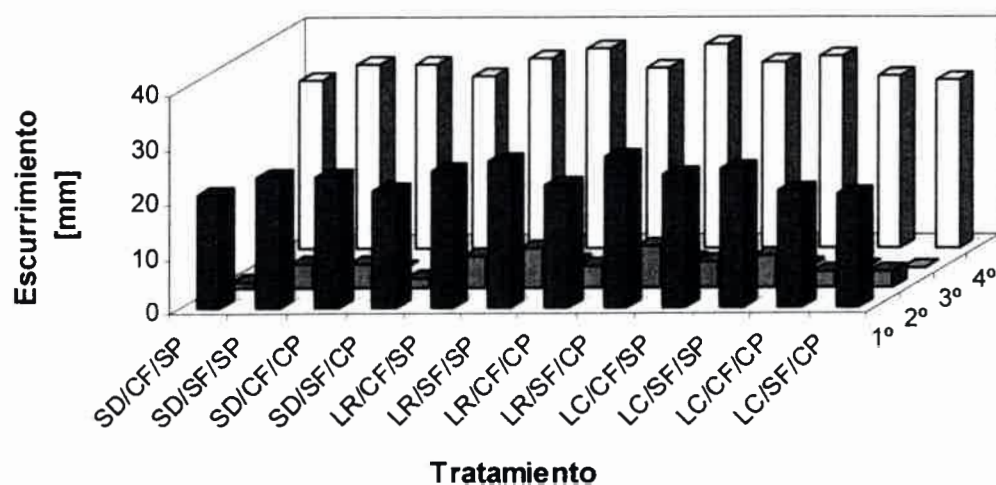
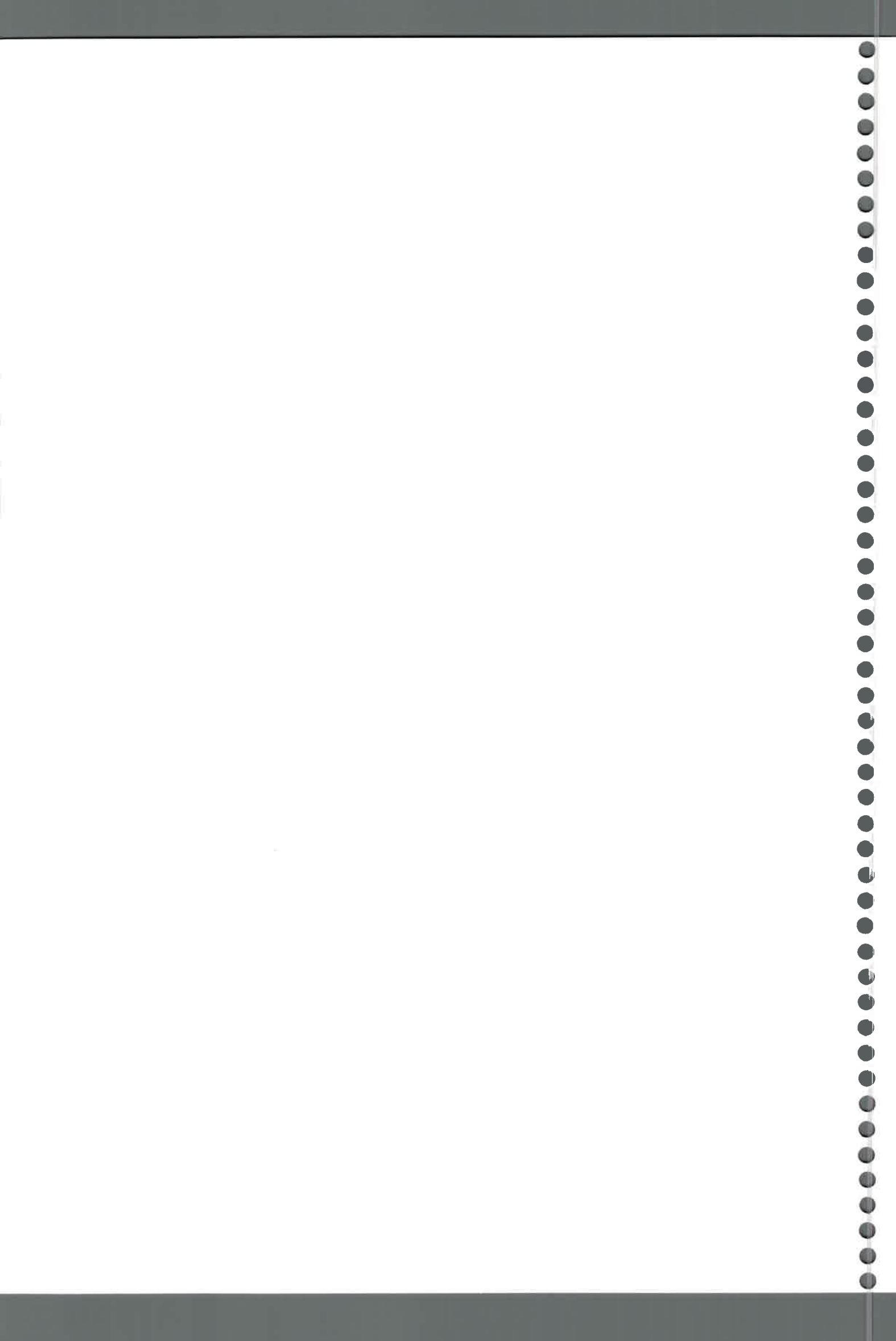


Figura 4.8.19. Escurrimiento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.



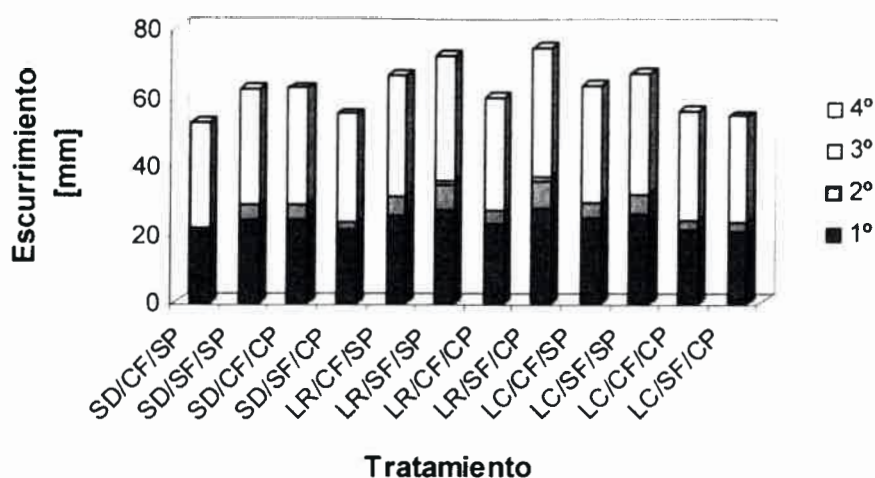


Figura 4.8.20. Escorrimento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

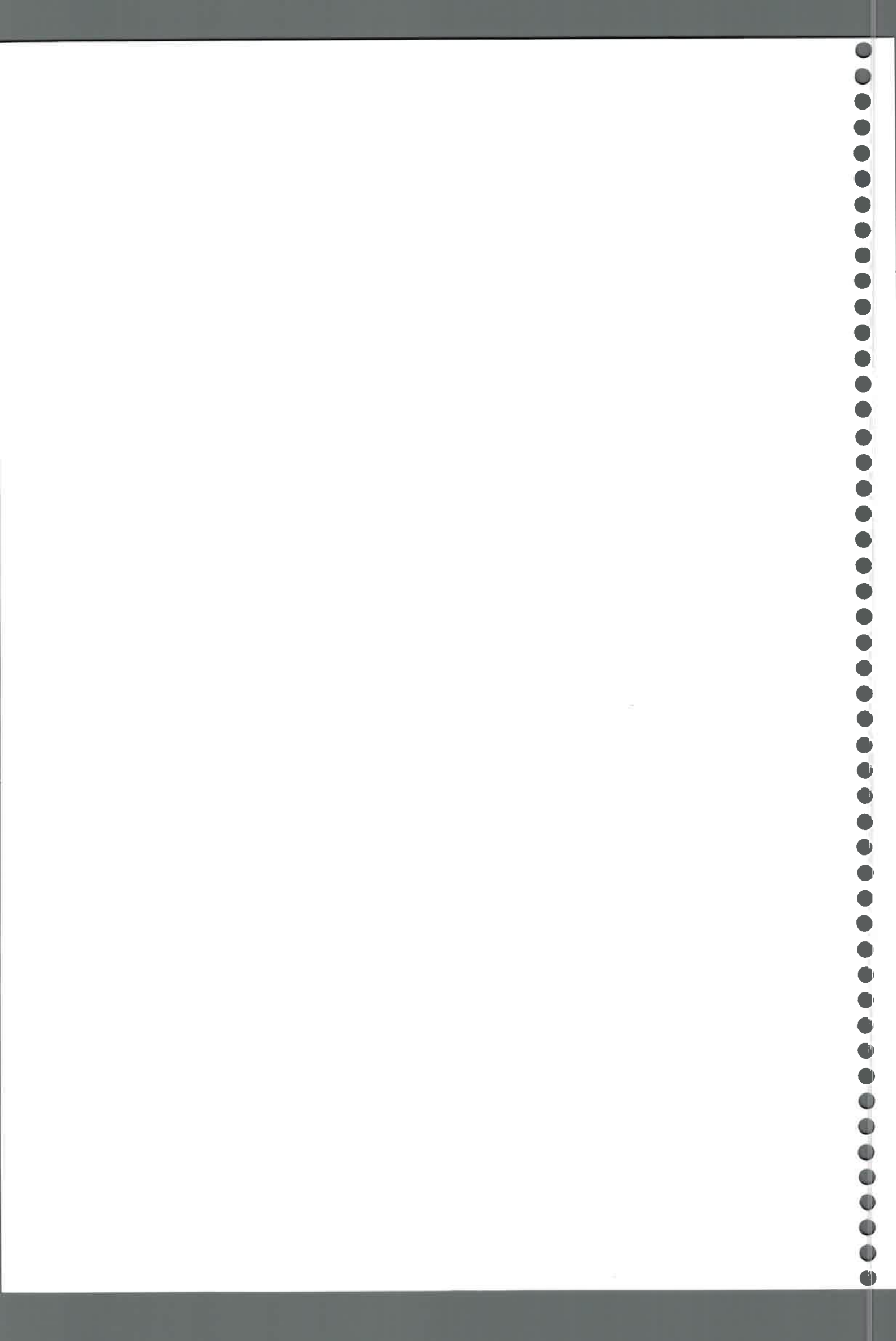
Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.8.11. y en las Figuras 4.8.21. y 4.8.22., respectivamente.

Tabla 4.8.11. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,50	0,12	0,00	0,06	0,67
SD/SF/SP	0,64	0,17	0,00	0,09	0,90
SD/CF/CP	0,72	0,20	0,00	0,10	1,02
SD/SF/CP	0,96	0,25	0,00	0,12	1,32
LR/CF/SP	0,74	0,21	0,00	0,11	1,05
LR/SF/SP	0,91	0,23	0,00	0,13	1,27
LR/CF/CP	0,75	0,20	0,00	0,10	1,04
LR/SF/CP	1,26	0,27	0,00	0,15	1,67
LC/CF/SP	1,43	0,23	0,00	0,11	1,77
LC/SF/SP	2,58	0,27	0,00	0,14	2,99
LC/CF/CP	1,37	0,21	0,00	0,10	1,68
LC/SF/CP	4,01	0,42	0,00	0,10	4,53



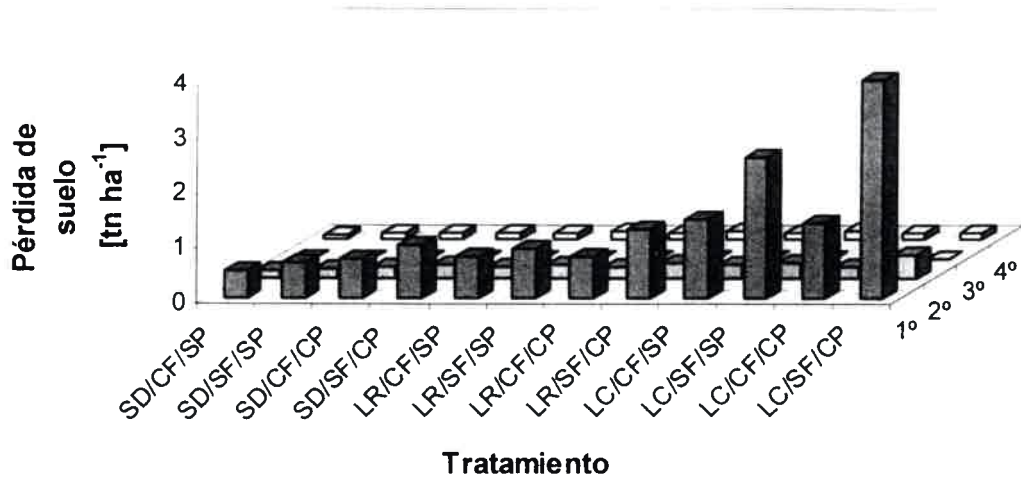


Figura 4.8.21. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

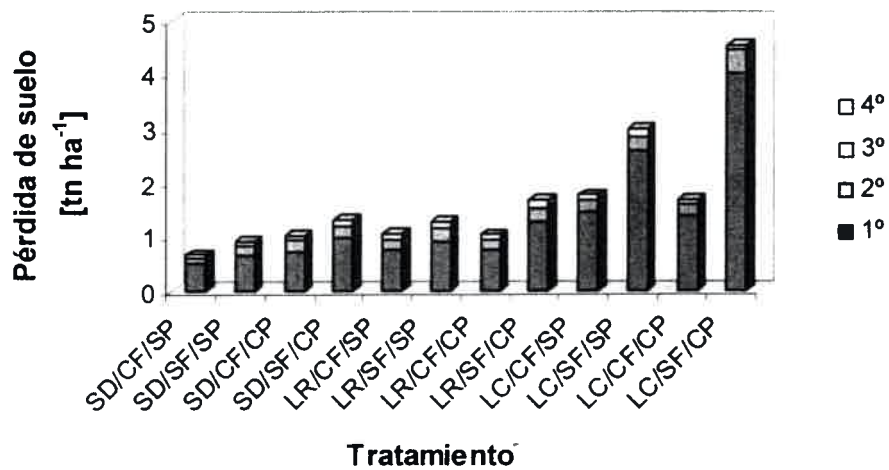


Figura 4.8.22. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

➤Esguerrimiento

El esguerrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en las Tabla 4.8.12. y en las Figuras 4.8.23. y 4.8.24., respectivamente.



Tabla 4.8.12. Esgurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Esgurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	31,92	11,58	0,00	7,21	50,71
SD/SF/SP	34,19	13,19	0,00	8,96	56,34
SD/CF/CP	34,24	13,28	0,00	9,04	56,56
SD/SF/CP	32,65	12,18	0,00	7,88	52,71
LR/CF/SP	35,05	13,79	0,00	9,59	58,43
LR/SF/SP	36,88	15,05	0,10	10,78	62,81
LR/CF/CP	33,63	12,83	0,00	8,57	55,03
LR/SF/CP	38,27	15,33	0,12	11,07	64,79
LC/CF/SP	34,42	13,30	0,01	9,09	56,82
LC/SF/SP	35,24	13,82	0,02	9,65	58,73
LC/CF/CP	32,07	11,58	0,00	7,24	50,89
LC/SF/CP	31,67	11,76	0,00	7,40	50,83

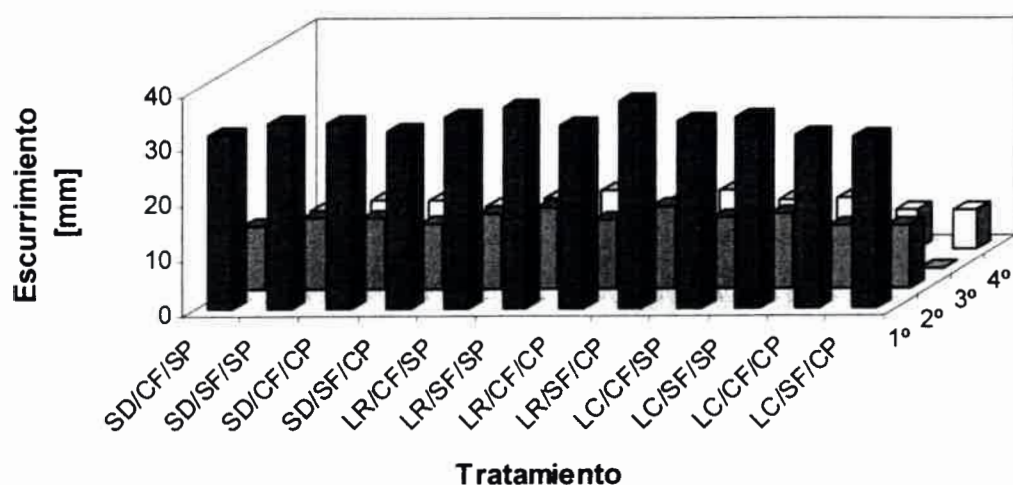


Figura 4.8.23. Esgurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.



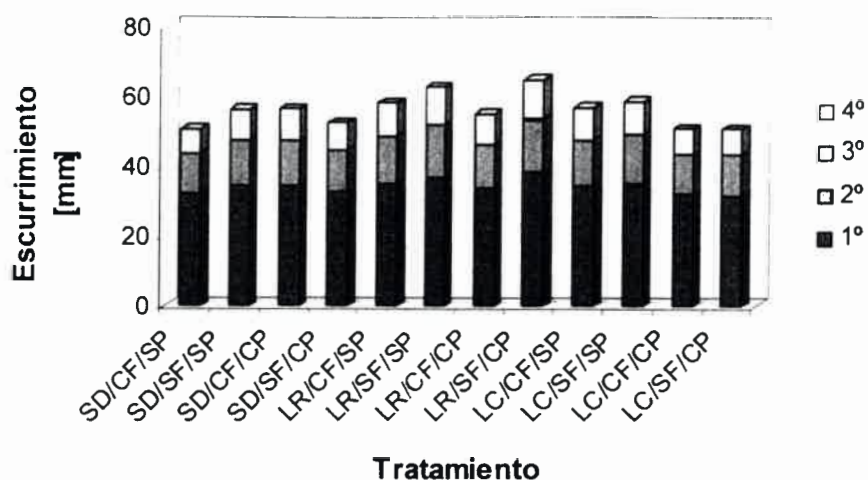


Figura 4.8.24. Ecurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

4.8.2.1.3. *Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento considerando la erodabilidad entre surco (K_s), erodabilidad base en el surco (K_r) y corte hidráulico crítico base (τ_c) del suelo calculados por el modelo WEPP, y la velocidad de infiltración básica a campo.*

Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ **Pérdida de suelo**

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en la Tabla 4.8.13. y en las Figuras 4.8.25. y 4.8.26., respectivamente.

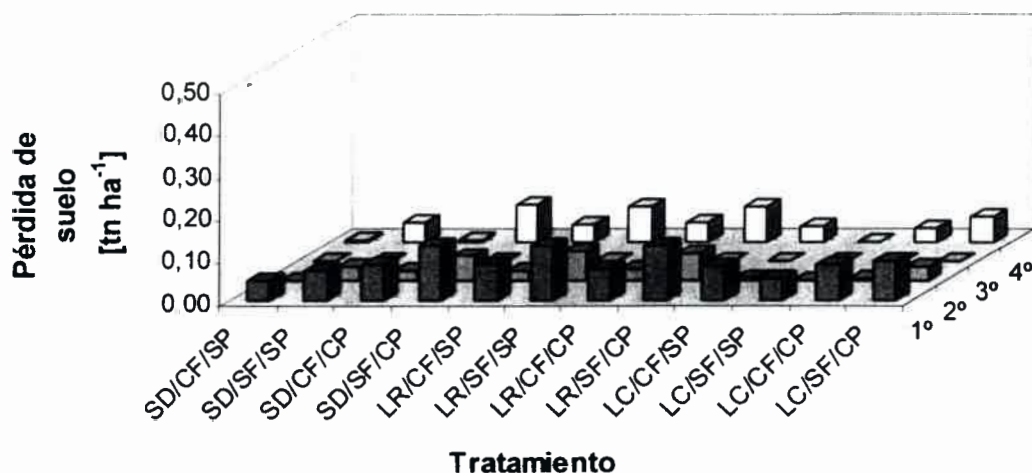


Figura 4.8.25. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tabla 4.8.13. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05
SD/SF/SP	0,07	0,03	0,00	0,05	0,15
SD/CF/CP	0,08	0,02	0,00	0,00	0,11
SD/SF/CP	0,13	0,06	0,00	0,09	0,28
LR/CF/SP	0,08	0,02	0,00	0,04	0,14
LR/SF/SP	0,13	0,07	0,00	0,09	0,28
LR/CF/CP	0,07	0,03	0,00	0,05	0,15
LR/SF/CP	0,13	0,06	0,00	0,08	0,28
LC/CF/SP	0,08	0,01	0,00	0,04	0,12
LC/SF/SP	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05
LC/CF/CP	0,08	0,00	0,00	0,04	0,12
LC/SF/CP	0,09	0,03	0,00	0,06	0,18

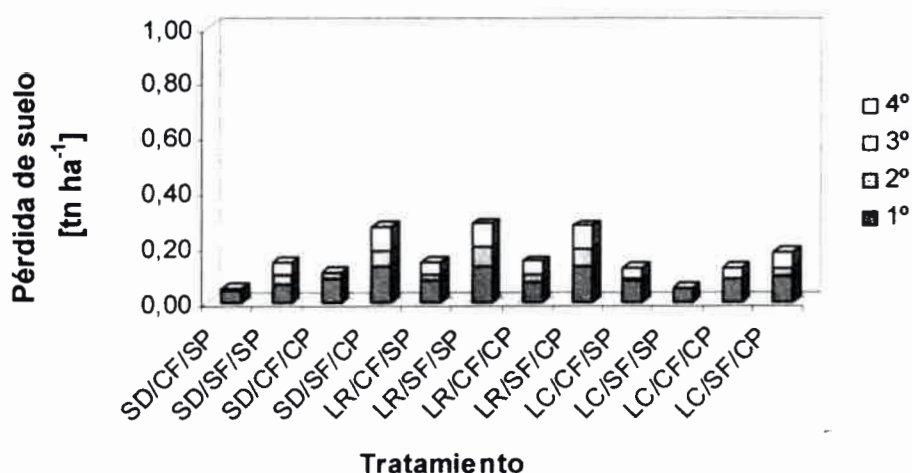


Figura 4.8.26. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

➤Esguerrimiento

El esguerrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.14. y en las Figuras 4.8.27. y 4.8.28., respectivamente.



Tabla 4.8.14. Escurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Tratamiento	Escurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
SD/CF/SP	7,53	0,17	0,00	1,51	9,21
SD/SF/SP	11,95	6,22	0,00	8,23	26,40
SD/CF/CP	9,94	0,46	0,00	6,77	17,17
SD/SF/CP	13,74	8,15	0,00	9,86	31,75
LR/CF/SP	9,72	4,29	0,00	6,59	20,60
LR/SF/SP	18,13	13,88	0,00	15,40	47,41
LR/CF/CP	10,98	5,27	0,00	7,40	23,65
LR/SF/CP	16,39	11,91	0,00	13,43	41,73
LC/CF/SP	8,43	0,93	0,00	5,17	14,53
LC/SF/SP	4,60	0,00	0,00	0,28	4,88
LC/CF/CP	8,20	0,71	0,00	4,92	13,83
LC/SF/CP	10,71	5,11	0,00	7,26	23,08

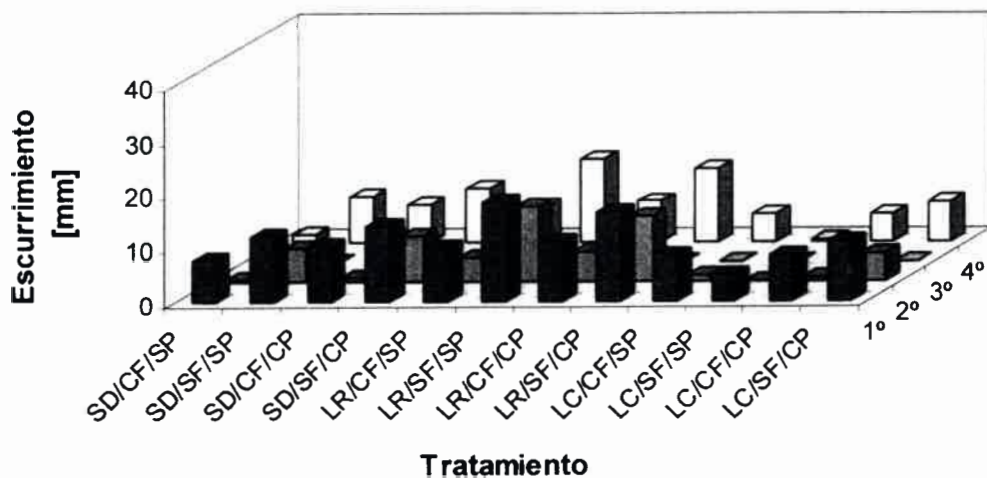


Figura 4.8.27. Escurrimiento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.



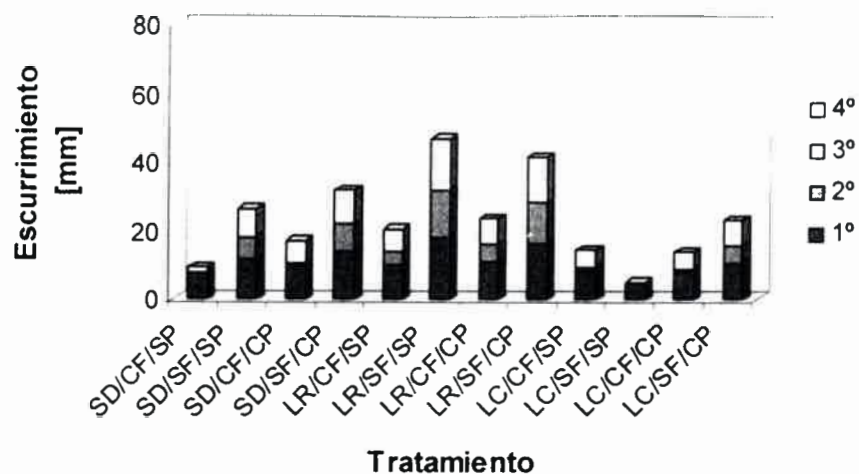


Figura 4.8.28. Escurrencio total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2000-2001.

Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en la Tabla 4.8.15. y en las Figuras 4.8.29. y 4.8.30., respectivamente.

Tabla 4.8.15. Pérdida de suelo por eventos y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,07	0,00	0,00	0,15	0,22
SD/SF/SP	0,12	0,00	0,00	0,19	0,31
SD/CF/CP	0,12	0,00	0,00	0,24	0,37
SD/SF/CP	0,21	0,01	0,00	0,32	0,54
LR/CF/SP	0,12	0,00	0,00	0,24	0,36
LR/SF/SP	0,18	0,04	0,01	0,29	0,51
LR/CF/CP	0,13	0,00	0,00	0,21	0,34
LR/SF/CP	0,18	0,03	0,00	0,30	0,51
LC/CF/SP	0,12	0,00	0,00	0,25	0,37
LC/SF/SP	0,09	0,00	0,00	0,23	0,32
LC/CF/CP	0,12	0,00	0,00	0,26	0,39
LC/SF/CP	0,16	0,00	0,00	0,25	0,41



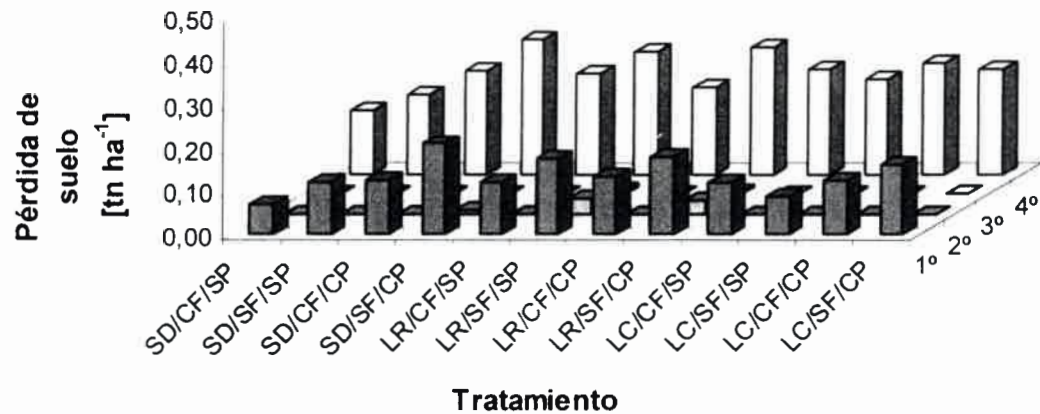


Figura 4.8.29. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

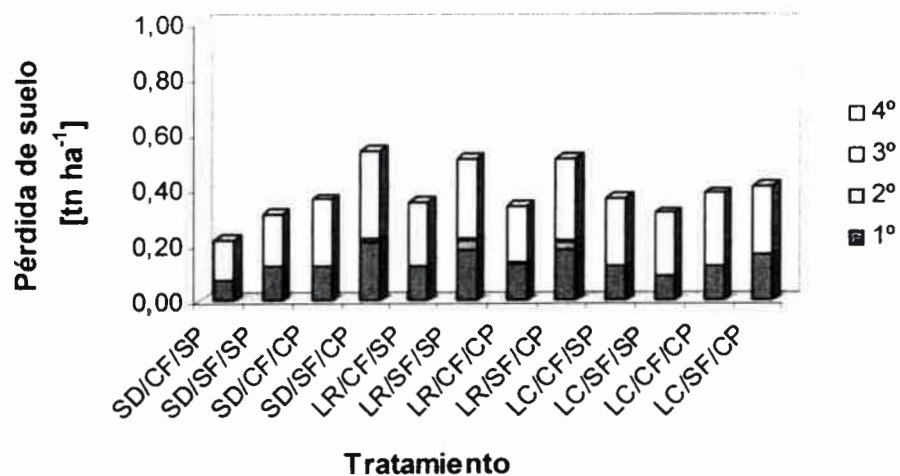


Figura 4.8.30. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

➤Ecurrimiento

El escurrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.16. y en las Figuras 4.8.31. y 4.8.32., respectivamente.



Tabla 4.8.16. Esguerrimieuto por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Tratamiento	Esguerrimieuto [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	13,38	0,00	0,00	22,22	35,60
SD/SF/SP	19,27	0,06	0,00	29,09	48,42
SD/CF/CP	17,14	0,00	0,00	25,91	43,05
SD/SF/CP	21,33	0,19	0,00	31,73	53,25
LR/CF/SP	16,92	0,00	0,00	25,72	42,64
LR/SF/SP	28,51	8,28	1,91	38,05	76,75
LR/CF/CP	18,02	0,15	0,00	27,57	45,74
LR/SF/CP	26,14	6,31	0,84	35,77	69,06
LC/CF/SP	14,90	0,00	0,00	23,74	38,64
LC/SF/SP	8,61	0,00	0,00	17,21	25,82
LC/CF/CP	14,55	0,00	0,00	23,39	37,94
LC/SF/CP	17,78	0,00	0,00	27,17	44,95

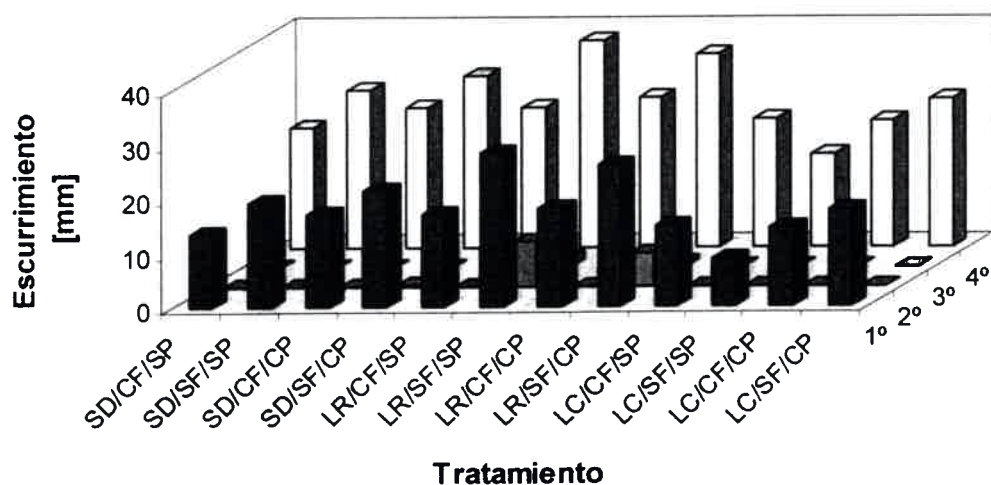


Figura 4.8.33. Esguerrimieuto por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.



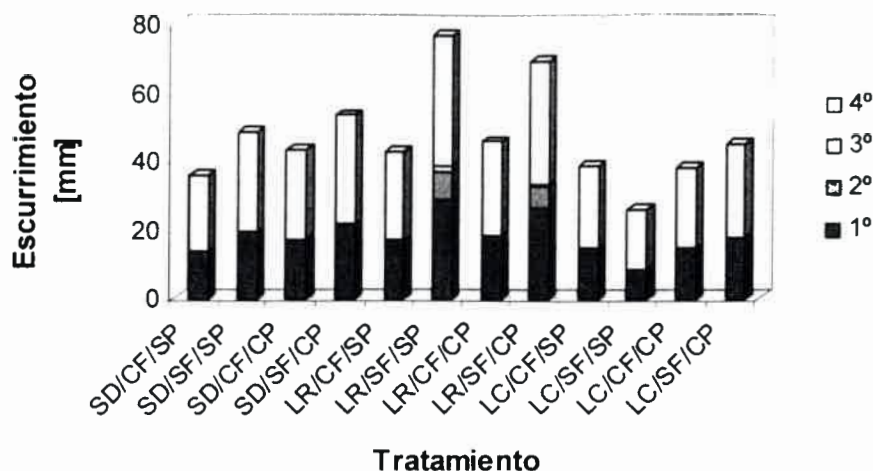


Figura 4.8.34. Ecurrimiento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2001-2002.

Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en la Tabla 4.8.17. y en las Figuras 4.8.35. y 4.8.36., respectivamente.

Tabla 4.8.17. Pérdida de suelo por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	0,227	0,023	0,000	0,002	0,252
SD/SF/SP	0,315	0,071	0,000	0,032	0,418
SD/CF/CP	0,336	0,071	0,000	0,019	0,426
SD/SF/CP	0,512	0,132	0,000	0,062	0,706
LR/CF/SP	0,328	0,068	0,000	0,018	0,414
LR/SF/SP	0,295	0,130	0,001	0,072	0,498
LR/CF/CP	0,353	0,077	0,000	0,038	0,468
LR/SF/CP	0,459	0,130	0,001	0,067	0,657
LC/CF/SP	0,368	0,065	0,000	0,014	0,447
LC/SF/SP	0,352	0,023	0,000	0,000	0,375
LC/CF/CP	0,389	0,067	0,000	0,013	0,469
LC/SF/CP	0,550	0,094	0,000	0,047	0,691



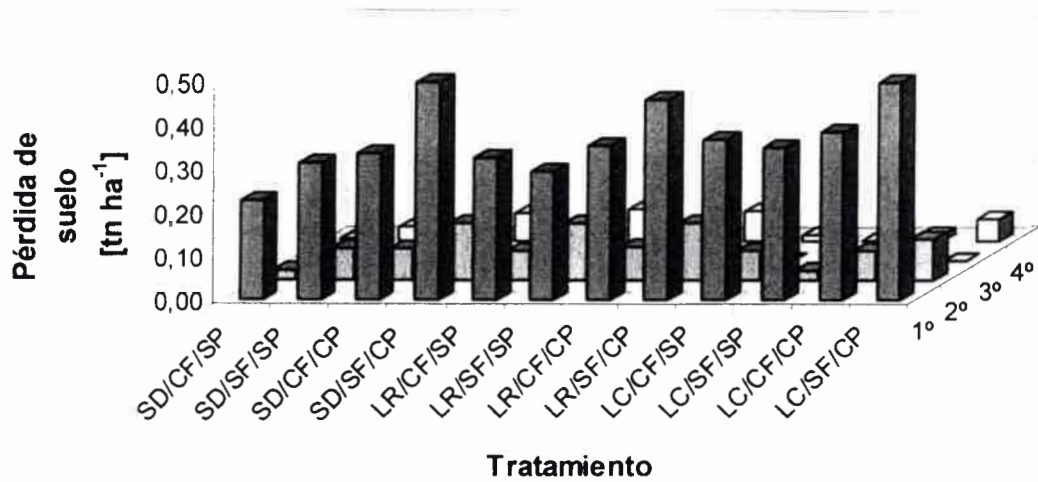


Figura 4.8.35. Pérdida de suelo por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

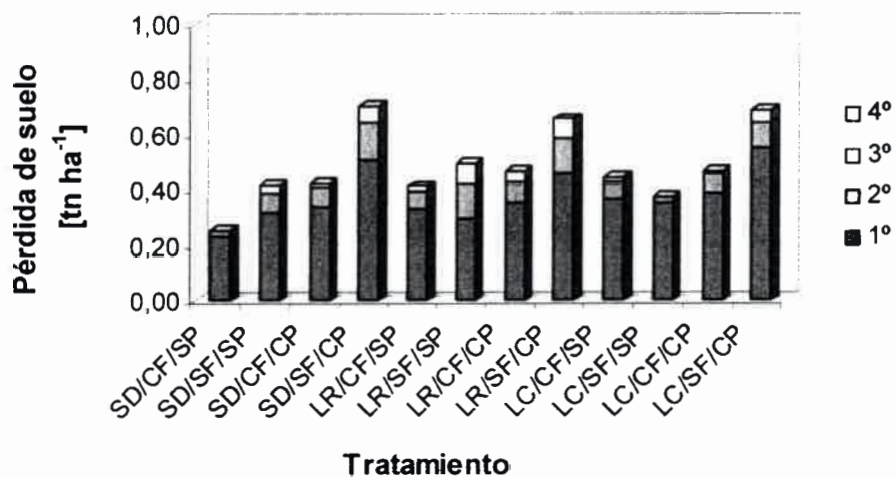


Figura 4.8.36. Pérdida de suelo total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en los diferentes tratamientos de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en las Tablas 4.8.18. y en las Figuras 4.8.37. y 4.8.38., respectivamente.



Tabla 4.8.18. Esgurrimiento por evento y el total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

Tratamiento	Esgurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
SD/CF/SP	25,57	3,31	0,00	0,57	29,45
SD/SF/SP	30,28	10,74	0,00	6,28	47,30
SD/CF/CP	28,33	9,42	0,00	2,67	40,42
SD/SF/CP	32,64	12,18	0,00	7,87	52,69
LR/CF/SP	28,25	9,20	0,00	2,60	40,05
LR/SF/SP	39,08	15,91	0,18	11,55	66,72
LR/CF/CP	29,18	10,00	0,00	5,05	44,23
LR/SF/CP	35,78	14,40	0,04	10,19	60,41
LC/CF/SP	26,83	7,80	0,00	1,68	36,31
LC/SF/SP	22,30	2,00	0,00	0,00	24,30
LC/CF/CP	26,56	7,55	0,00	1,54	35,65
LC/SF/CP	28,93	9,90	0,00	5,01	43,84

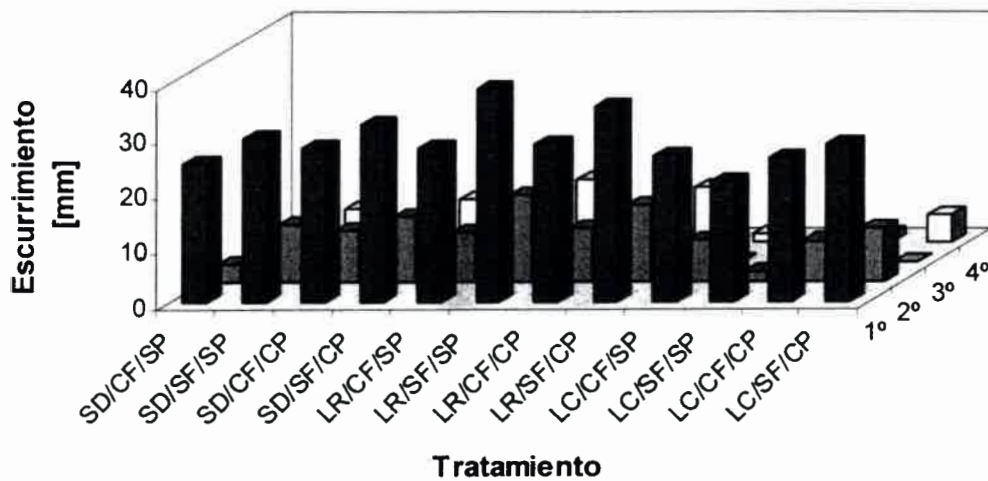


Figura 4.8.37. Esgurrimiento por evento en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.



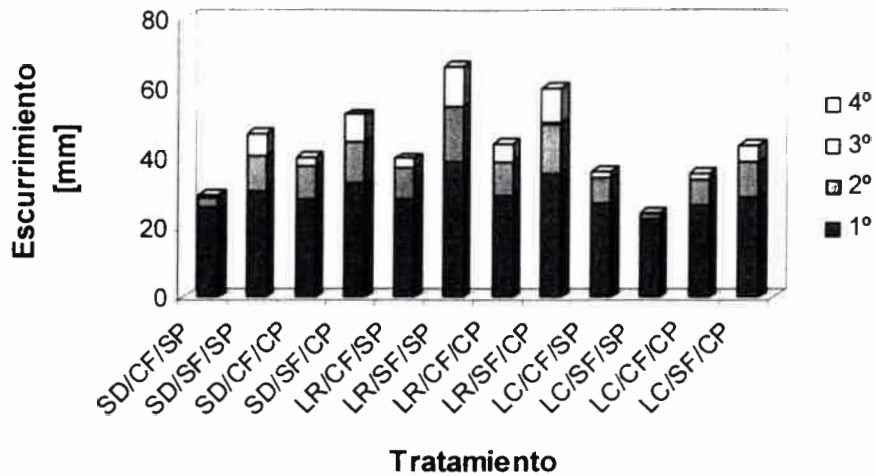


Figura 4.8.38. Escurrimiento total en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril para el ciclo 2002-2003.

4.8.2.1.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo

Mediante el análisis de correlación se evaluó el grado de dependencia entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones efectuadas por el modelo en la pendiente Pozo del Carril.

Considerando todos los datos en forma conjunta se obtiene correlación entre:

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,64$; $p<0,0001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,62$; $p<0,0001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,60$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,82$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,78$; $p<0,0001$).



√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,94$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con los parámetros de erosión calculados por el WEPP y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,95$; $p<0,0001$).

Utilizando en el análisis los datos agrupados por ciclo se observa asociación entre:

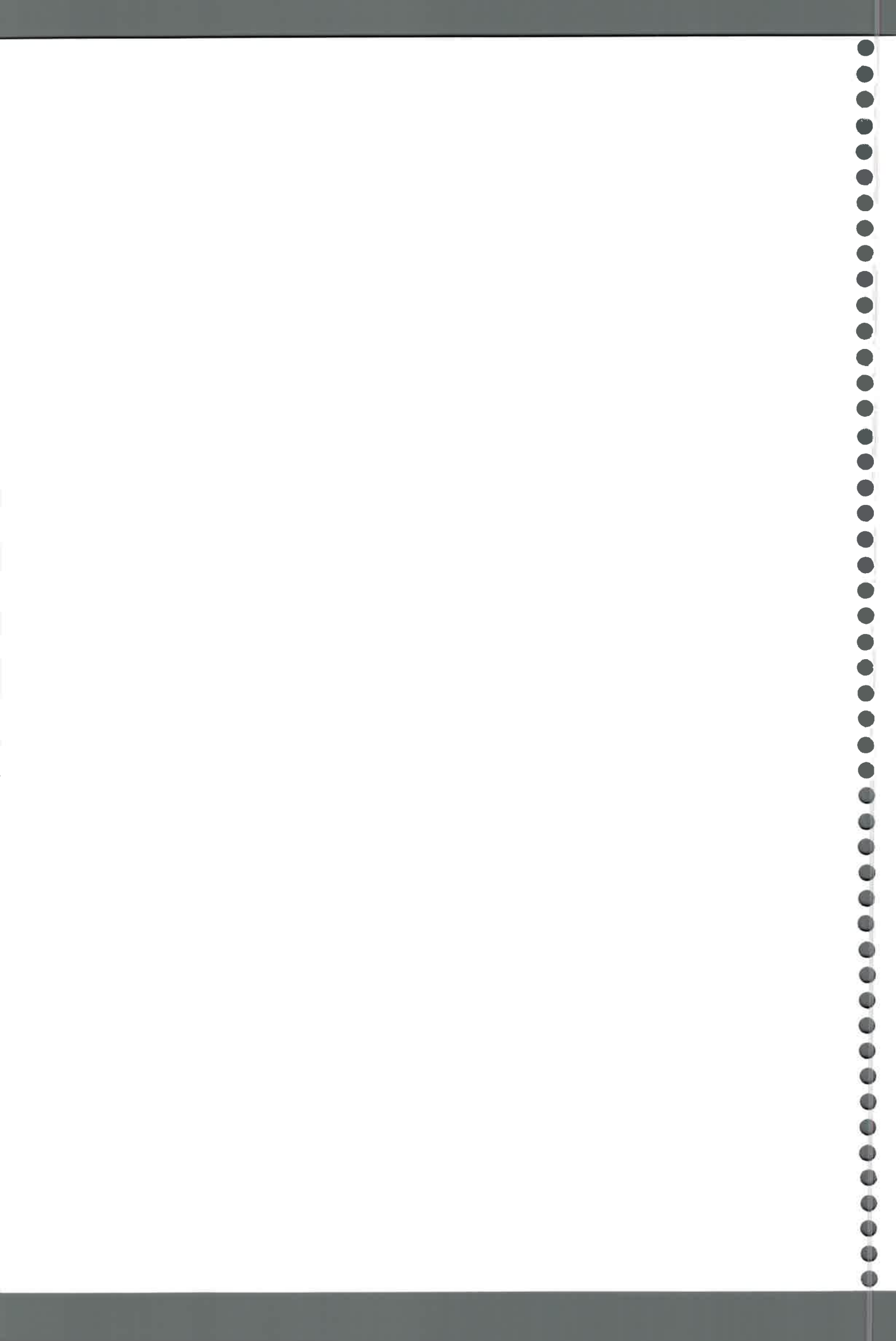
Ciclo 2000-2001

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones ($r=0,52$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,79$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,79$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,86$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo



($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,78$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,81$; $p<0,0001$).

Ciclo 2001-2002

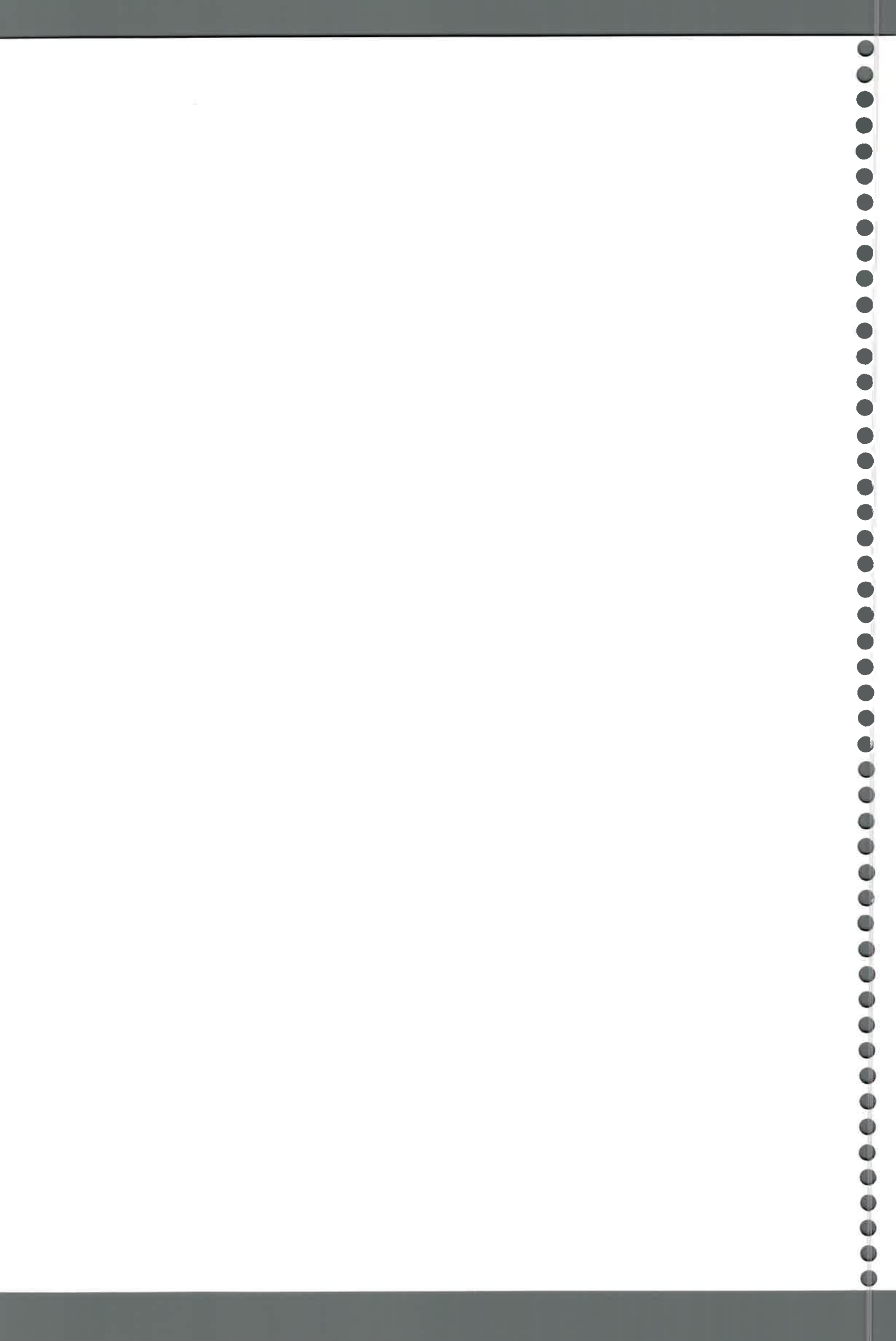
√ La pérdida de suelo medida y la estimada con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP ($r=0,55$; $p<0,0001$) y calculada con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,52$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,68$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,65$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,74$; $p<0,0001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,73$; $p<0,0001$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,74$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,95$; $p<0,0001$).



√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por el WEPP y el establecido con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,95$; $p<0,0001$).

Ciclo 2002-2003

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,65$; $p<0,0001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,70$; $p<0,0001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,63$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,86$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,82$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,0001$).



Considerando los datos agrupados por tratamiento, se verifica asociación en:

SD/CF/SP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,69$; $p<0,01$); valoradas por ecuaciones ($r=0,69$; $p<0,01$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,63$; $p=0,03$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,72$; $p<0,008$); valoradas por ecuaciones ($r=0,72$; $p<0,008$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,63$; $p=0,03$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,0001$).



SD/SF/SP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,59$; $p=0,04$); valoradas por ecuaciones ($r=0,58$; $p=0,05$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,60$; $p=0,04$).

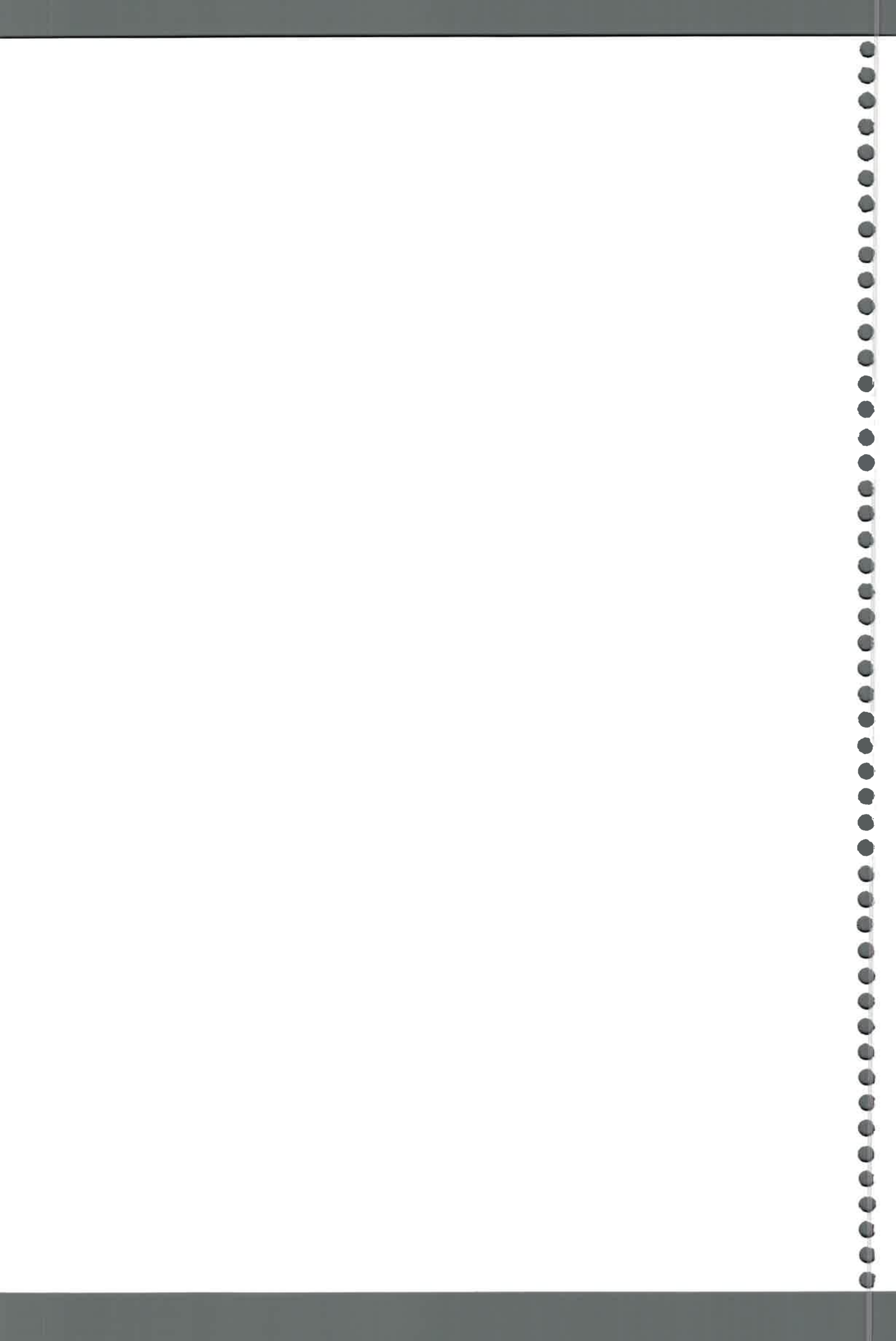
√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,54$; $p=0,07$); valoradas por ecuaciones ($r=0,52$; $p=0,08$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,55$; $p=0,07$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).



SD/CF/CP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,78$; $p<0,002$); valoradas por ecuaciones ($r=0,75$; $p<0,005$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,73$; $p<0,01$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

SD/SF/CP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,89$; $p<0,0001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,89$; $p<0,0001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,89$; $p<0,0001$).



√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,66$; $p=0,02$); valoradas por ecuaciones ($r=0,65$; $p=0,02$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,67$; $p=0,02$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

LR/CF/SP

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).



√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

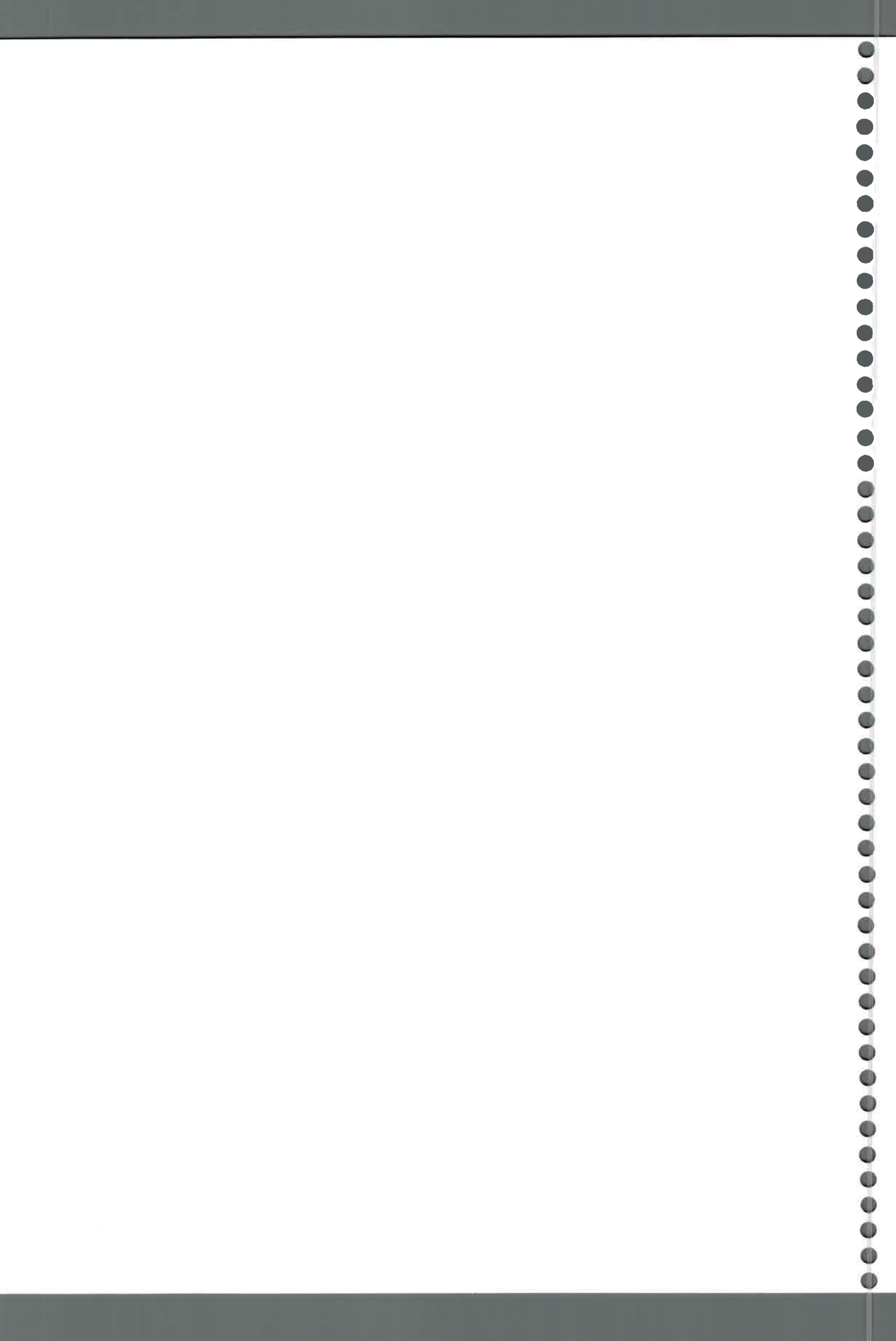
LR/SF/SP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,53$; $p=0,07$); valoradas por ecuaciones ($r=0,52$; $p=0,08$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,56$; $p=0,06$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,94$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo



($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

LR/CF/CP

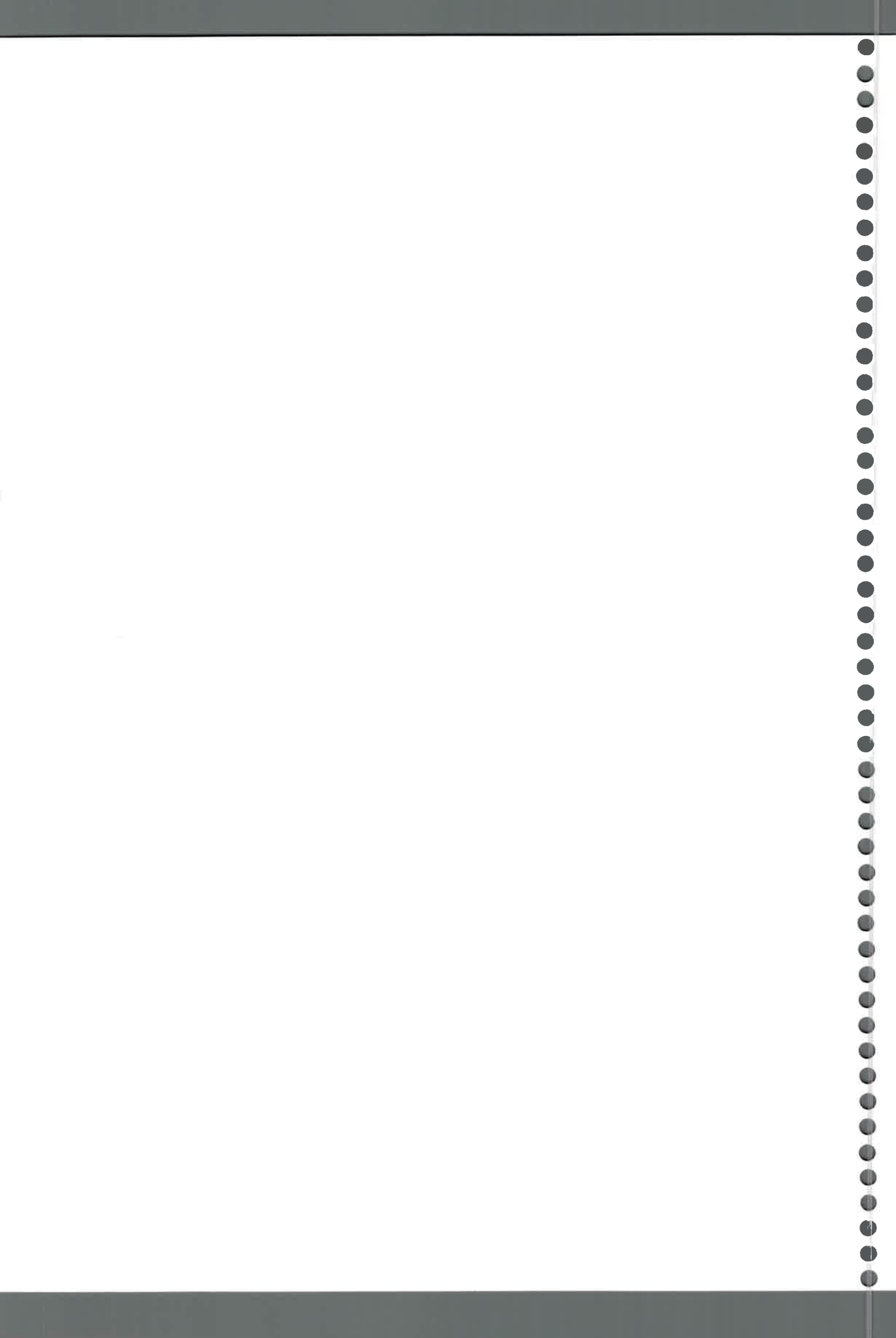
√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,64$; $p=0,03$); valoradas por ecuaciones ($r=0,64$; $p=0,03$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,65$; $p=0,02$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,69$; $p<0,01$); valoradas por ecuaciones ($r=0,68$; $p<0,01$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,70$; $p<0,01$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo



($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

LR/SF/CP

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,91$; $p<0,00001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,00001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

LC/CF/SP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,77$; $p<0,003$); valoradas por ecuaciones



($r=0,86$; $p<0,0003$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,74$; $p<0,01$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,97$; $p<0,00001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,96$; $p<0,00001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

LC/SF/SP

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con los parámetros de erosión calculados por el WEPP ($r=0,51$; $p=0,09$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,95$; $p<0,00001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,96$; $p<0,00001$).



√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,00001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,91$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,92$; $p<0,00001$).

LC/CF/CP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,96$; $p<0,0001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,96$; $p<0,00001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,86$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,97$; $p<0,00001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,96$; $p<0,00001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo



($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

LC/SF/CP

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,77$; $p<0,003$); valoradas por ecuaciones ($r=0,64$; $p=0,02$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,77$; $p<0,003$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,96$; $p<0,00001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,97$; $p<0,00001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).



Considerando todos los datos agrupados por sistema de labranza, se observa correlación en:

Siembra directa

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,75$; $p<0,00001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,75$; $p<0,000001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,77$; $p<0,000001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

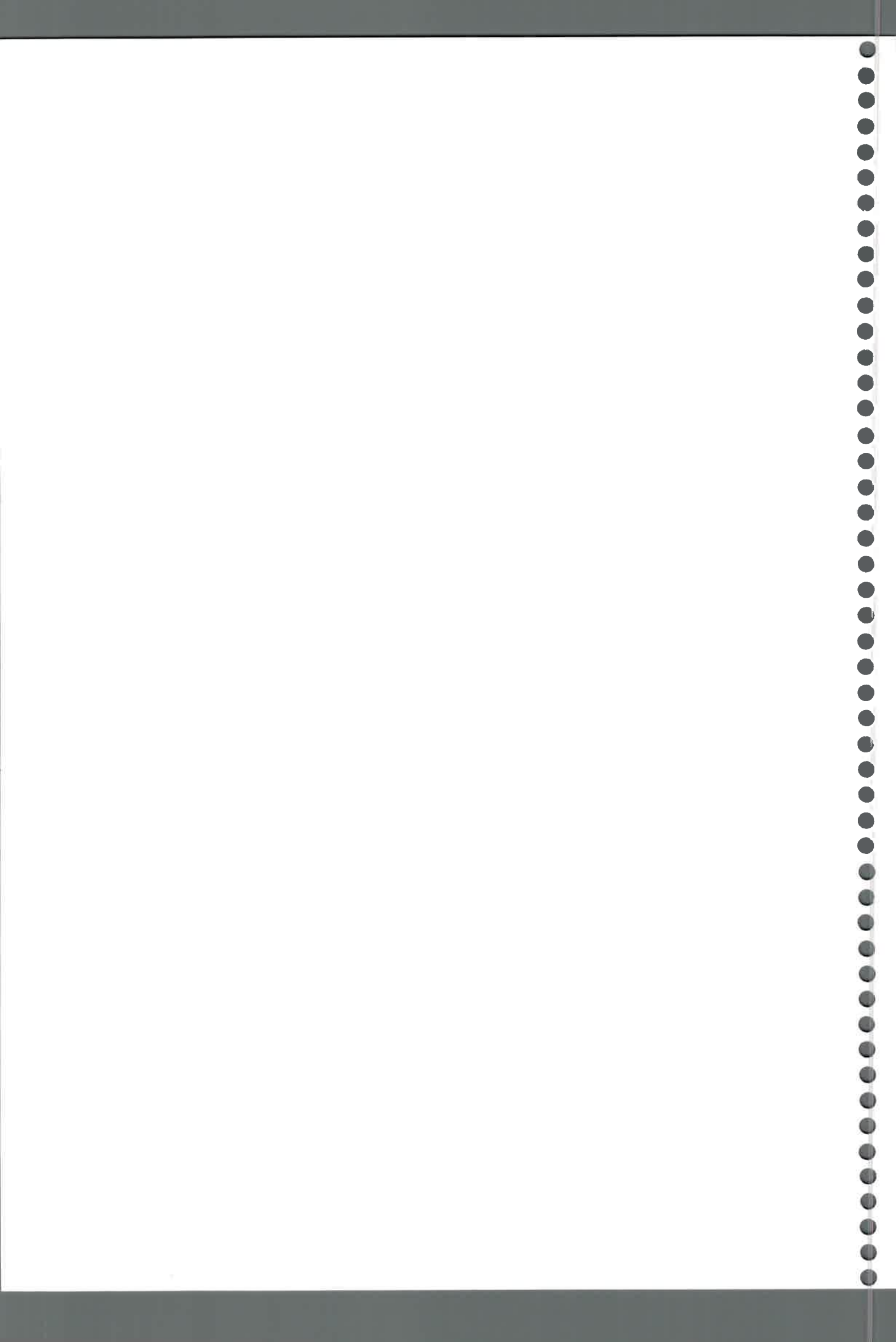
√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,001$).

Labranza reducida

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculadas por ecuaciones ($r=0,51$; $p<0,0001$), y estimados por el



modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,52$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,94$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,97$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,96$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p<0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,001$).

Labranza convencional

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,73$; $p<0,000001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,60$; $p<0,000001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,73$; $p<0,000001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,88$;



$p < 0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,88$; $p < 0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p < 0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,99$; $p < 0,001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,92$; $p < 0,001$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,93$; $p < 0,001$).

Considerando solo los datos totales en forma conjunta se obtiene asociación entre:

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,71$; $p < 0,00001$); valoradas por ecuaciones ($r=0,61$; $p < 0,00001$), y estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,60$; $p < 0,00001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,71$; $p < 0,00001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,57$; $p < 0,0001$).



√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,89$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,98$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,77$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por el WEPP y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,77$; $p<0,00001$).

Con los datos totales agrupados por ciclo, se observa relación en:

Ciclo 2000-2001

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones ($r=0,58$; $p=0,05$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,83$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,60$; $p=0,04$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo



($r=0,95$; $p<0,00001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,52$; $p=0,08$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,59$; $p=0,05$).

Ciclo 2001-2002

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con parámetros de erosión establecidos por: el modelo WEPP ($r=0,79$; $p<0,002$) y calculada con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,70$; $p=0,01$).

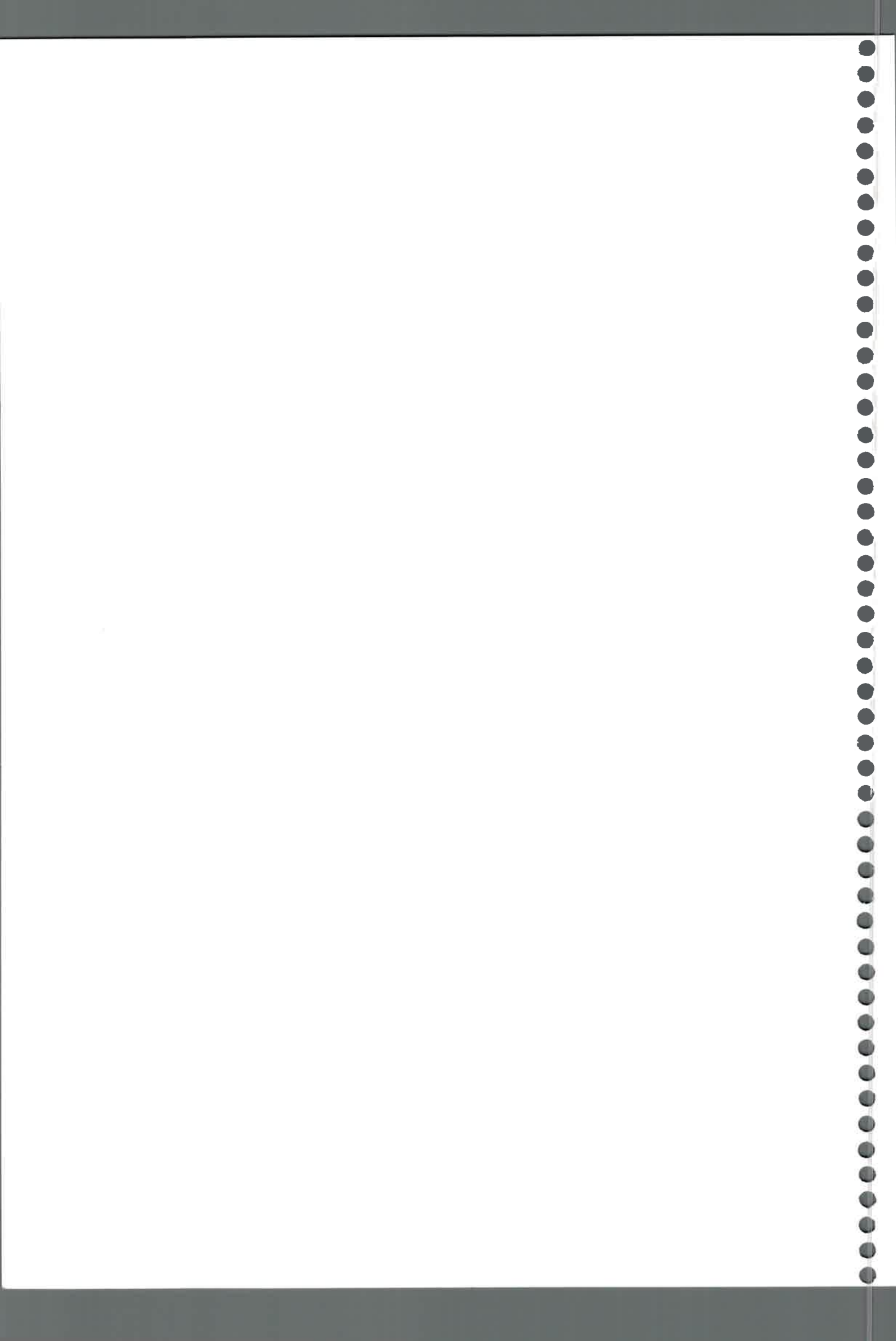
√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,75$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,90$; $p<0,00001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,65$; $p=0,02$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por el WEPP y el establecido con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,55$; $p=0,06$).

Ciclo 2002-2003

√ La pérdida de suelo medida y las estimadas con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,60$; $p=0,04$) y valoradas por ecuaciones ($r=0,66$; $p=0,02$).



√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la establecida con valores calculados por el modelo ($r=0,84$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,63$; $p=0,03$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el escurrimiento establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,97$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,53$; $p=0,08$).

√ El escurrimiento calculado con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y el escurrimiento estimado con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,56$; $p=0,06$).

4.8.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

4.8.2.2.1. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento considerando la erodabilidad entre surco (K_s), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva (K_e) del suelo calculados por el modelo WEPP.

Evaluación en el ciclo 1999-2000

➤Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 1999-2003 se presentan en las Tabla 4.8.19. y en las Figuras 4.8.39. a la 4.8.40., respectivamente.

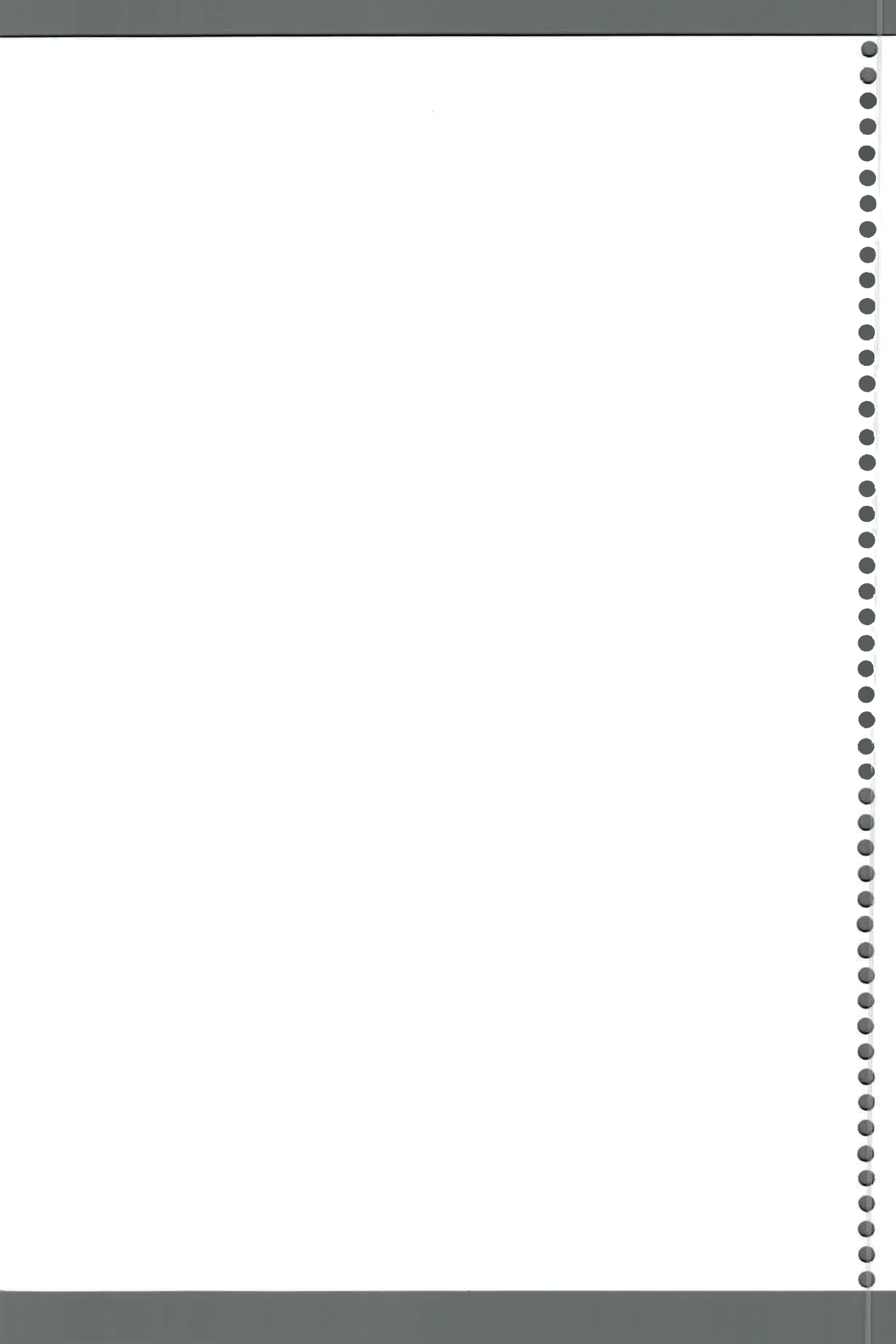


Tabla 4.8.19. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Perdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,00	0,02	0,20	0,64	0,86
Loma alta	0,00	0,48	2,01	4,59	7,08
Loma media	0,00	0,65	2,09	4,66	7,40
Loma baja	0,00	0,31	1,27	2,95	4,52

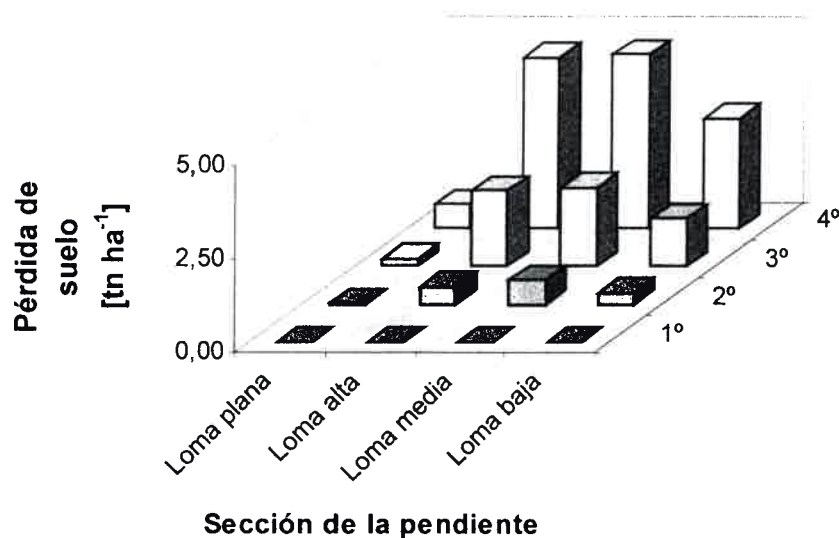


Figura 4.8.39. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

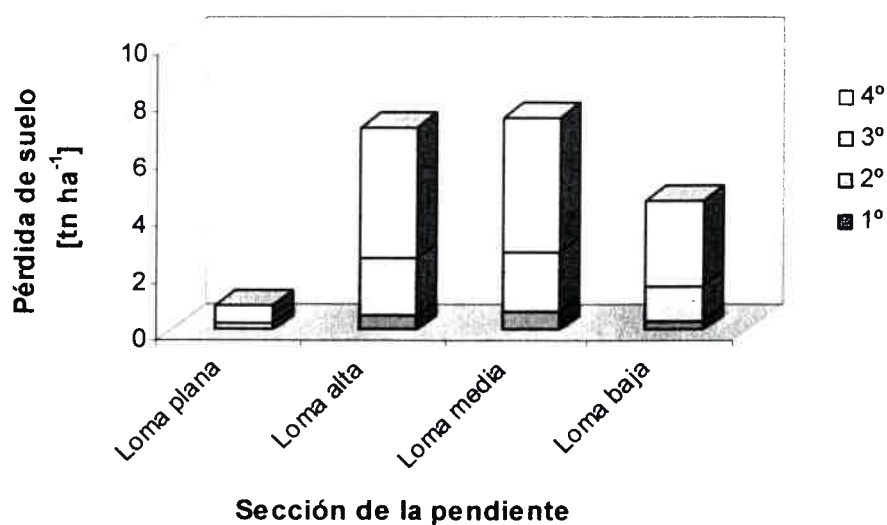


Figura 4.8.40. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.



➤ Esgurrimiento

El esgurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 1999-2000 se presentan en las Tabla 4.8.20. y en las Figuras 4.8.41. y 4.8.42., respectivamente.

Tabla 4.8.20. Esgurrimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Esgurrimiento [mm]				
	Evento				Total
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,00	4,80	20,09	50,94	75,83
Loma alta	0,00	5,38	20,69	51,58	77,65
Loma media	0,00	7,23	21,87	53,63	82,73
Loma baja	0,00	0,31	21,79	53,26	75,36

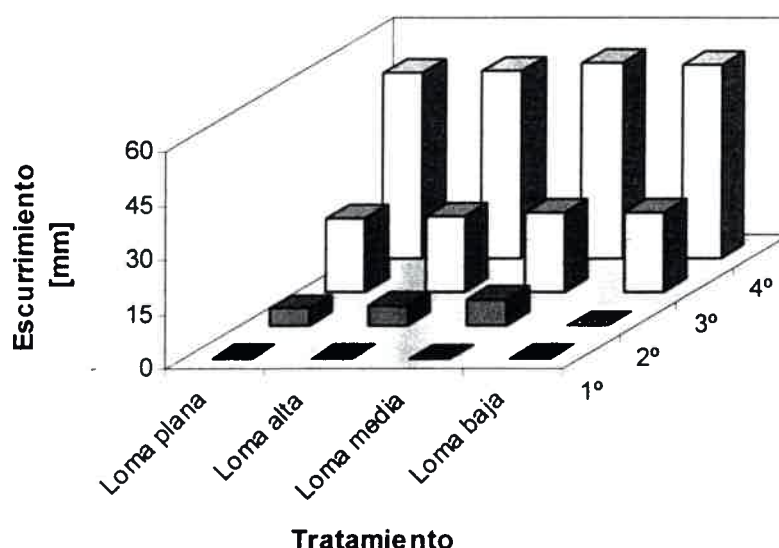


Figura 4.8.41. Esgurrimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

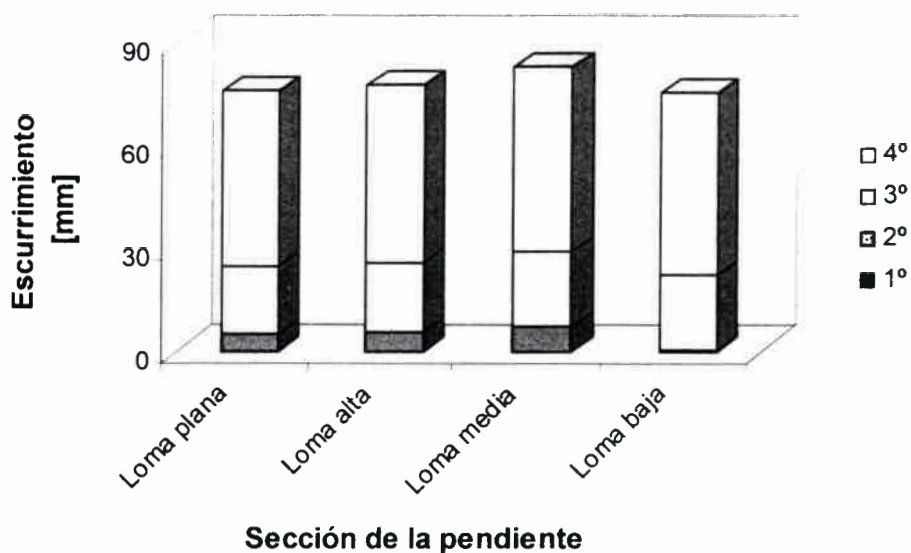


Figura 4.8.42. Escurrimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.21. y en las Figuras 4.8.43. y 4.8.44., respectivamente.

Tabla 4.8.21. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
Loma plana	0,11	0,05	0,00	0,08	0,24
Loma alta	1,35	0,80	0,00	0,98	3,13
Loma media	1,42	0,90	0,00	1,05	3,36
Loma baja	0,85	0,51	0,00	0,63	1,99



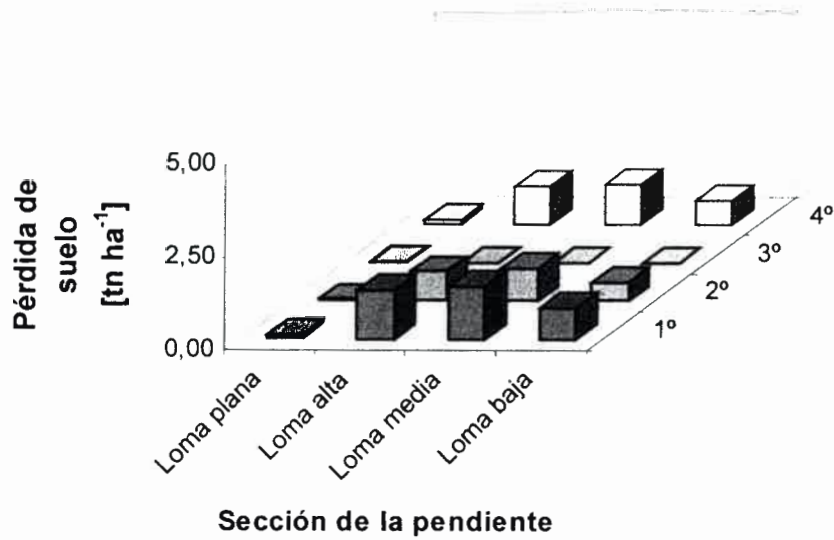


Figura 4.8.43. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

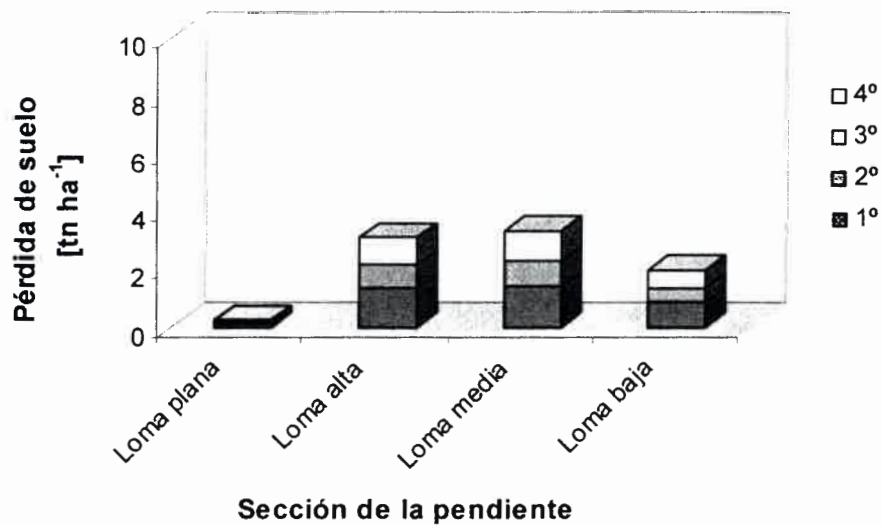


Figura 4.8.44. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

➤ **Escurremient**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.22, y en las Figuras 4.8.45. y 4.8.46., respectivamente.

Tabla 4.8.22. Esgurrimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Esgurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	13,04	7,33	0,00	9,21	29,58
Loma alta	13,65	7,94	0,00	9,82	31,41
Loma media	14,62	9,12	0,00	10,74	34,48
Loma baja	14,57	9,07	0,00	10,71	34,35

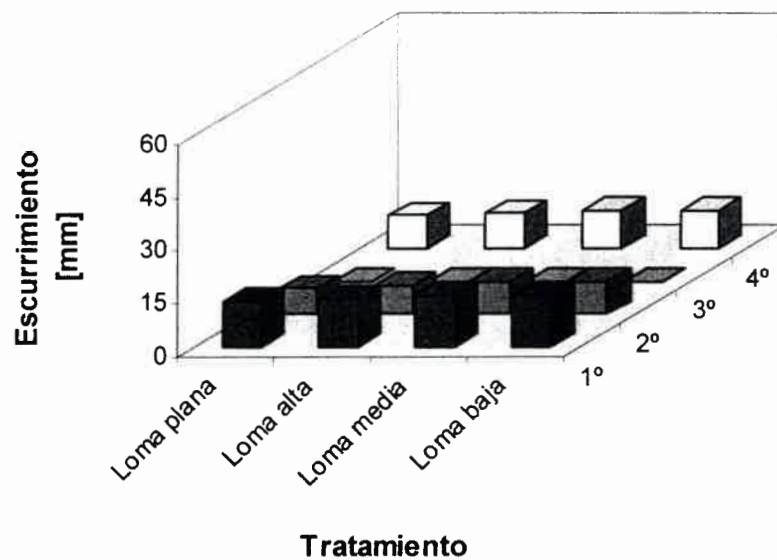


Figura 4.8.45. Esgurrimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

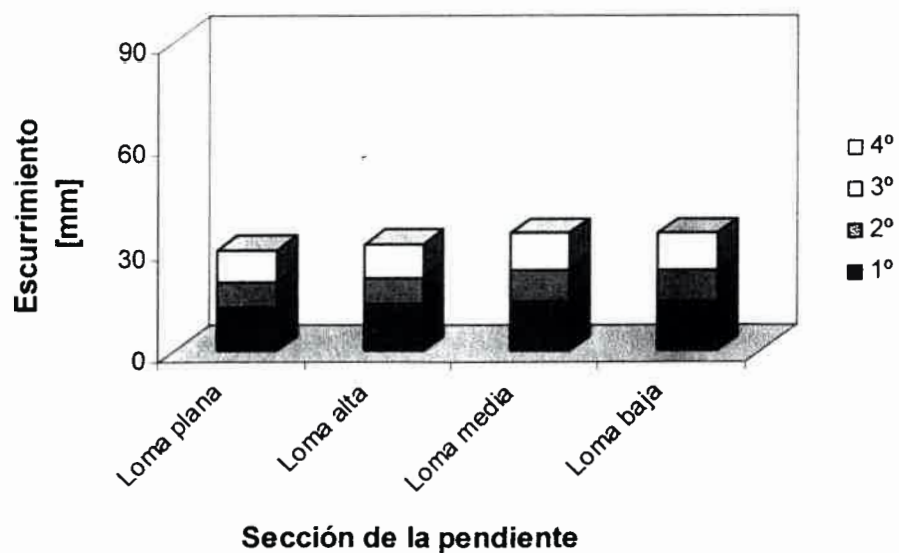
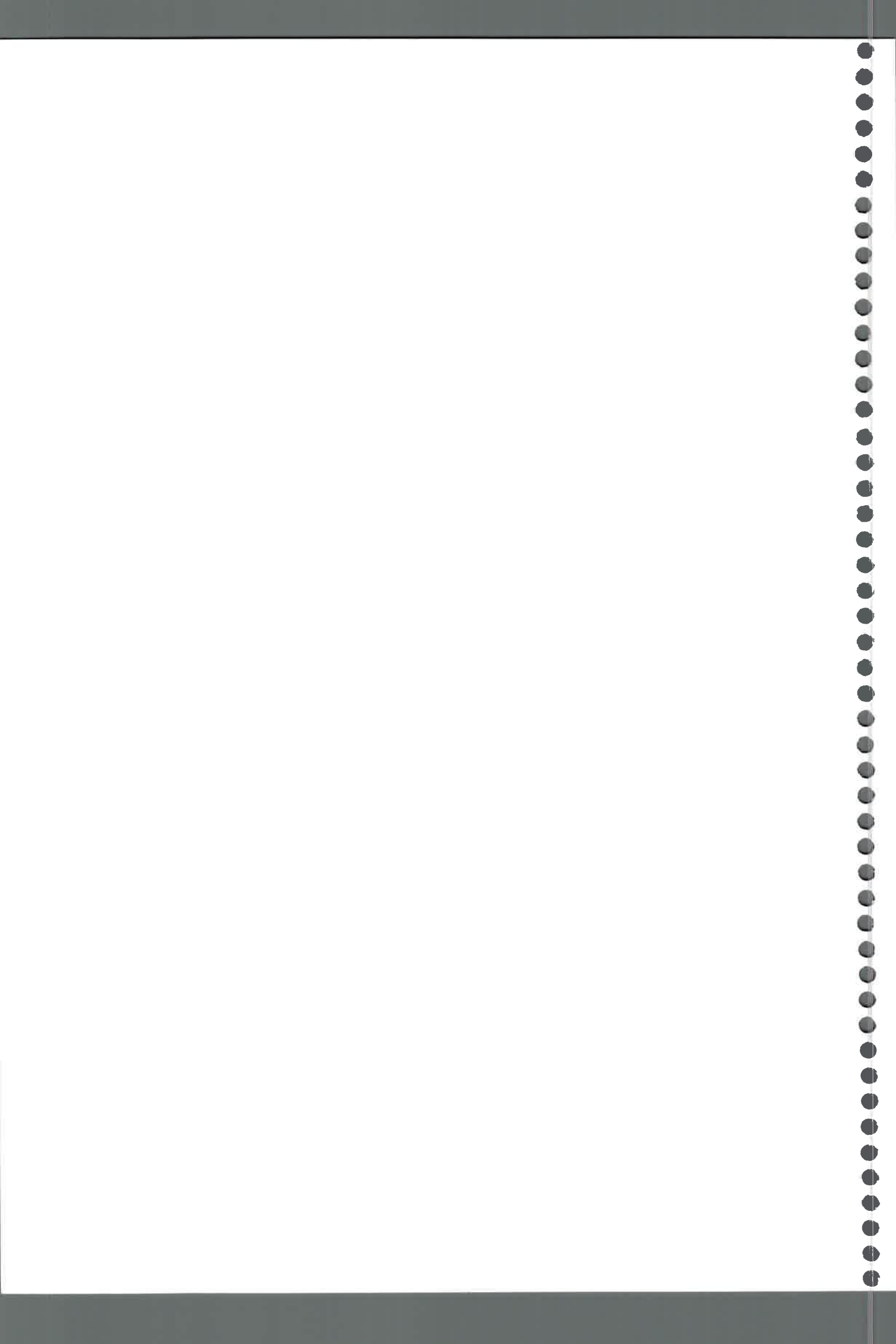


Figura 4.8.46. Esgurrimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.



Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.23. y en las Figuras 4.8.47. y 4.8.48., respectivamente.

Tabla 4.8.23. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,19	0,01	0,00	0,31	0,51
Loma alta	2,09	0,33	0,00	2,99	5,40
Loma media	2,15	0,40	0,02	3,07	5,64
Loma baja	1,31	0,22	0,00	1,88	3,40

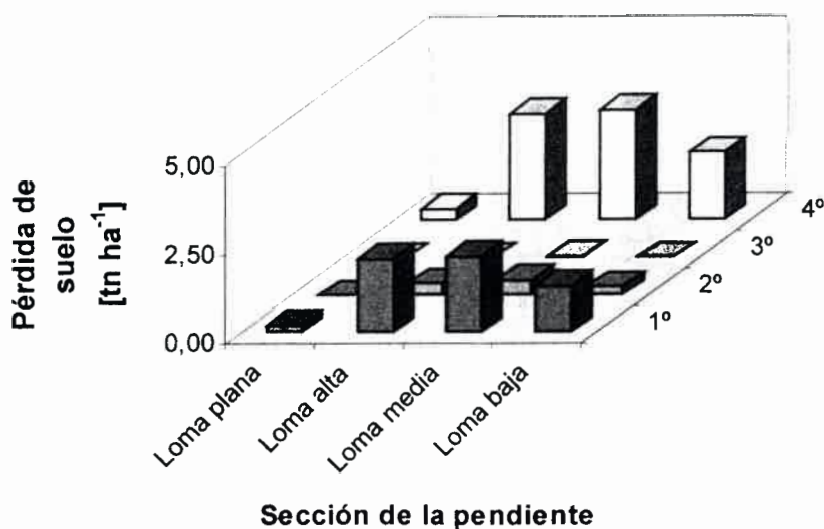


Figura 4.8.47. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.



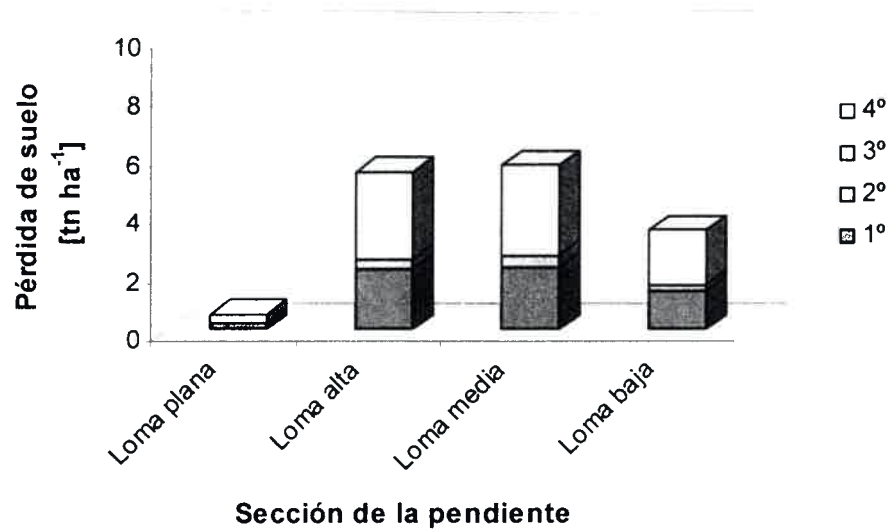


Figura 4.8.48. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

➤ **Escurrecimiento**

El escurrecimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.24. y en las Figuras 4.8.49. y 4.8.50., respectivamente.

Tabla 4.8.24. Escurrecimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Escurrecimiento [mm]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
Loma plana	20,50	1,30	0,00	30,61	52,41
Loma alta	21,10	3,34	0,00	31,19	55,63
Loma media	22,40	4,08	0,26	32,72	59,46
Loma baja	22,17	4,00	0,16	32,55	58,88

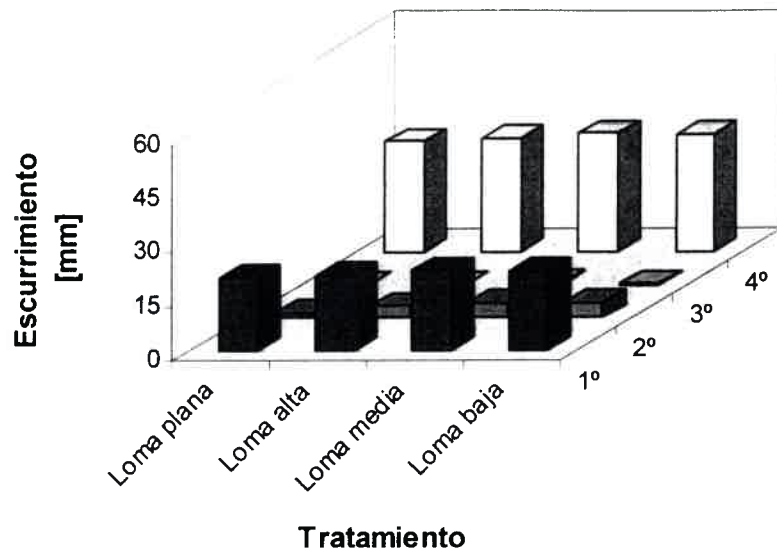


Figura 4.8.49. Escurrencimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

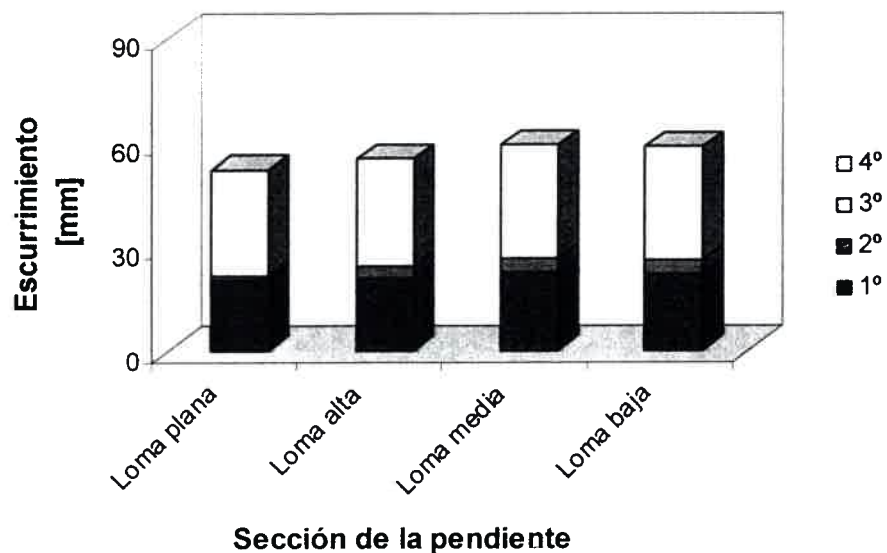


Figura 4.8.50. Escurrencimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.25. y en las Figuras 4.8.51. y 4.8.52., respectivamente.



Tabla 4.8.25. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,51	0,12	0,00	0,06	0,68
Loma alta	3,13	1,22	0,00	0,79	5,13
Loma media	3,18	1,27	0,00	0,85	5,31
Loma baja	2,02	0,77	0,00	0,50	3,29

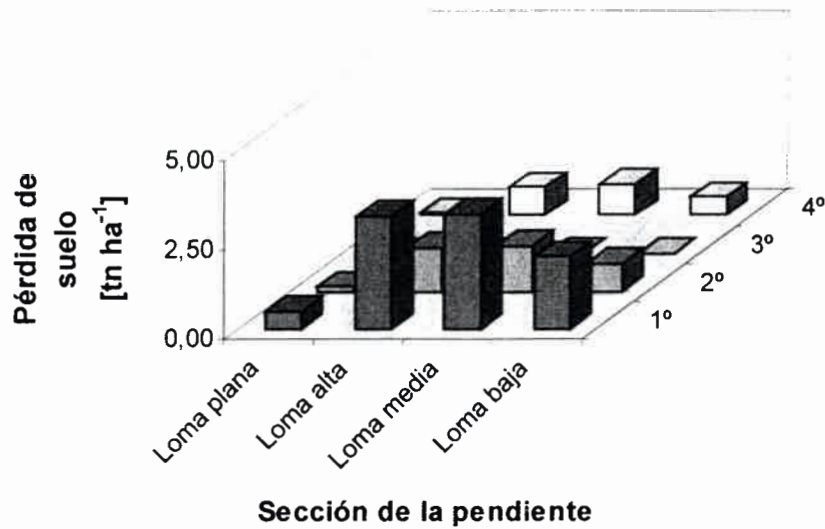


Figura 4.8.53. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

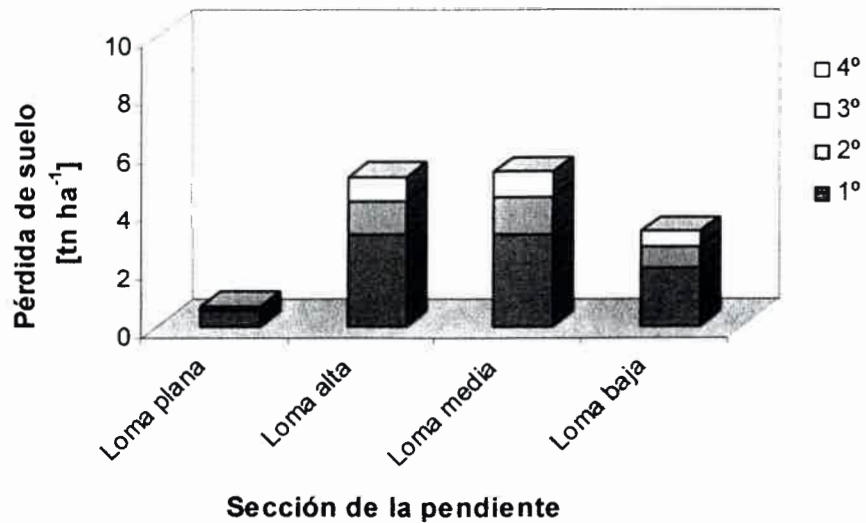
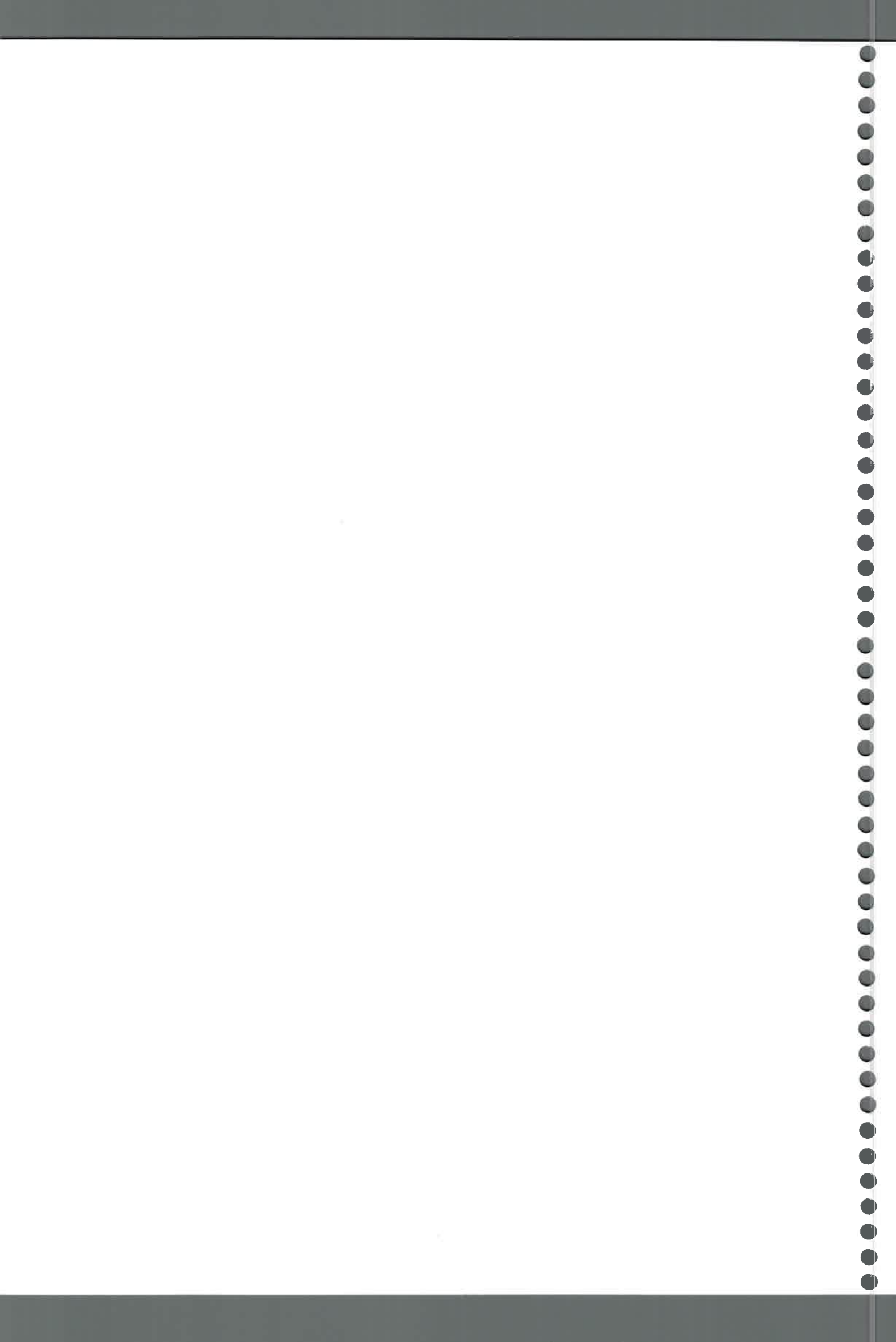


Figura 4.8.54. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.



➤Esgurrimiento

El esgurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el periodo 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.26. y en las Figuras 4.8.55. y 4.8.56., respectivamente.

Tabla 4.8.26. Esgurrimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Esgurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	31,79	11,62	0,00	7,26	50,67
Loma alta	32,39	12,23	0,00	7,88	52,50
Loma media	33,56	13,01	0,03	8,72	55,32
Loma baja	33,45	12,99	0,02	8,69	55,15

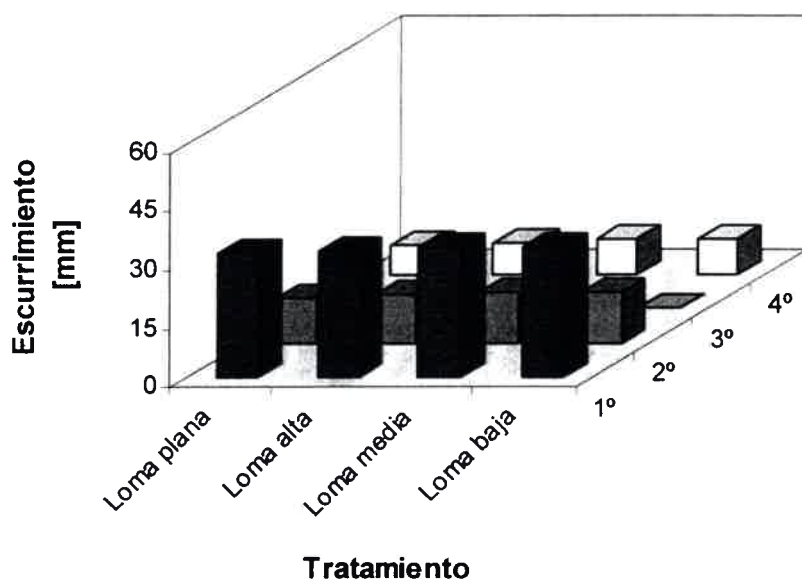


Figura 4.8.55. Esgurrimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

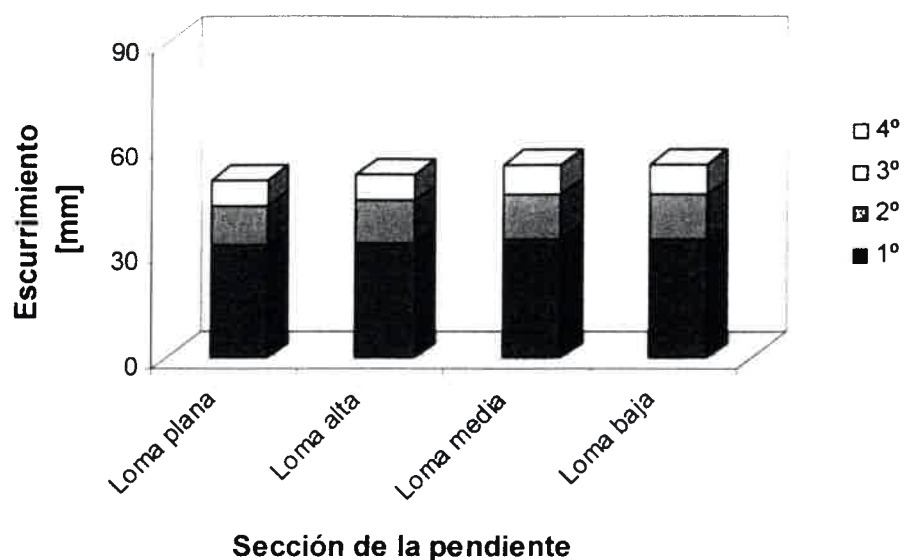


Figura 4.8.56. Escurrimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

4.8.2.2.2. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento considerando la erodabilidad entre surco (K_r), erodabilidad base en el surco (K_s), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva de base (K_b) del suelo estimados por ecuaciones.

Evaluación en el ciclo 1999-2000

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el periodo 1999-2000 se presentan en las Tabla 4.8.27. y en las Figuras 4.8.57. y 4.8.58., respectivamente.

Tabla 4.8.27. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,00	0,04	0,40	1,08	1,52
Loma alta	0,00	0,80	3,13	7,13	11,06
Loma media	0,00	1,26	3,54	7,83	12,64
Loma baja	0,00	0,53	1,95	4,50	6,97



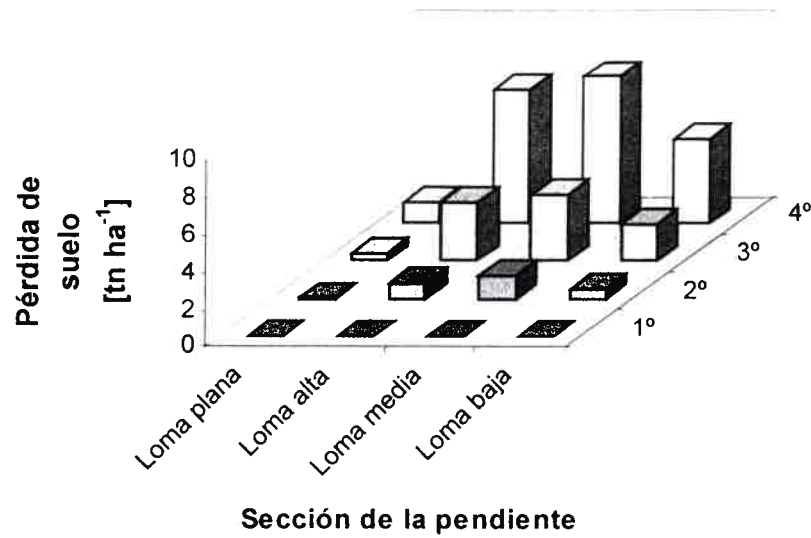


Figura 4.8.57. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

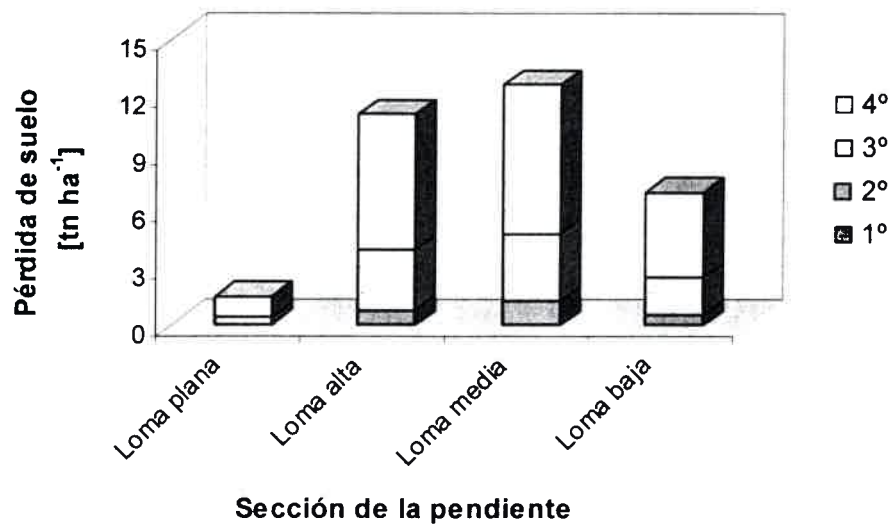


Figura 4.8.58. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

➤ *Escurrimiento*

El escurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 1999-2000 se presentan en las Tabla 4.8.28. y en las Figuras 4.8.59. y 4.8.60., respectivamente.

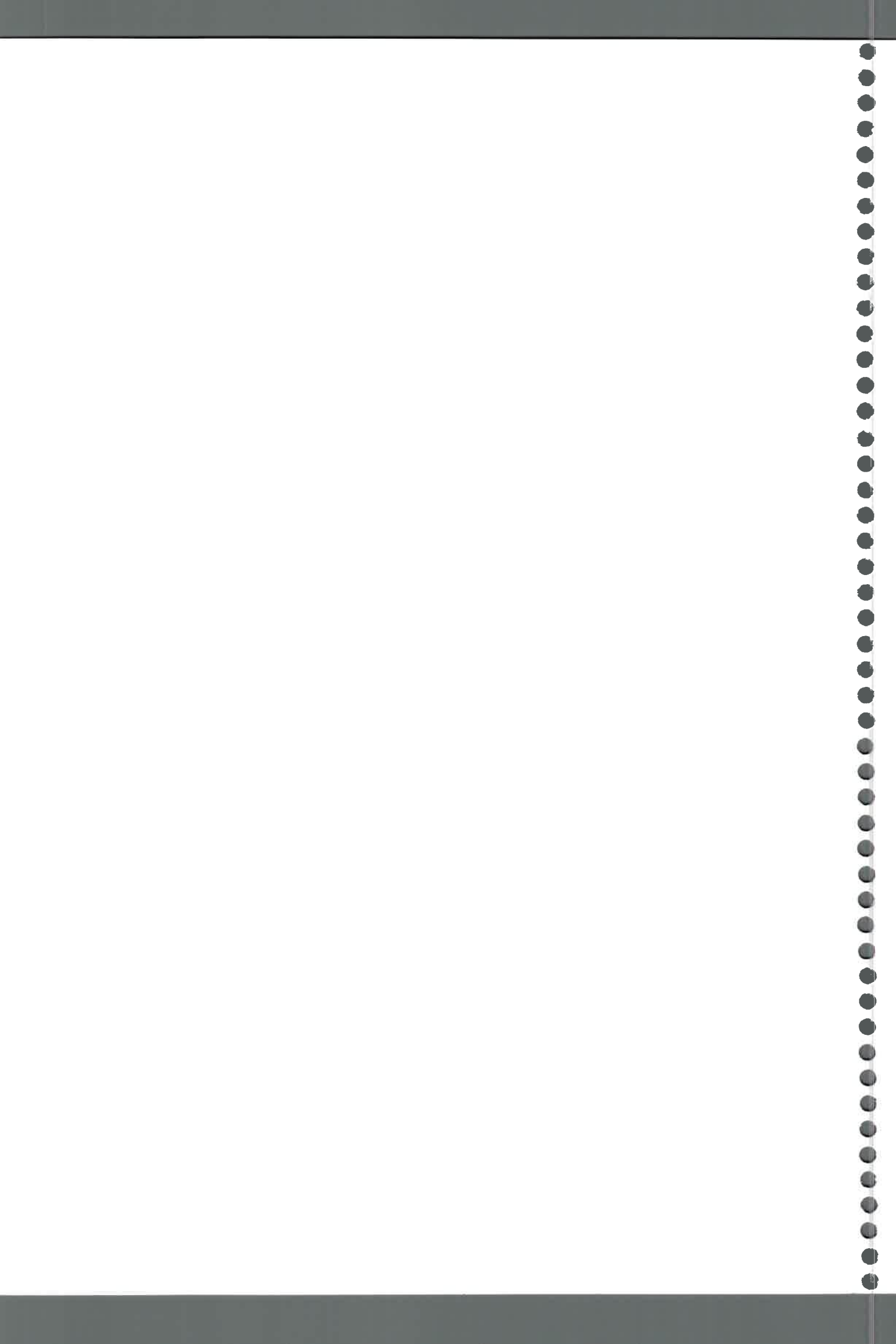


Tabla 4.8.28. Esgurrimento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Esgurrimento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,00	5,17	20,33	51,37	76,87
Loma alta	0,00	4,90	20,39	50,94	76,23
Loma media	0,00	7,24	21,88	53,65	82,77
Loma baja	0,00	5,84	21,04	51,91	78,79

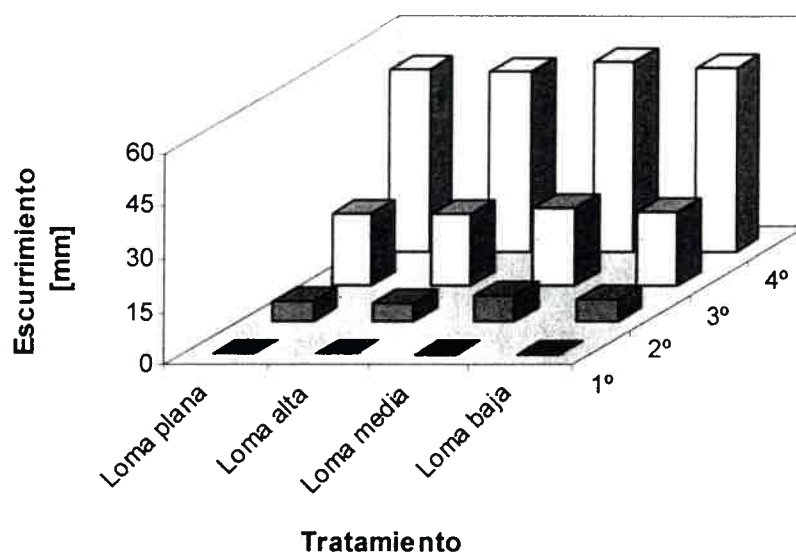


Figura 4.8.59. Esgurrimento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

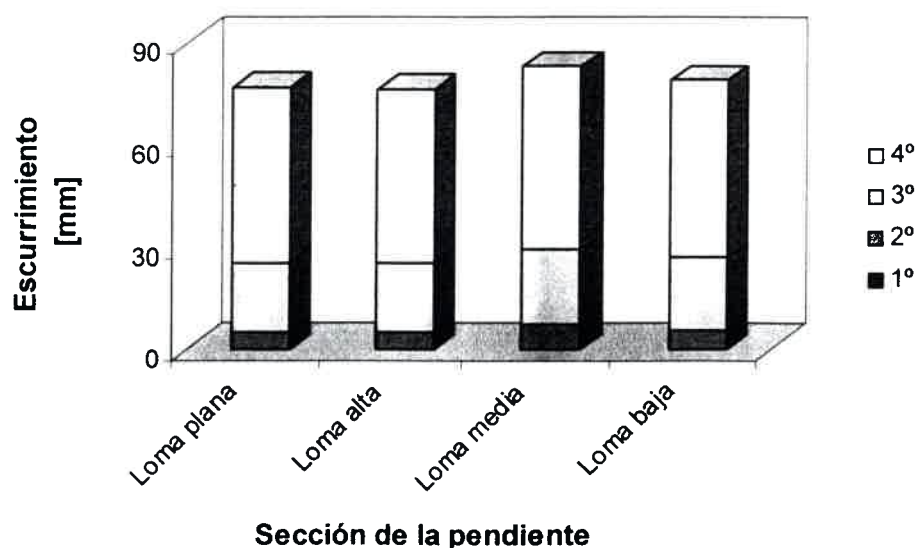


Figura 4.8.60. Esgurrimento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.



Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.29. y en las Figuras 4.8.61. y 4.8.62., respectivamente.

Tabla 4.8.29. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,24	0,09	0,00	0,15	0,48
Loma alta	2,10	1,25	0,00	1,53	4,88
Loma media	2,41	1,56	0,00	1,80	5,77
Loma baja	1,31	0,80	0,00	0,97	3,07

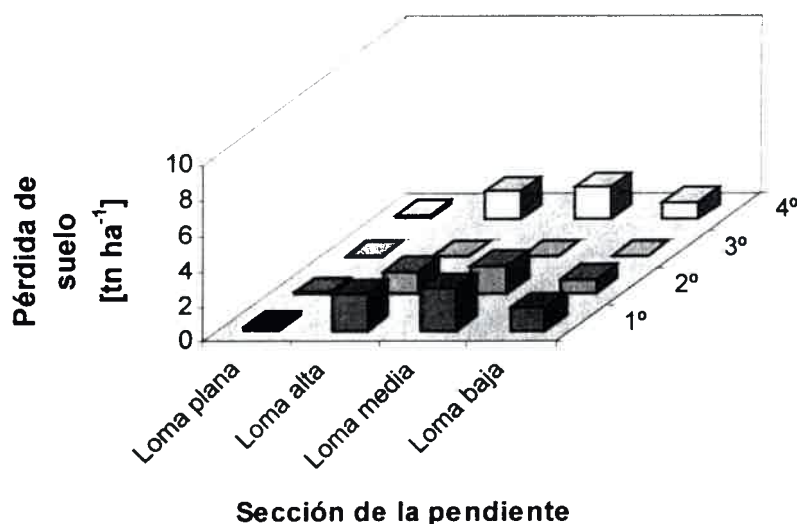
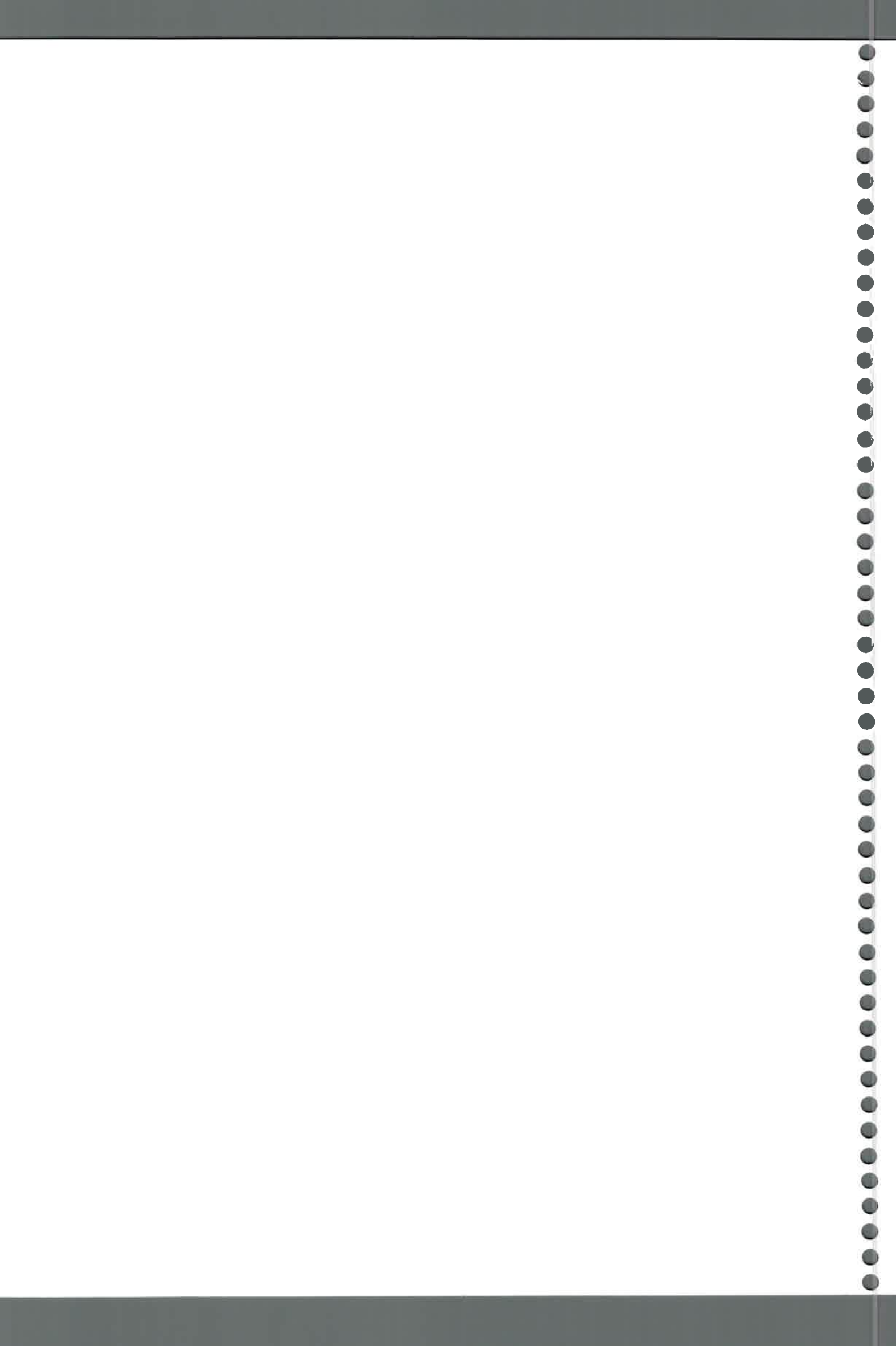


Figura 4.8.61. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.



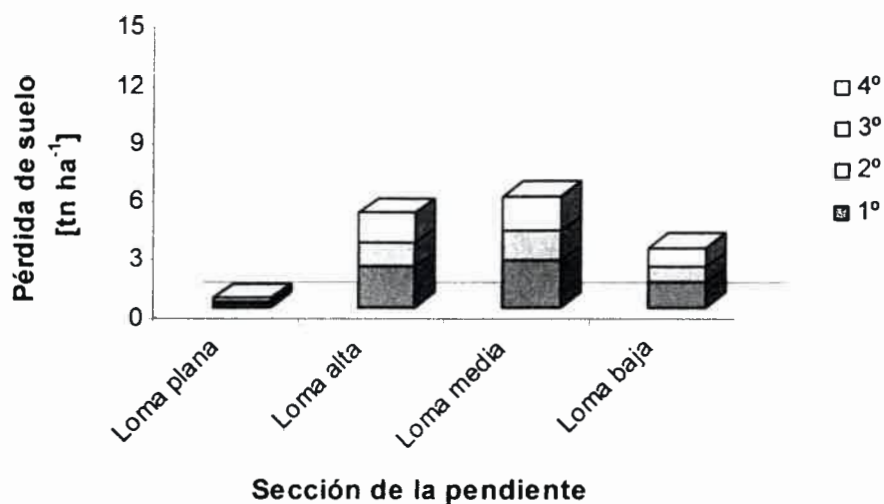


Figura 4.8.62. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

➤Esguerrimiento

El esguerrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.30. y en las Figuras 4.8.63. y 4.8.64., respectivamente.

Tabla 4.8.30. Esguerrimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Esguerrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
Loma plana	13,24	7,53	0,00	9,39	30,16
Loma alta	13,40	7,69	0,00	9,59	30,68
Loma media	14,63	9,12	0,00	10,74	34,49
Loma baja	13,96	8,30	0,00	10,12	32,38

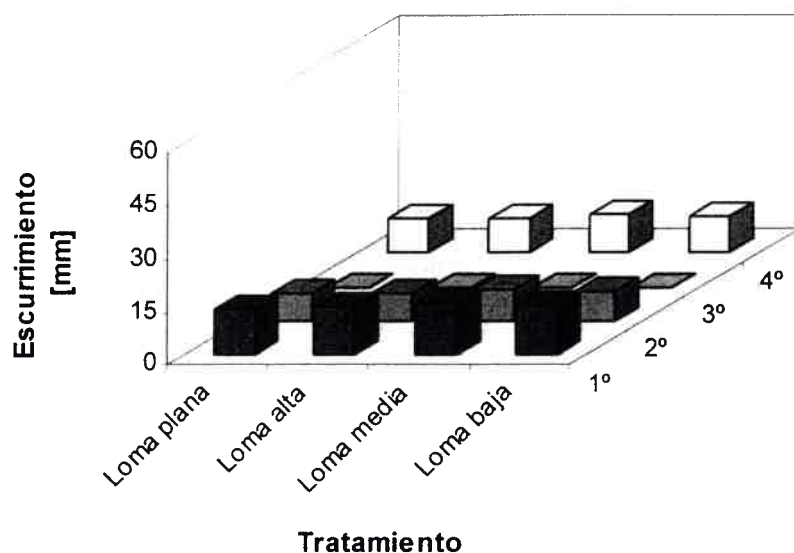


Figura 4.8.63. Escurrencimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

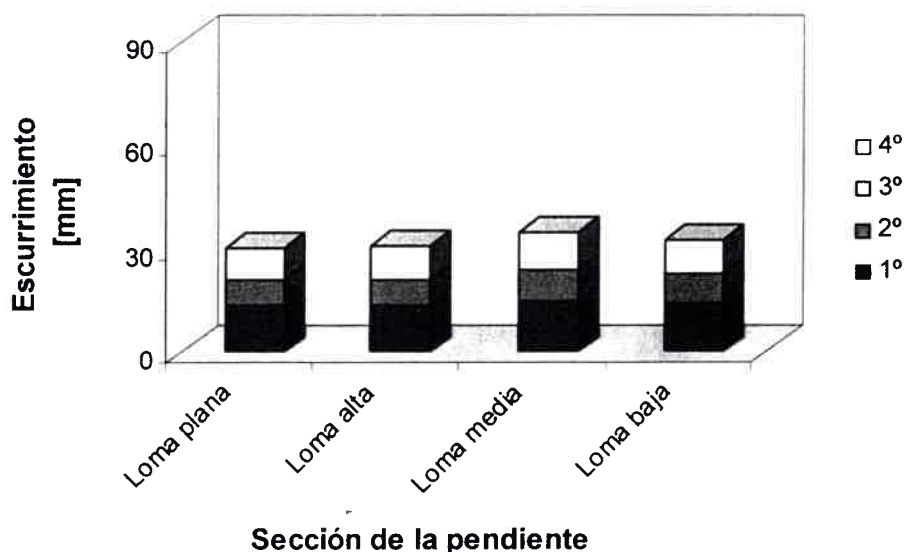


Figura 4.8.64. Escurrencimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.31. y en las Figuras 4.8.65. y 4.8.66., respectivamente.

Tabla 4.8.31. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Perdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,39	0,02	0,00	0,61	1,01
Loma alta	3,26	0,52	0,00	4,67	8,44
Loma media	3,66	0,72	0,04	5,21	9,62
Loma baja	2,02	0,34	0,00	2,89	5,25

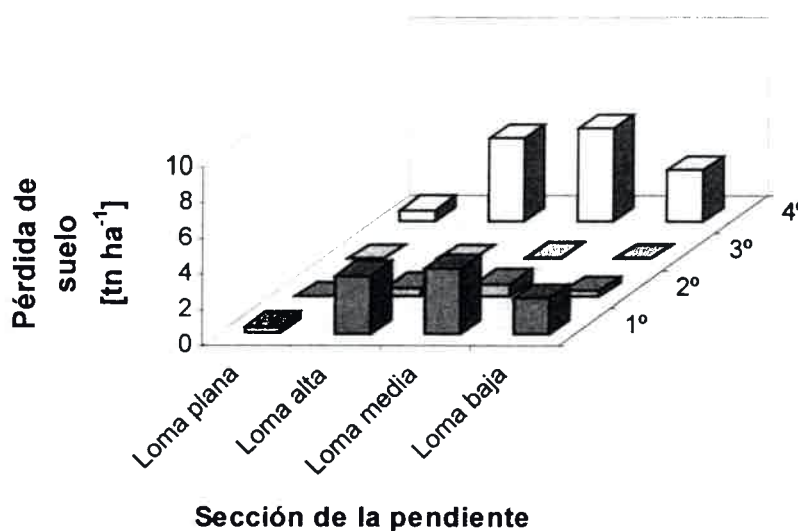


Figura 4.8.65. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

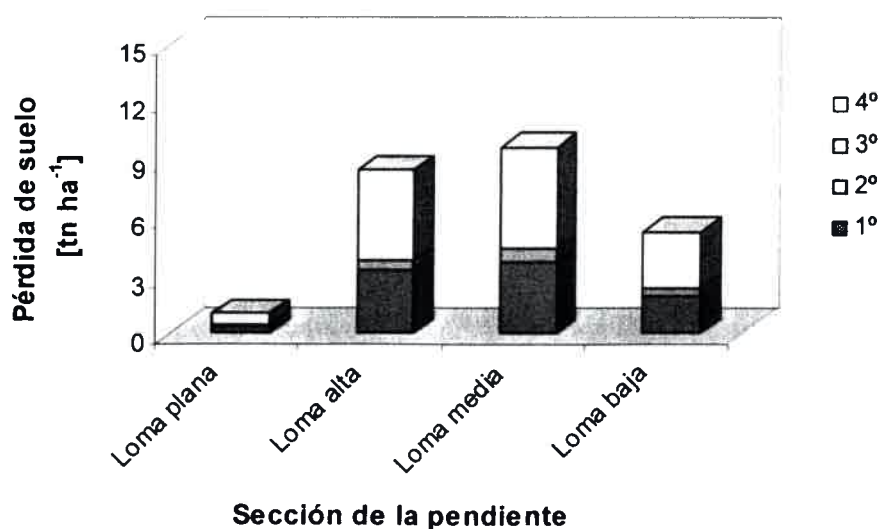


Figura 4.8.65. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

➤ **Escurrecimiento**

El escurrecimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.32. y en las Figuras 4.8.66. y 4.8.67., respectivamente.

Tabla 4.8.32. Escurrecimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Escurrecimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	20,73	1,42	0,00	30,91	53,06
Loma alta	20,80	3,15	0,00	30,80	54,75
Loma media	22,41	4,09	0,26	32,73	59,49
Loma baja	21,44	3,54	0,04	31,59	56,61

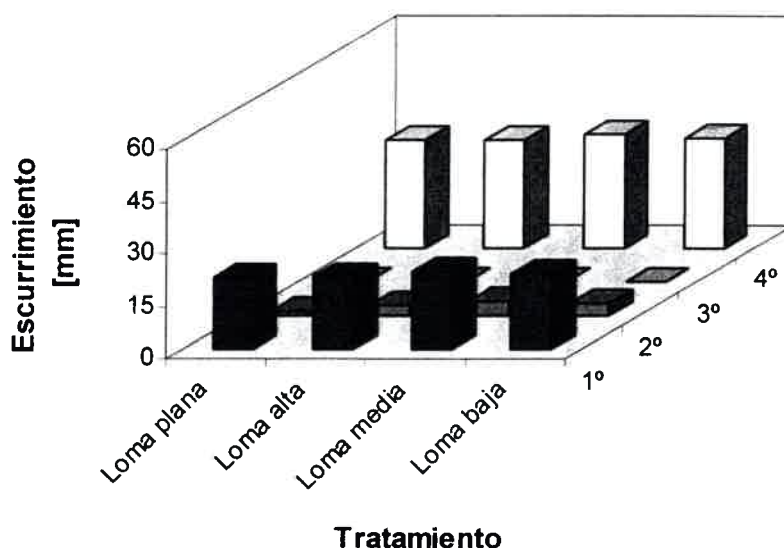


Figura 4.8.66. Escurrecimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.



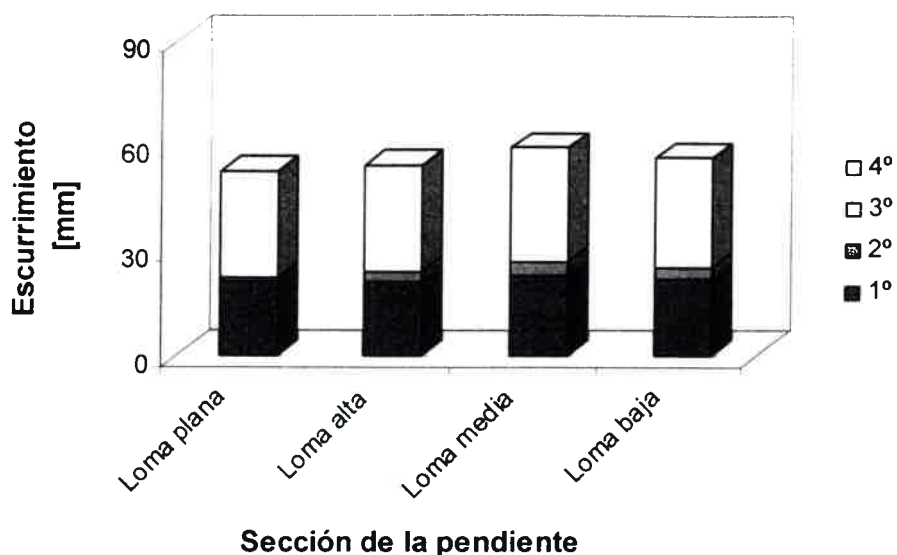


Figura 4.8.67. Ecurrimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

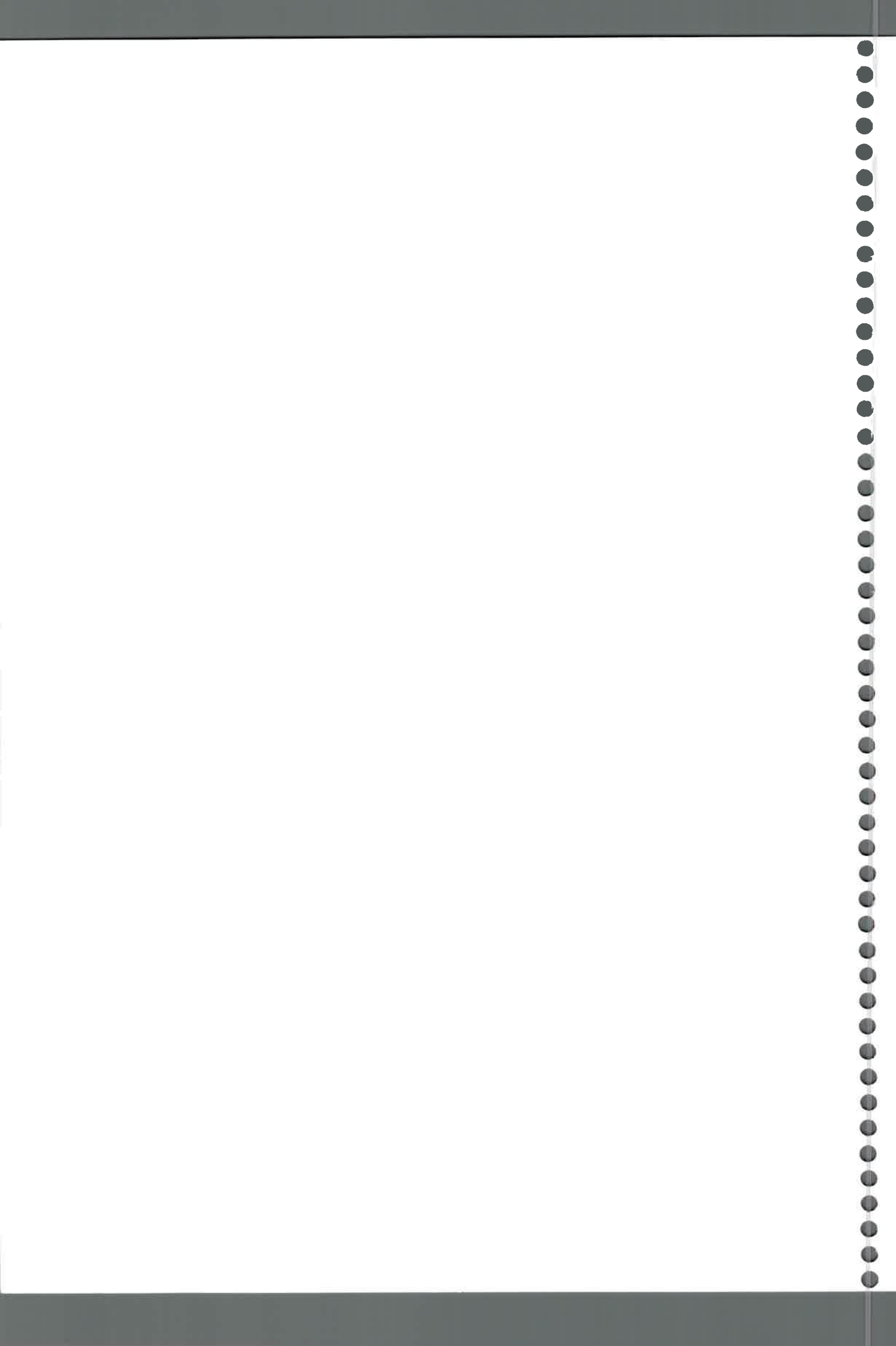
Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en las Tabla 4.8.33. y en las Figuras 4.8.68. y 4.8.69., respectivamente.

Tabla 4.8.33. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,76	0,24	0,00	0,10	1,10
Loma alta	4,81	1,89	0,00	1,22	7,92
Loma media	5,32	2,16	0,00	1,47	8,95
Loma baja	3,07	1,19	0,00	0,78	5,03



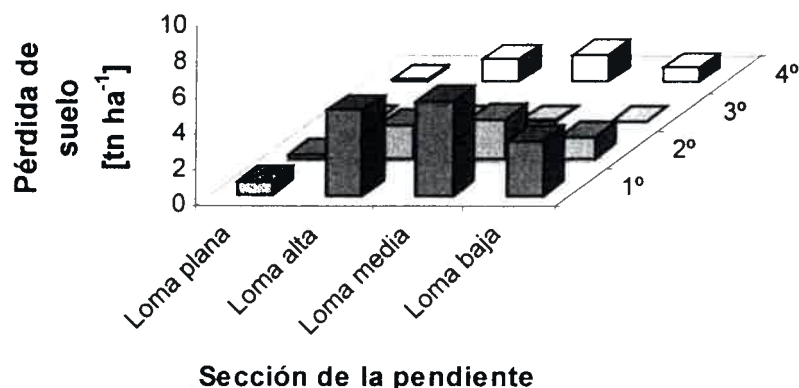


Figura 4.8.68. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

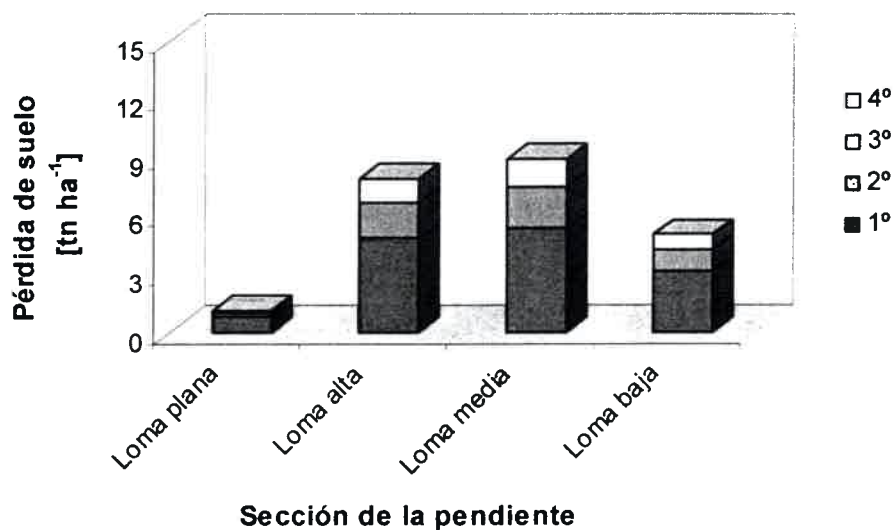


Figura 4.8.69. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en las Tabla 4.8.34. y en las Figuras 4.8.70. y 4.8.71., respectivamente.

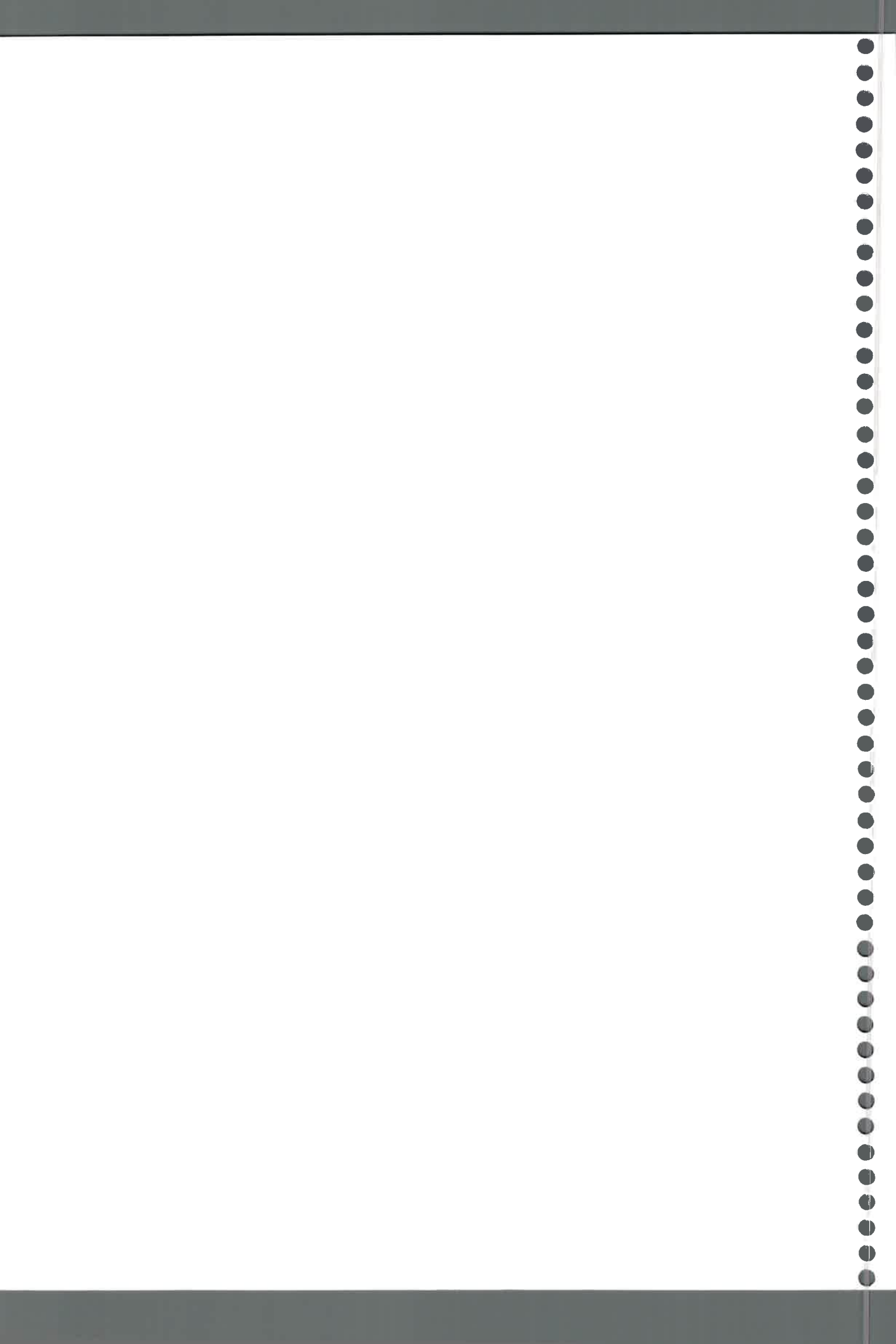


Tabla 4.8.34. Esgurrimento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Esgurrimento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	32,02	11,78	0,00	7,44	51,24
Loma alta	31,79	12,03	0,00	7,55	51,37
Loma media	33,57	13,02	0,03	8,73	55,35
Loma baja	32,71	12,48	0,00	8,15	53,34

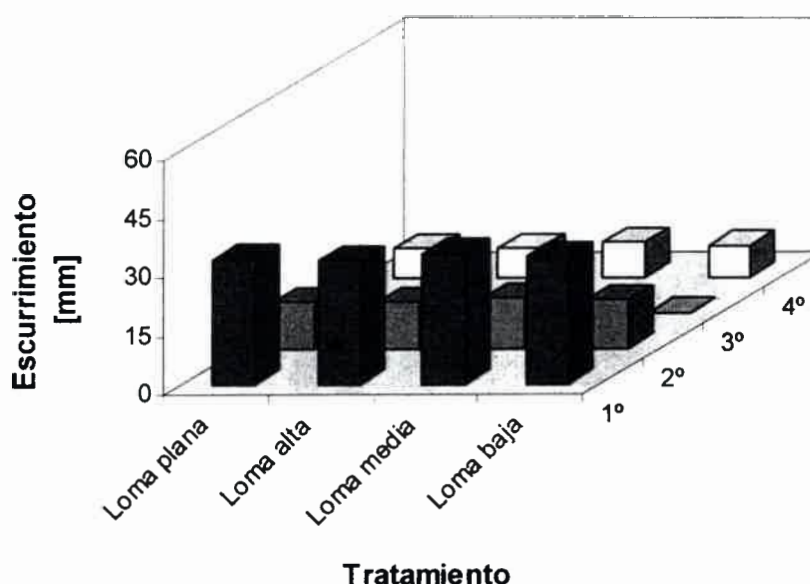


Figura 4.8.70. Esgurrimento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

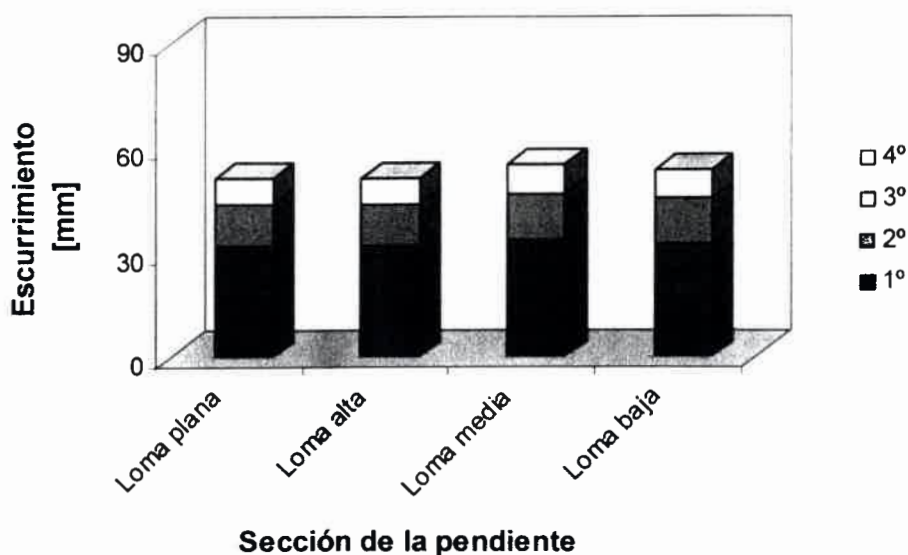


Figura 4.8.71. Esgurrimento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.



4.8.2.2.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento considerando la erodabilidad entre surco (K_s), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c) del suelo calculados por el modelo WEPP. y la velocidad de infiltración básica a campo.

Evaluación en el ciclo 1999-2000

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 1999-2000 se presentan en las Tabla 4.8.35. y en las Figuras 4.8.72. y 4.8.73., respectivamente.

Tabla 4.8.35. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha^{-1}]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,00	0,00	0,19	0,80	0,99
Loma alta	0,00	0,00	1,60	4,24	5,84
Loma media	0,00	0,00	1,63	4,27	5,90
Loma baja	0,00	0,00	1,05	2,81	3,86

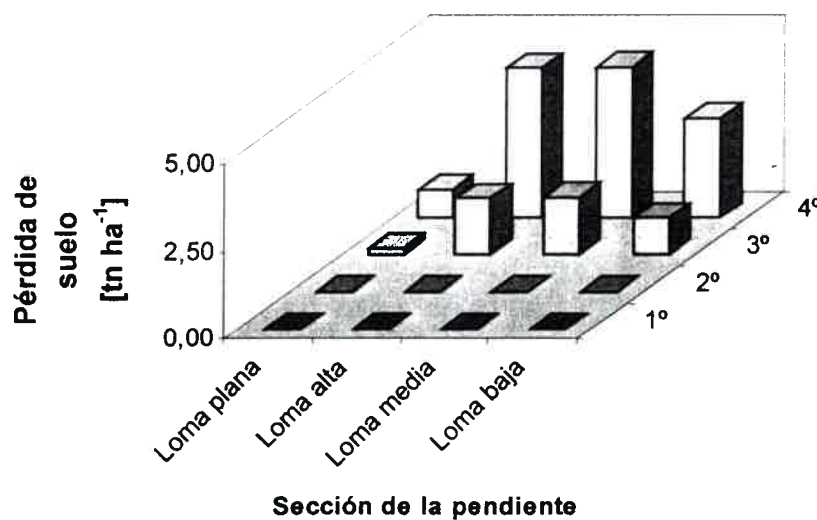


Figura 4.8.72. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.



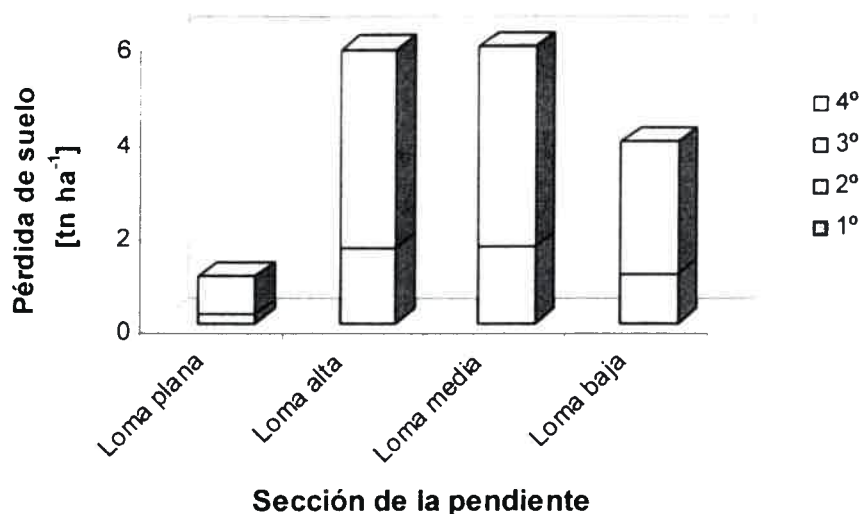


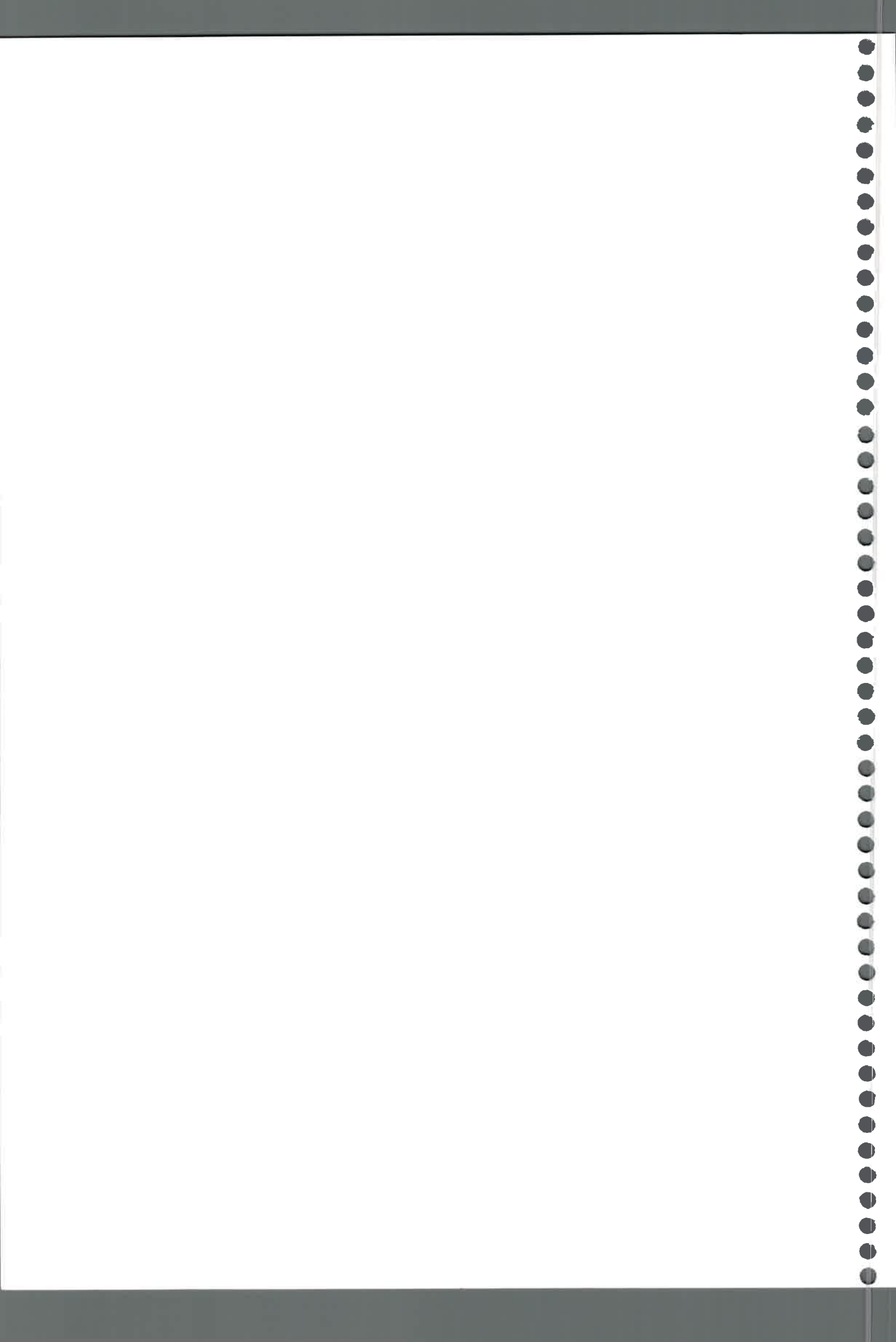
Figura 4.8.73. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

➤Esguerrimiento

El esguerrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 1999-2000 se presentan en las Tabla 4.8.36. y en las Figuras 4.8.74. y 4.8.75., respectivamente.

Tabla 4.8.36. Esguerrimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Sección de la pendiente	Esguerrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,00	0,00	15,07	43,59	58,66
Loma alta	0,00	0,00	15,87	44,39	60,26
Loma media	0,00	0,00	16,41	45,23	61,64
Loma baja	0,00	0,02	17,70	46,69	64,41



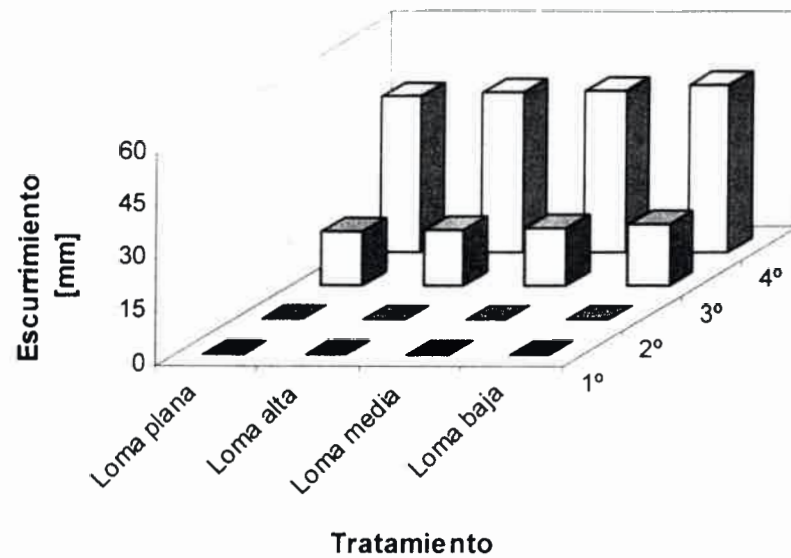


Figura 4.8.74. Escorrimento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

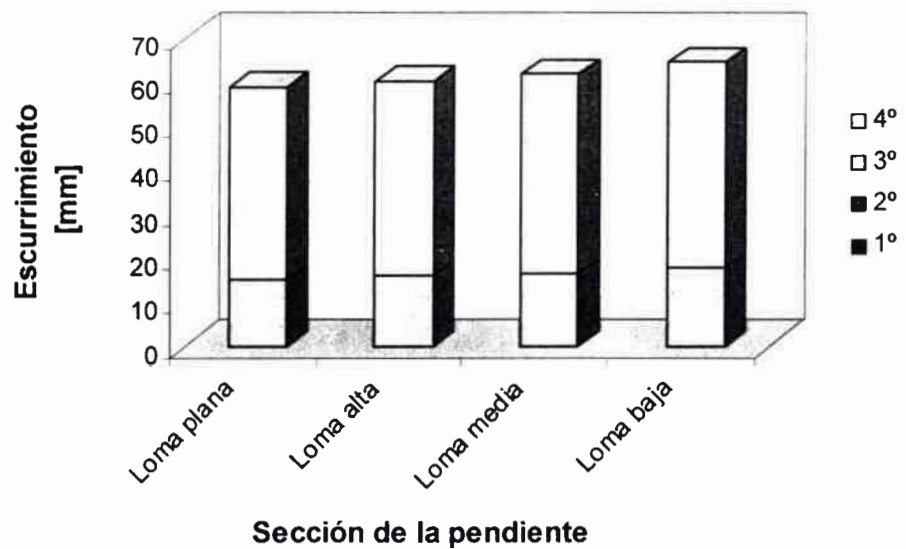


Figura 4.8.75. Escorrimento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 1999-2000.

Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2000-2001 se presentan en las Tabla 4.8.37. y en las Figuras 4.8.76. y 4.8.77., respectivamente.



Tabla 4.8.37. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,10	0,01	0,00	0,05	0,15
Loma alta	0,97	0,33	0,00	0,62	1,92
Loma media	1,00	0,41	0,00	0,66	2,08
Loma baja	0,66	0,31	0,00	0,44	1,40

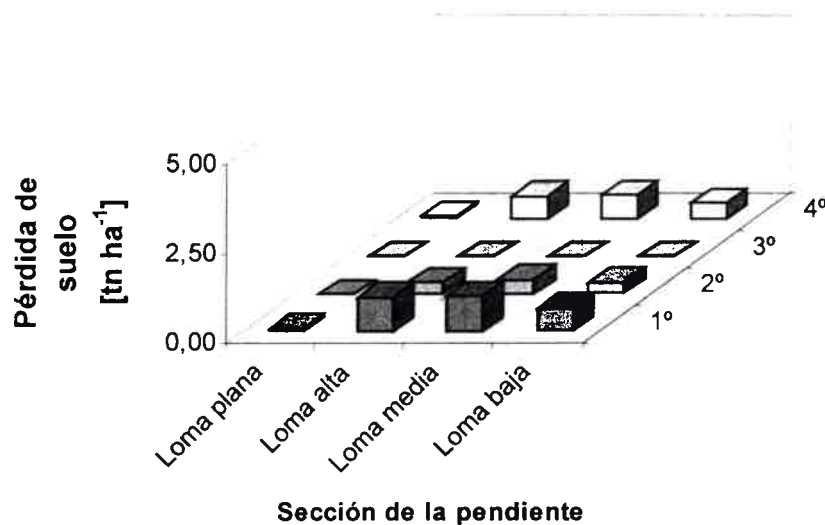


Figura 4.8.76. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

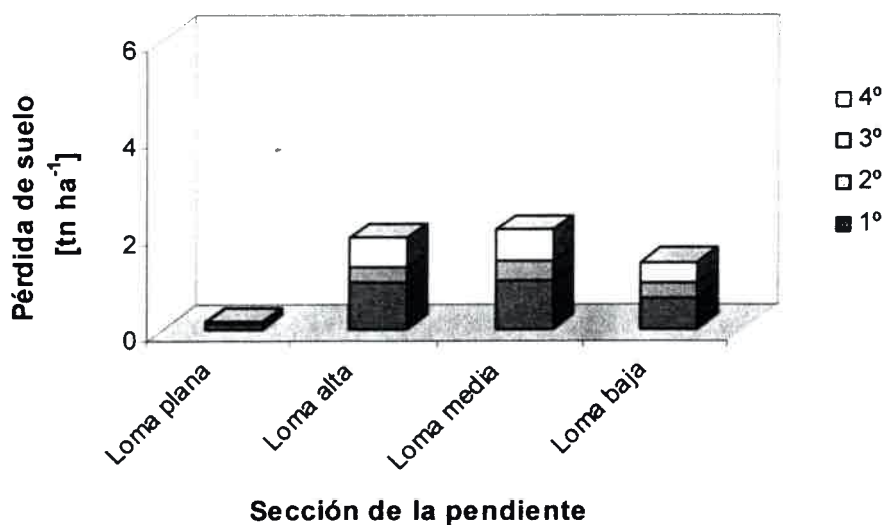
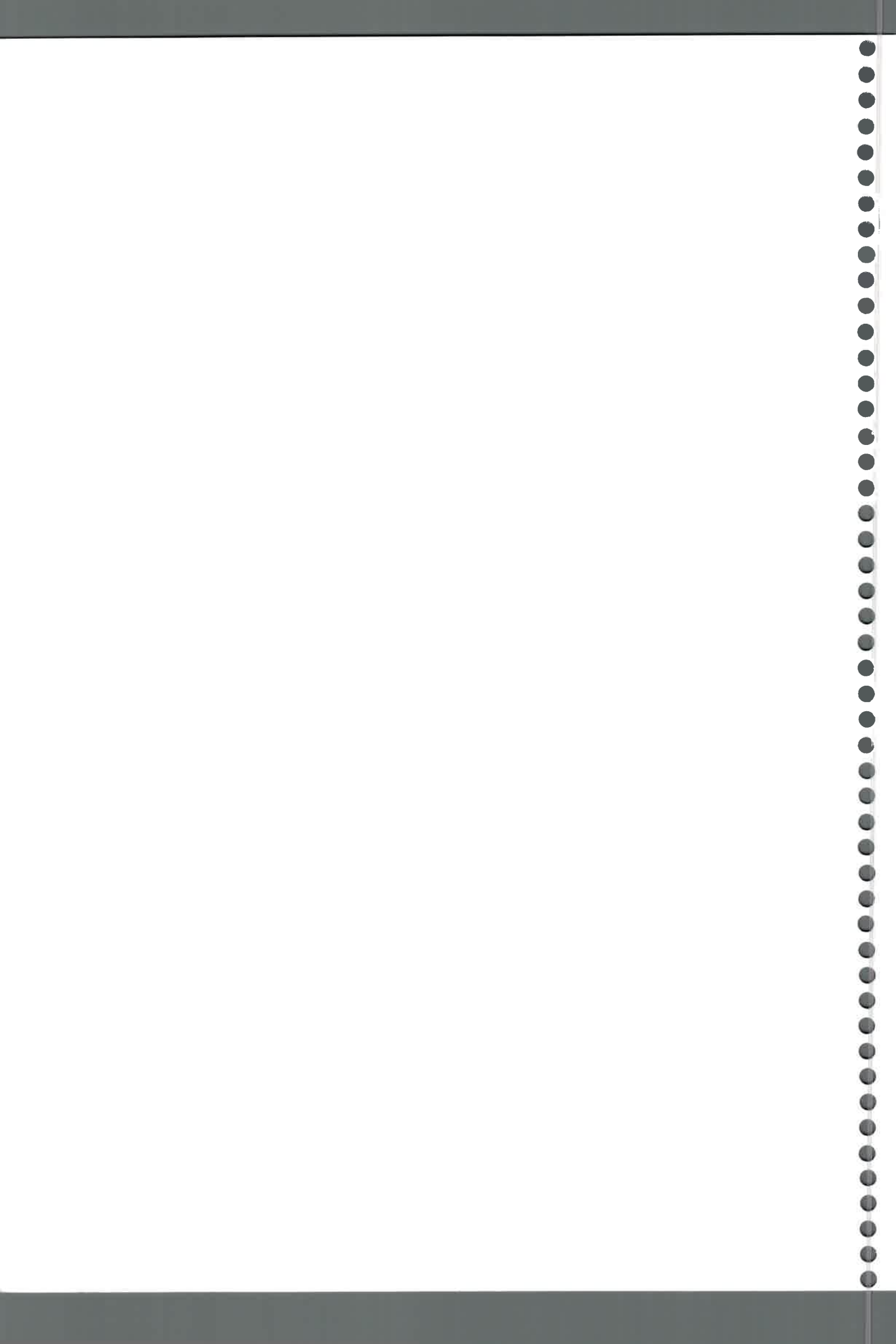


Figura 4.8.77. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.



➤ **Escurrecimiento**

El escurrecimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 1999-2000 se presentan en las Tabla 4.8.38. y en las Figuras 4.8.78. y 4.8.79., respectivamente.

Tabla 4.8.38. Escurrecimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Sección de la pendiente	Escurrecimiento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	8,74	0,91	0,00	5,36	15,01
Loma alta	9,50	3,33	0,00	6,13	18,96
Loma media	9,94	4,25	0,00	6,64	20,83
Loma baja	11,13	5,57	0,00	7,57	24,27

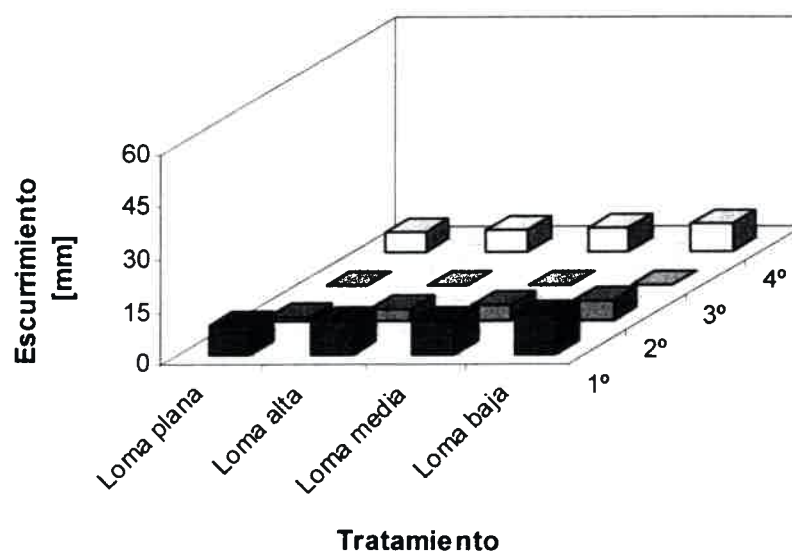


Figura 4.8.78. Escurrecimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.



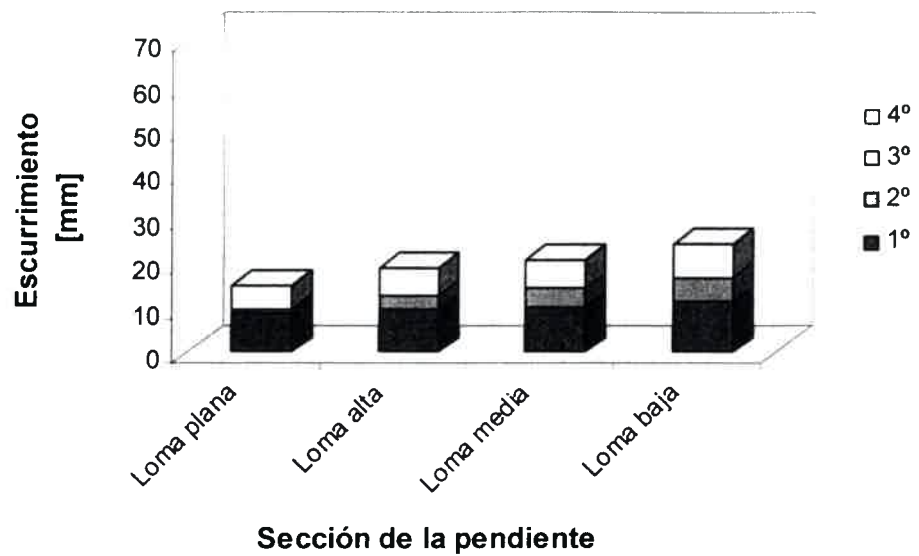


Figura 4.8.79. Escurrimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2000-2001.

Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.39. y en las Figuras 4.8.80. y 4.8.81., respectivamente.

Tabla 4.8.39. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
Loma plana	0,14	0,00	0,00	0,30	0,44
Loma alta	1,60	0,00	0,00	2,46	4,06
Loma media	1,64	0,00	0,00	2,50	4,14
Loma baja	1,07	0,01	0,00	1,61	2,69



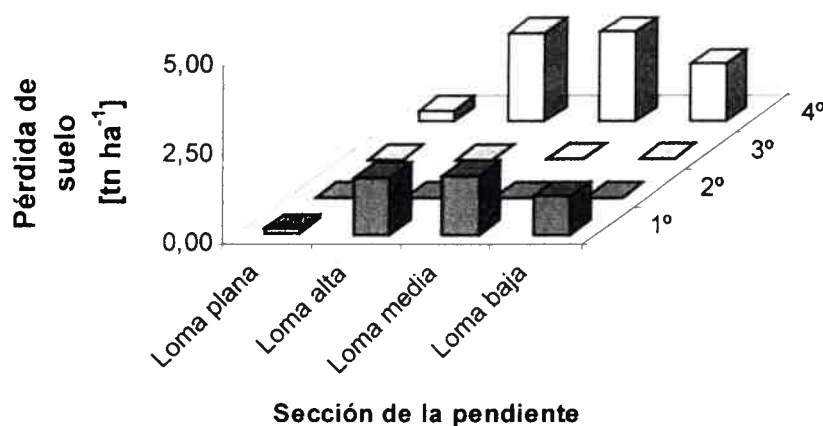


Figura 4.8.80. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

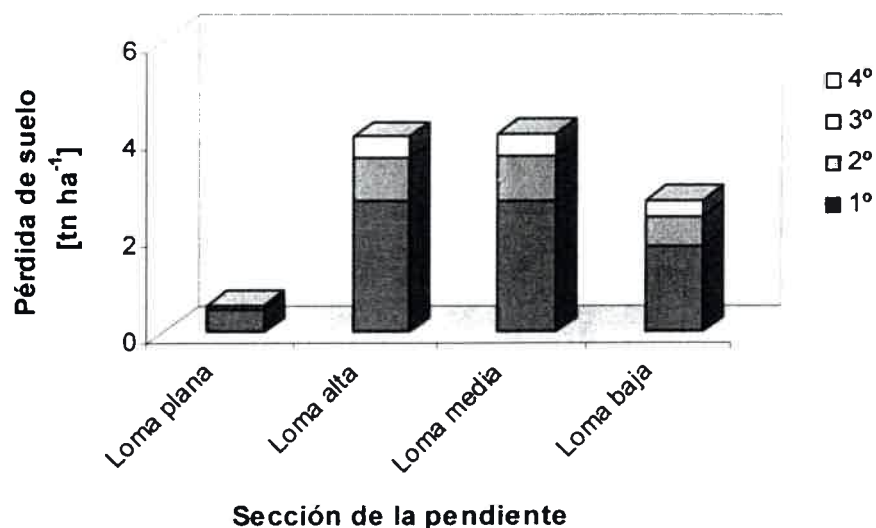


Figura 4.8.81. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

➤ **Escurrimiento**

El escurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2001-2002 se presentan en las Tabla 4.8.40. y en las Figuras 4.8.82. y 4.8.83., respectivamente.



Tabla 4.8.40. Esgurrimento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

Sección de la pendiente	Esgurrimento [mm]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	15,13	0,00	0,00	23,91	39,04
Loma alta	15,99	0,00	0,00	24,76	40,75
Loma media	16,72	0,01	0,00	25,48	42,21
Loma baja	18,11	0,32	0,00	26,83	45,26

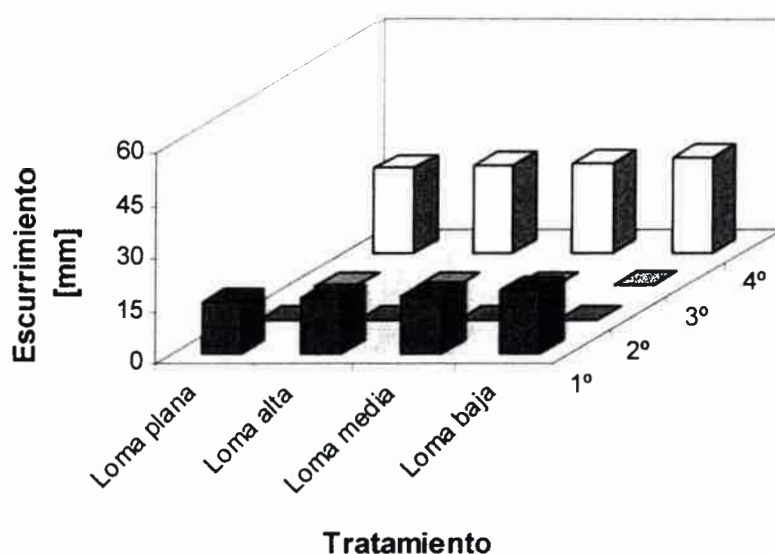


Figura 4.8.82. Esgurrimento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.

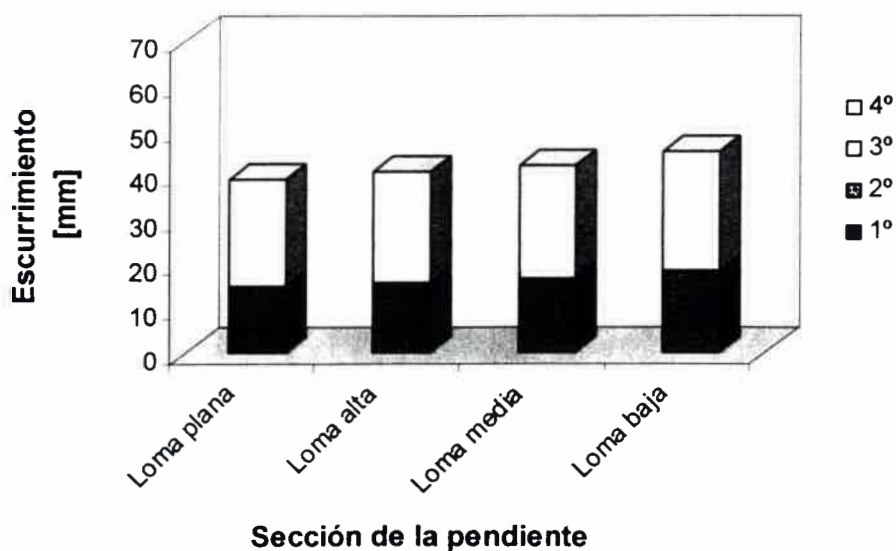


Figura 4.8.83. Esgurrimento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2001-2002.



Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La pérdida de suelo por evento y el total de la misma en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en las Tabla 4.8.41. y en las Figuras 4.8.84. y 4.8.85., respectivamente.

Tabla 4.8.41. Pérdida de suelo por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Pérdida de suelo [tn ha ⁻¹]				Total
	Evento				
	1°	2°	3°	4°	
Loma plana	0,45	0,08	0,00	0,02	0,54
Loma alta	2,69	0,90	0,00	0,44	4,03
Loma media	2,70	0,93	0,00	0,48	4,11
Loma baja	1,78	0,62	0,00	0,32	2,71

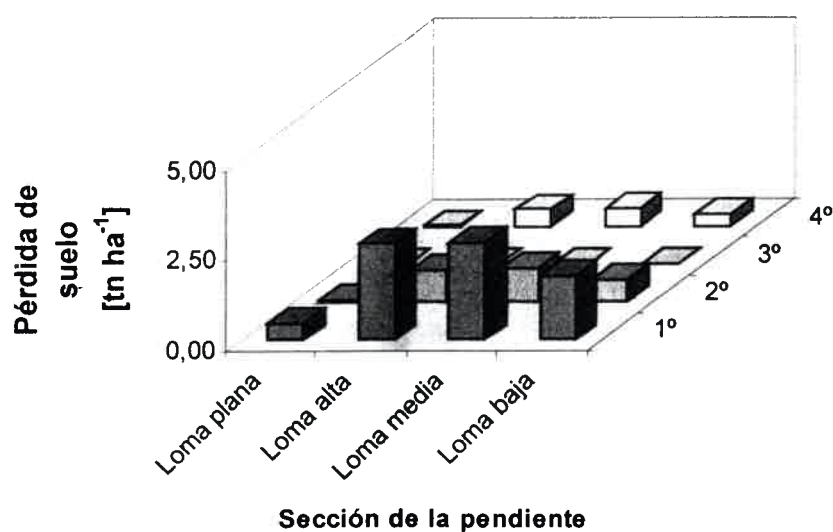


Figura 4.8.84. Pérdida de suelo por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.



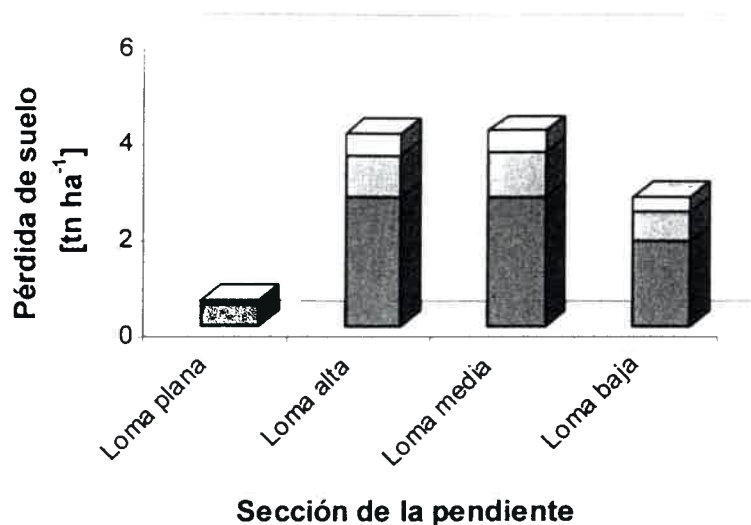


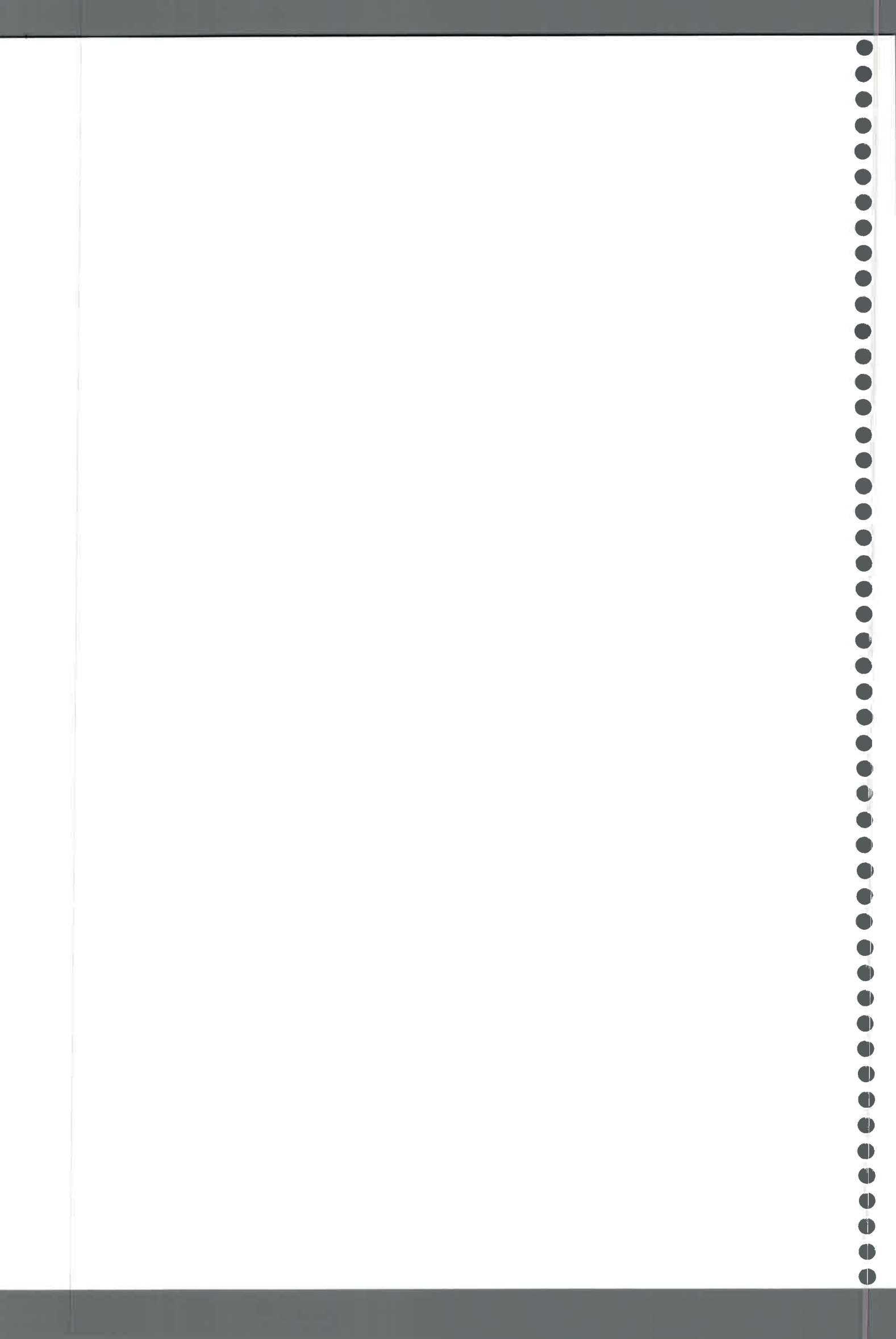
Figura 4.8.85. Pérdida de suelo total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

➤ *Escurrimiento*

El escurrimiento por evento y el total del mismo en las diferentes secciones de la pendiente para el período 2002-2003 se presentan en las Tabla 4.8.42. y en las Figuras 4.8.86. y 4.8.87., respectivamente.

Tabla 4.8.42. Escurrimiento por evento y el total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

Sección de la pendiente	Escurrimiento [mm]				Total
	Evento				
	1º	2º	3º	4º	
Loma plana	26,74	8,11	0,00	1,59	36,44
Loma alta	27,52	8,89	0,00	4,32	40,73
Loma media	28,04	9,37	0,00	4,69	42,10
Loma baja	29,09	10,33	0,00	5,46	44,88



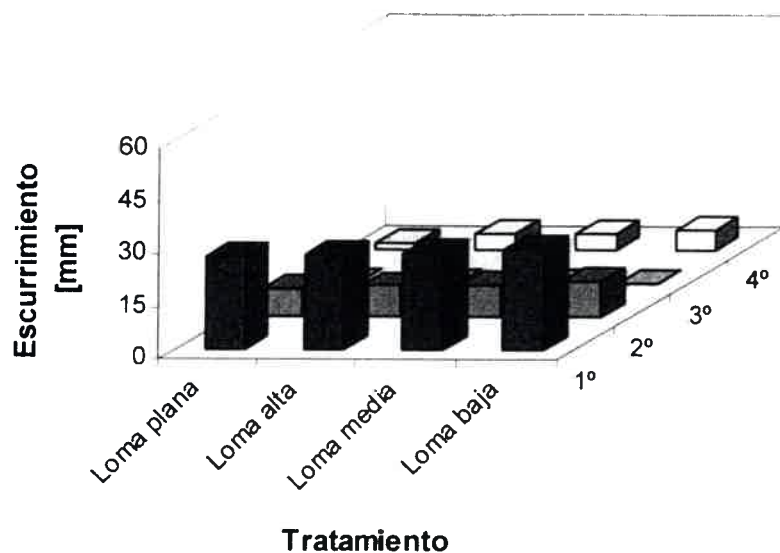


Figura 4.8.86. Ecurrimiento por evento en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.

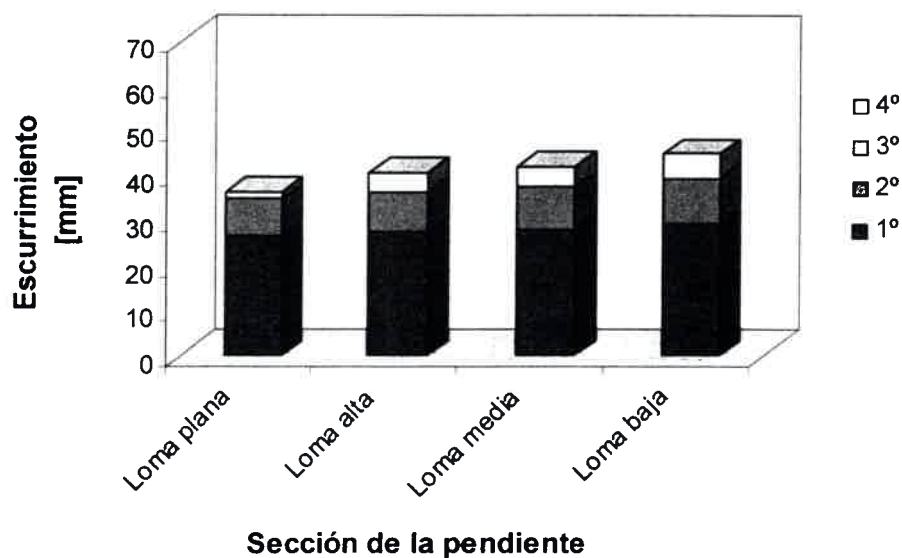
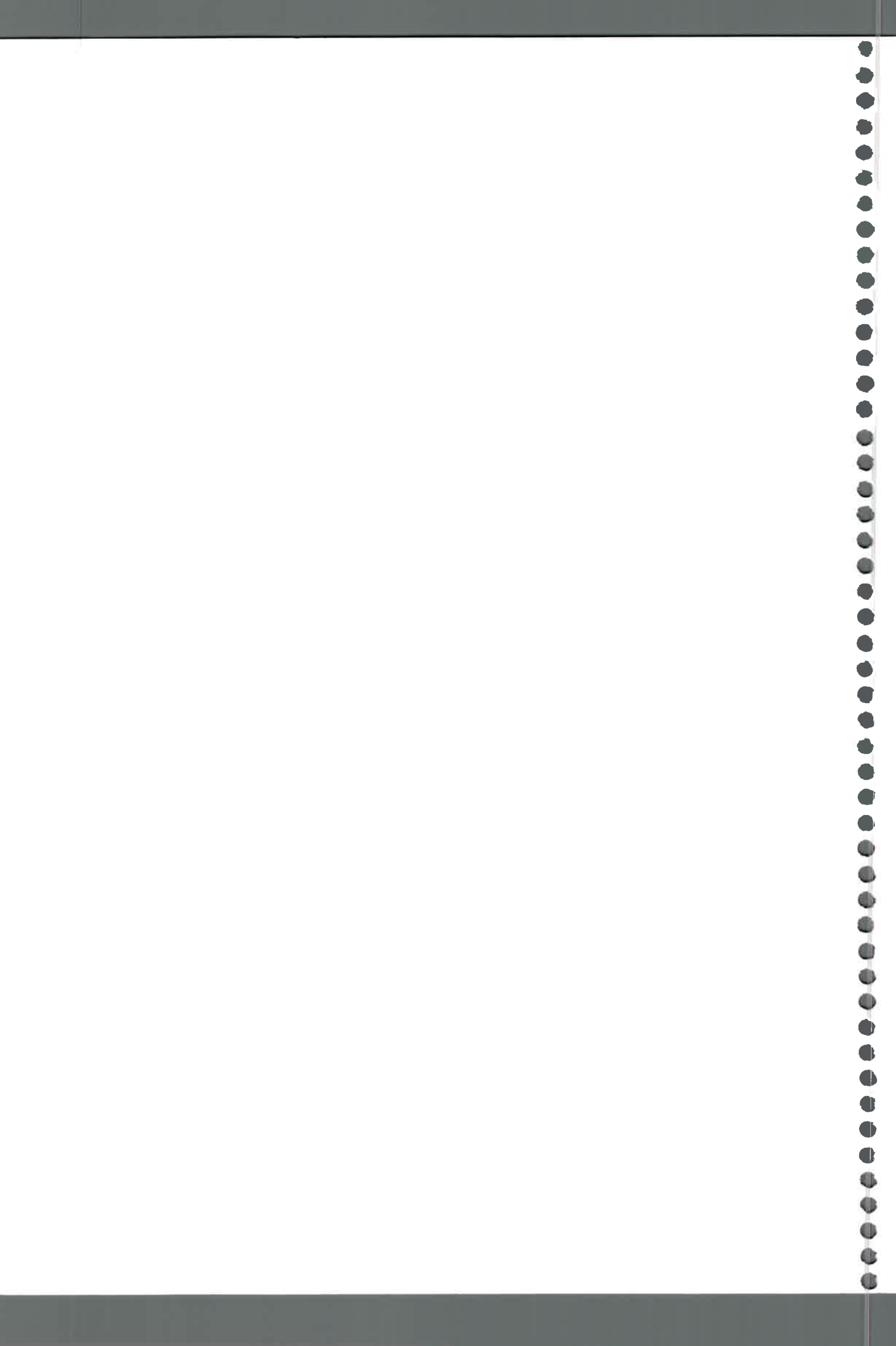


Figura 4.8.87. Ecurrimiento total en las diferentes secciones de la pendiente El Vertedero para el ciclo 2002-2003.



4.8.2.2.4. Relación entre la pérdida de suelo y el escurrimiento medido y las estimaciones del modelo WEPP

A través del análisis de correlación se evaluó el grado de dependencia entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y los estimados por el modelo en la pendiente El Vertedero.

Considerando todos los datos en forma conjunta se obtiene correlación entre:

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p=0,07$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p=0,07$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

Con todos los datos agrupados por ciclo, se observa asociación en:

Ciclo 1999-2000

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la



calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada con parámetros estimados por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

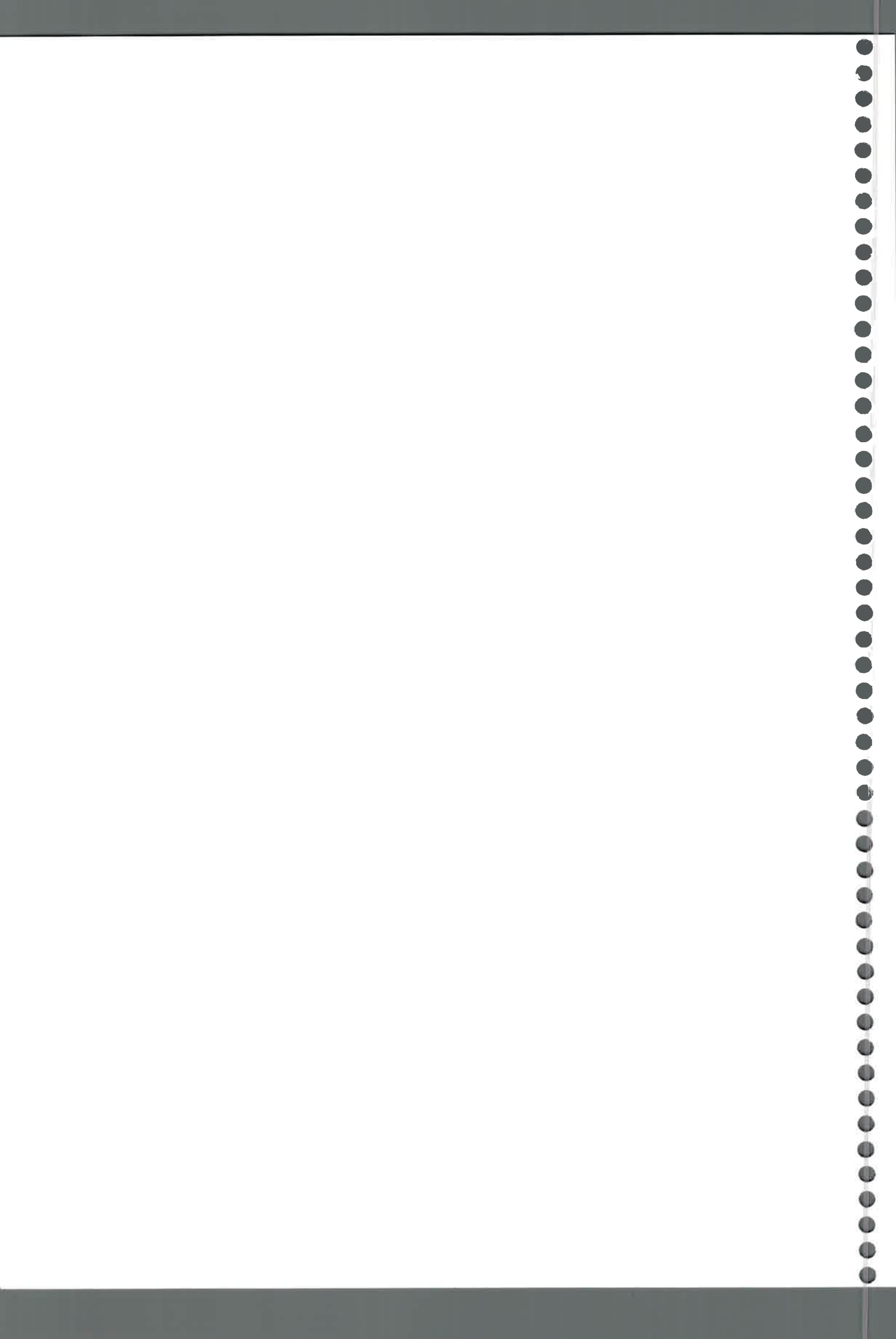
√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

Ciclo 2000-2001

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,52$; $p=0,04$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada estimada por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,97$; $p<0,00001$).



√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,95$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,94$; $p<0,00001$).

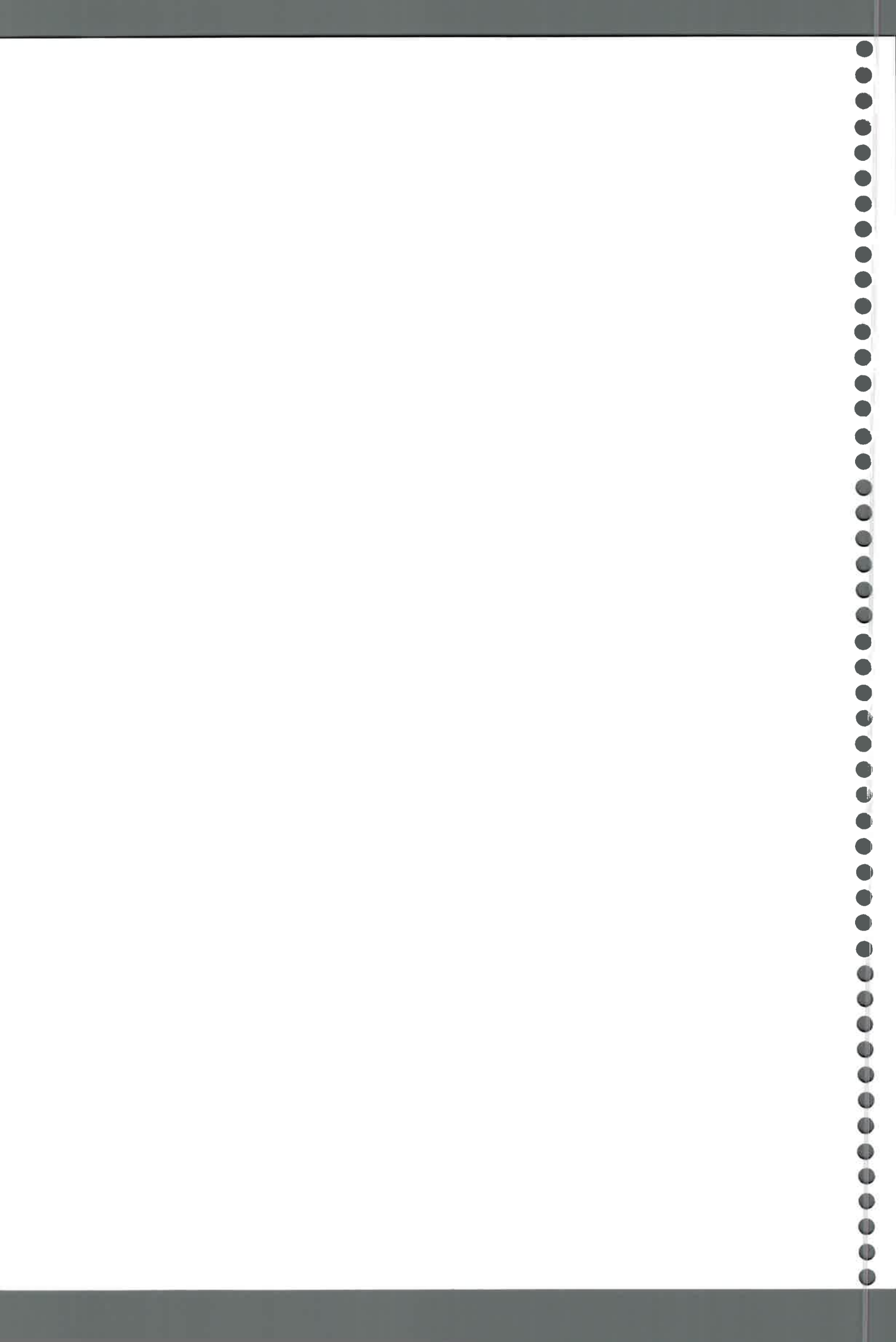
Ciclo 2001-2002

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=-0,61$; $p<0,01$); valoradas por ecuaciones ($r=-0,61$; $p<0,01$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=-0,68$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).



√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

Ciclo 2002-2003

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,56$; $p=0,03$); valorados por ecuaciones ($r=0,57$; $p=0,02$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,59$; $p=0,02$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida estimada con los parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la estimada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con parámetros de erosión calculados por el WEPP ($r=0,44$; $p=0,09$); valorados por ecuaciones ($r=0,44$; $p=0,09$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,46$; $p=0,07$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).



√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

Considerando los datos agrupados por sección de la pendiente, se verifica la misma asociación en las diferentes secciones de la pendiente en:

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

√ La pérdida estimada con los parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la estimada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,97$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

Considerando todos los datos totales en forma conjunta se obtiene correlación entre:

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).



√ La pérdida estimada con los parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la estimada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,00001$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,98$; $p<0,00001$).

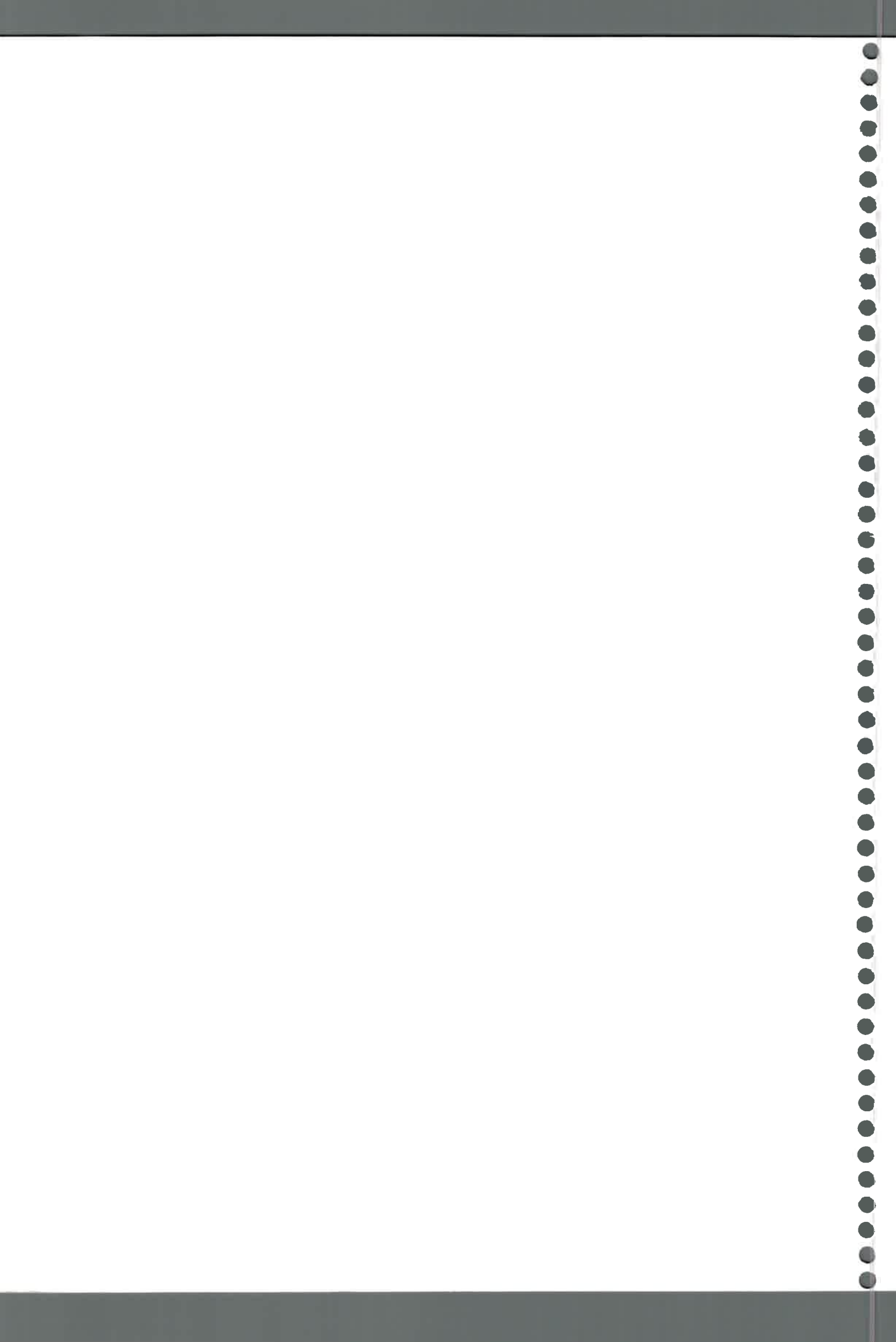
Con todos los datos totales agrupados por ciclo, se observa asociación en:

Ciclo 1999-2000

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,55$; $p=0,45$); valorados por ecuaciones ($r=0,54$; $p=0,46$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,56$; $p=0,44$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,0001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,01$).



√ El escurrimiento medido y el estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones ($r=-0,56$; $p=0,44$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y el establecido con valores calculados por el modelo ($r=0,80$; $p=0,20$).

Ciclo 2000-2001

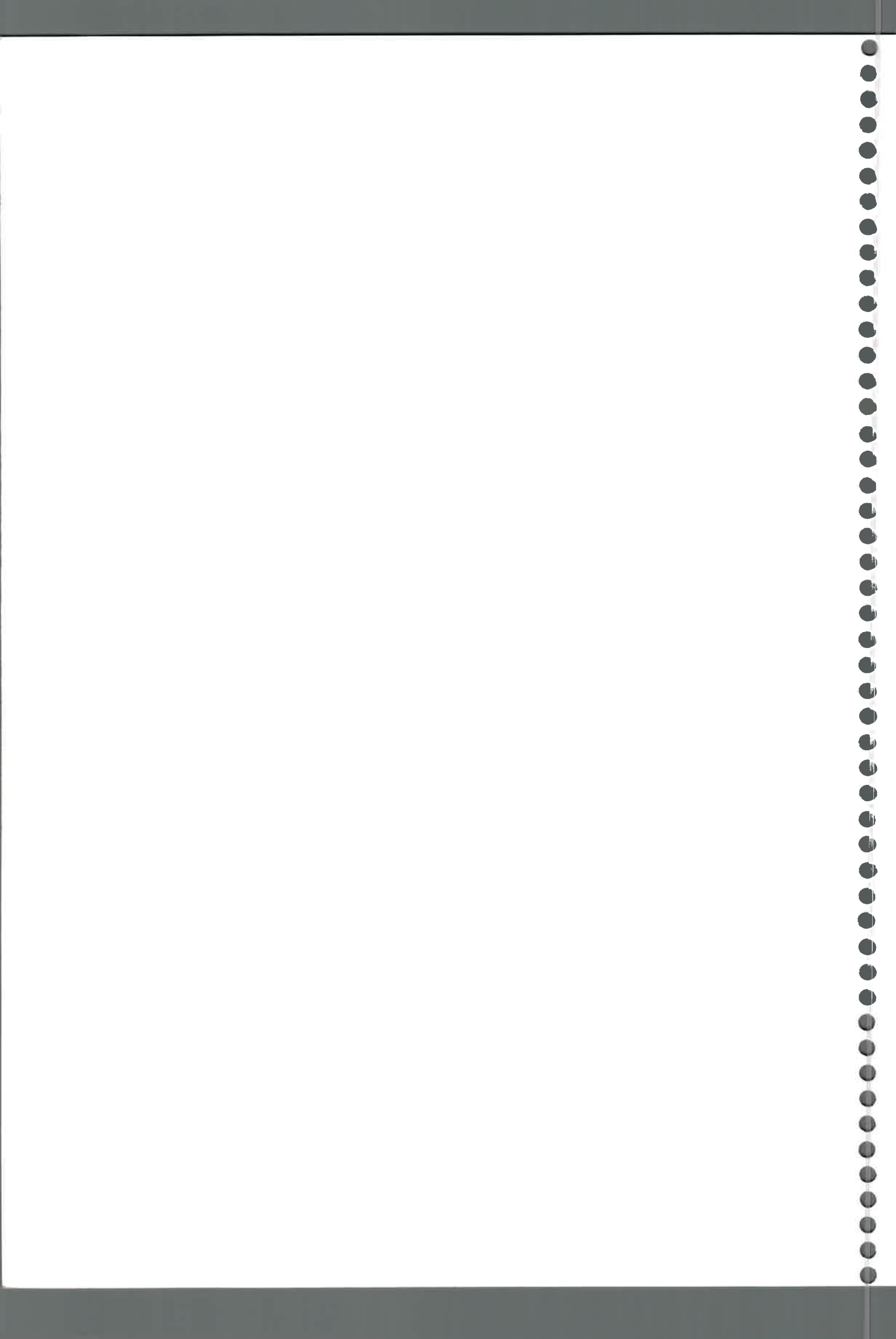
√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,01$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,01$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=-0,90$; $p=0,10$); valorados por ecuaciones ($r=-0,66$; $p=0,34$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=-0,94$; $p=0,06$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,89$; $p=0,11$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,91$; $p=0,09$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,63$; $p=0,37$).



Ciclo 2001-2002

√ La pérdida de suelo medida y la estimada con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=-0,67$; $p=0,33$); valorados por ecuaciones ($r=-0,60$; $p=0,40$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=-0,68$; $p=0,32$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,001$) y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,01$).

√ El escurrimiento medido y el estimado por el WEPP con parámetros de erosión calculados por ecuaciones ($r=0,62$; $p=0,38$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,92$; $p=0,08$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,84$; $p=0,16$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,60$; $p=0,40$).

Ciclo 2002-2003

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por el modelo y la pérdida valorada por ecuaciones ($r=0,99$; $p<0,001$) y la



calculada por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,99$; $p<0,0001$).

√ La pérdida de suelo estimada con parámetros de erosión calculados por ecuaciones y la calculada por el modelo con la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,99$; $p<0,01$).

√ El escurrimiento medido y el estimado con los parámetros de erosión: calculados por el WEPP ($r=0,76$; $p=0,24$); valorados por ecuaciones ($r=0,65$; $p=0,35$), y los estimados por el modelo con la velocidad de infiltración básica medida a campo ($r=0,73$; $p=0,27$).

√ El escurrimiento estimado con parámetros de erosión calculados por el modelo y el escurrimiento establecido a partir de ecuaciones ($r=0,88$; $p=0,12$) y el estimado con parámetros por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,91$; $p=0,09$).

√ El escurrimiento calculado con los parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el realizado con los valores del modelo e incluyendo la velocidad de infiltración medida a campo ($r=0,61$; $p=0,39$).



62715

TESIS DOCTORAL

T.441 v.3

**EVALUACION DEL PROCESO DE DEGRADACION
DE SUELOS POR EROSION HIDRICA
EN UNA SUBCUENCA REPRESENTATIVA
DE LA REGION PEDEMONTANA
DEL SUROESTE DE LA PROVINCIA DE
CORDOBA, ARGENTINA**

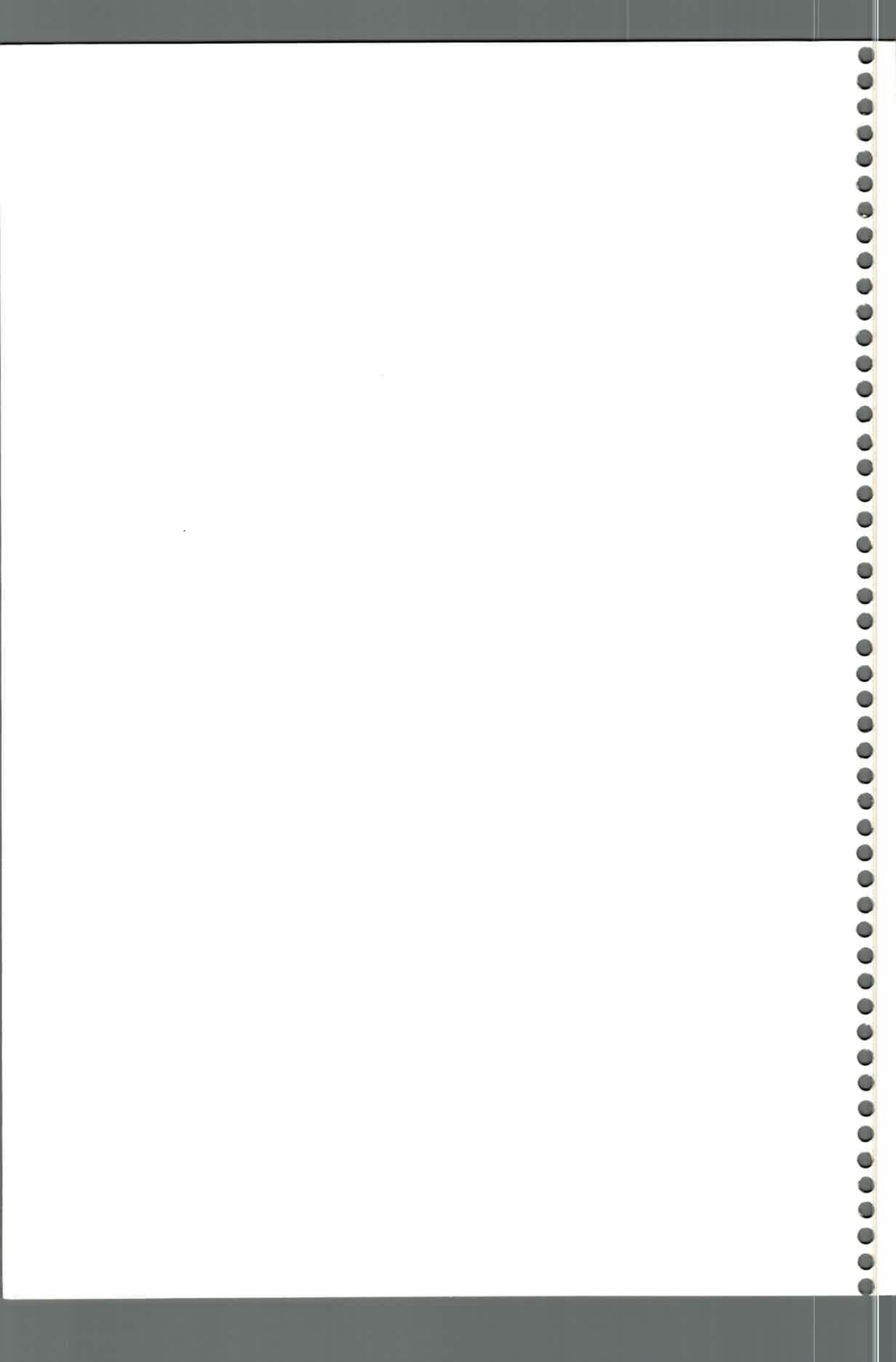
TOMO III

Autor Analía R. Becker
Director Dr. Mario P. Cantú



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO QUÍMICAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

2006





62715

INDICE

TOMO I

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPITULO 1. INTRODUCCION.....	5
1.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA DEGRADACION DE SUELOS POR EROSION HIDRICA.....	6
1.2. REVISION DE LAS METODOLOGIAS DE EVALUACION DEL PROCESO DE EROSION HIDRICA.....	15
1.3. HIPOTESIS.....	27
1.4. OBJETIVOS.....	27
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	27
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	28
CAPITULO 2. MATERIALES.....	29
2.1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	30
2.2. CLIMA.....	32
2.3. VEGETACION.....	34
2.4. GEOLOGIA.....	37
2.4.1. BASAMENTO PRECAMBRICO-PALEOZOICO.....	37
2.4.2. CUATERNARIO.....	39
2.4.2.1. Pleistoceno.....	39
2.4.2.2. Pleistoceno-Holoceno.....	44
2.4.2.3. Holoceno.....	45
2.5. ESTRUCTURA.....	48
2.5.1. ESTRUCTURA REGIONAL.....	48
2.5.2. ESTRUCTURA LOCAL.....	50

62715

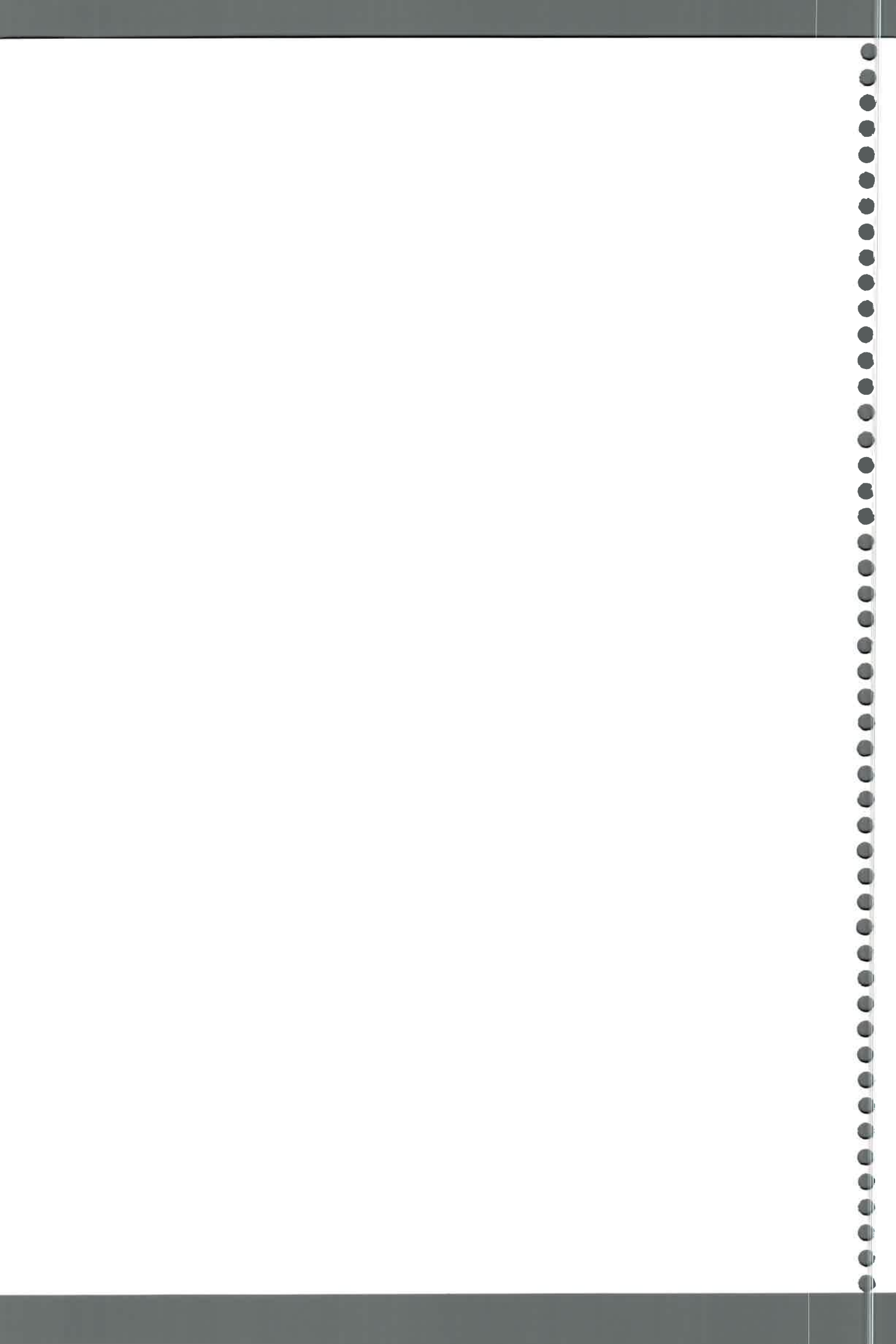
62715

MFN:
Clasif:
441
v.3

2.6. GEOMORFOLOGIA	53
2.6.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	53
2.6.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL	55
2.7. SUELO	60
2.8. USO DE LA TIERRA	62
2.9. SITIOS EXPERIMENTALES	64
2.9.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	65
2.9.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	68
CAPITULO 3. METODOLOGIAS	71
3.1. CARACTERIZACION CLIMATICA	72
3.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL	78
3.3. CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA	79
3.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	80
3.4.1. DESCRIPCION DE LOS SUELOS	80
3.4.2. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES QUIMICAS, FISICO-QUIMICAS Y FISICAS DE LOS SUELOS	80
3.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	84
3.5.1. CARACTERIZACION DE LOS SEDIMENTOS	87
3.5.2. ESTIMACION DE LA TASA DE ENRIQUECIMIENTO	88
3.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y ESCURRIMIENTO	88
3.6.1. COMPONENTES DEL MODELO WEPP PARA PENDIENTES	91
3.6.2. ARCHIVOS DE ENTRADA DE DATOS	98
3.6.2.1. <i>Entrada de datos climáticos</i>	98
3.6.2.2. <i>Entrada de datos de pendiente</i>	111
3.6.2.3. <i>Entrada de datos de suelo</i>	115
3.6.2.4. <i>Entrada de datos de plantas y manejo</i>	124



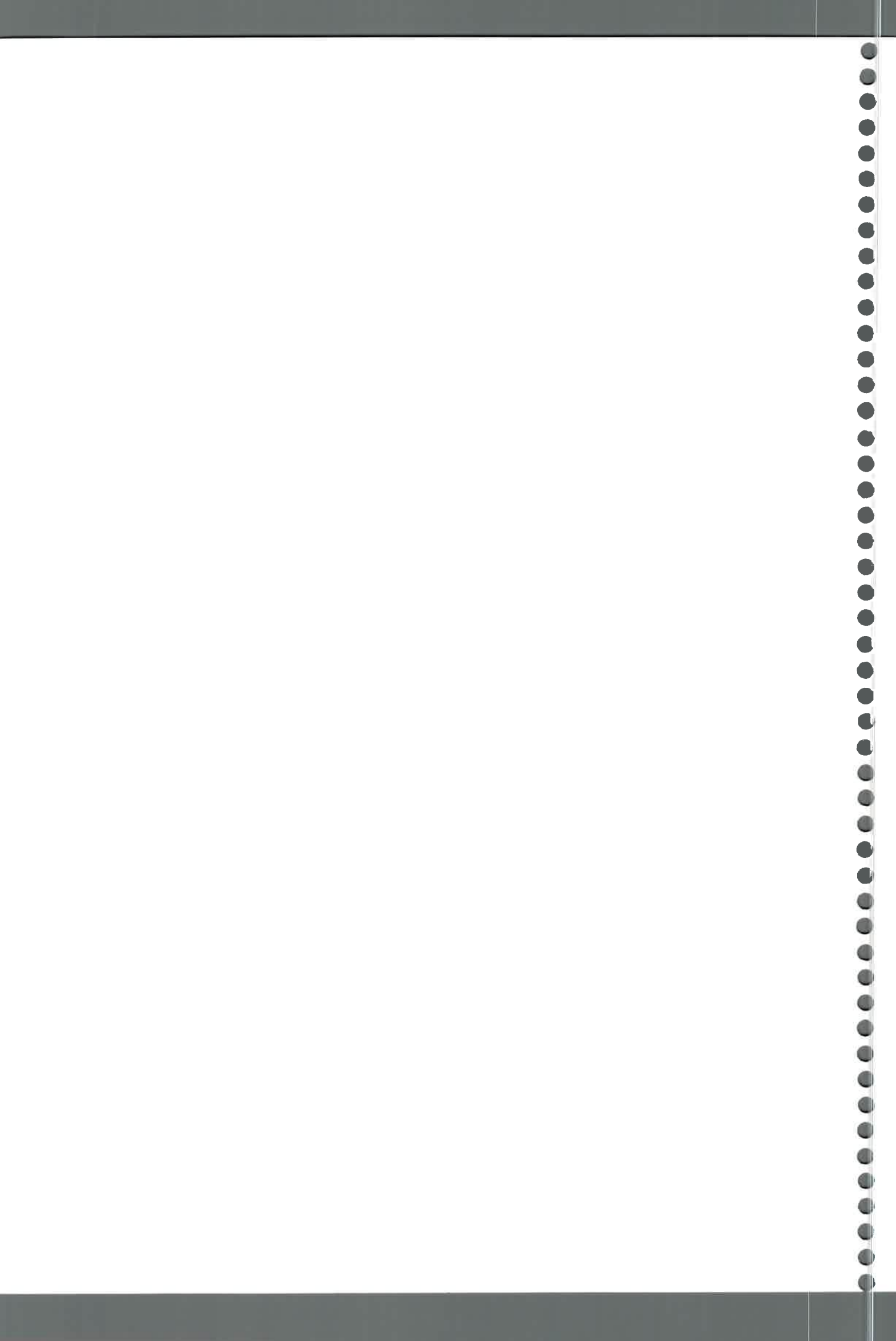
3.6.3. APLICACION DEL MODELO WEPP	146
3.7. ANALISIS ESTADISTICO	148
CAPITULO 4. RESULTADOS	151
4.1. CARACTERIZACION CLIMATICA	152
4.2. CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL.....	187
4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	187
4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	196
4.3. GEOMORFOLOGIA	200
4.3.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	200
4.3.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	203
4.4. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	206
4.4.1. CARACTERIZACION DE LOS PERFILES DE SUELO ..	206
4.4.1.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	206
4.4.1.2. PENDIENTE EL VERTEDERO.....	217
4.4.2. CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES DEL HORIZONTE SUPERFICIAL.....	223
4.4.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL.....	223
4.4.2.1.1. <i>Carbono orgánico</i>	223
4.4.2.1.2. <i>Densidad aparente</i>	226
4.4.2.1.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	229
4.4.2.1.4. <i>Velocidad de infiltración</i>	240
4.4.2.1.5. <i>Resistencia mecánica</i>	243
4.4.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO.....	247
4.4.2.2.1. <i>Carbono orgánico</i>	247
4.4.2.2.2. <i>Densidad aparente</i>	250
4.4.2.2.3. <i>Estabilidad de agregados</i>	253



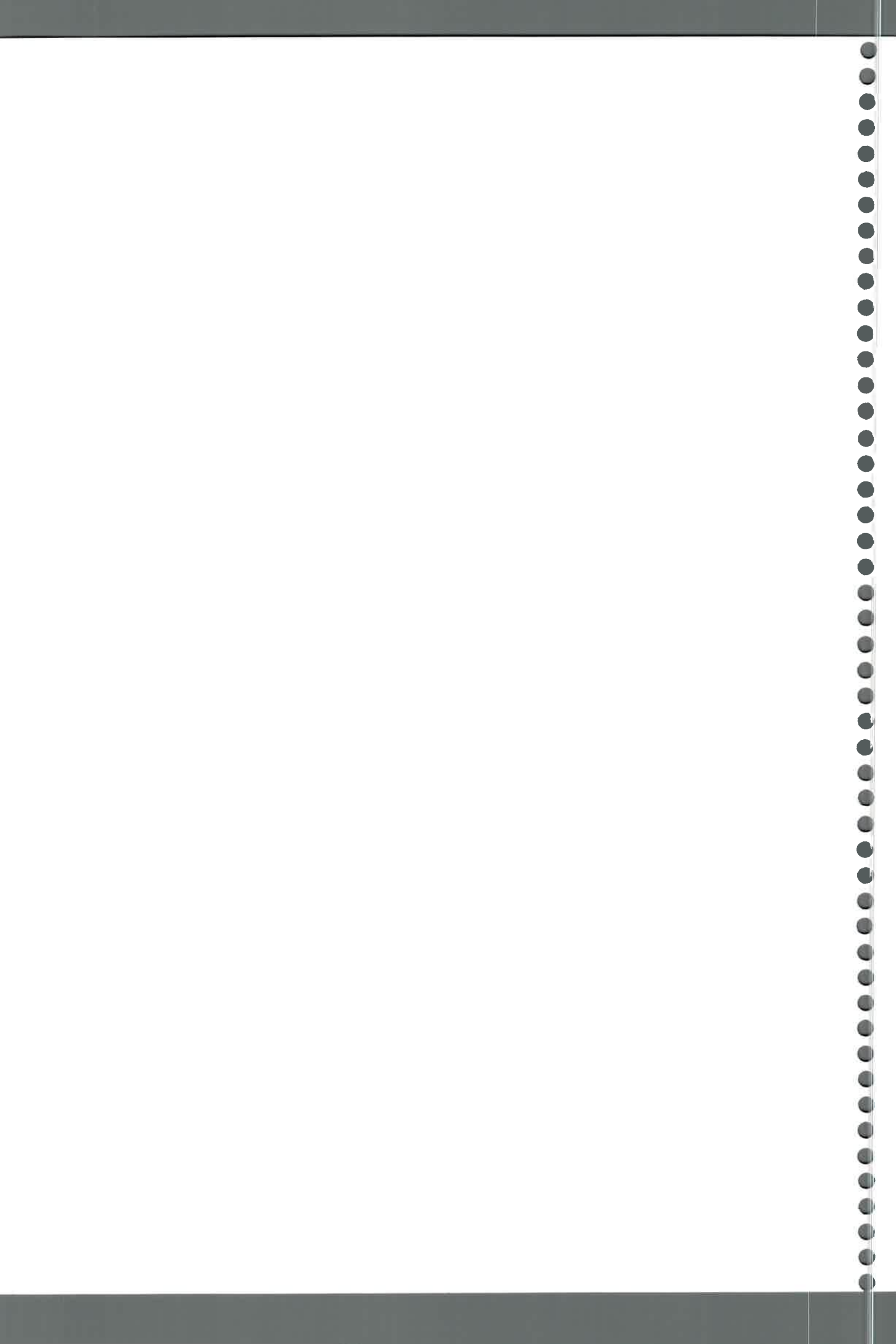
4.4.2.2.4. <i>Velocidad de infiltración</i>	263
4.4.2.2.5. <i>Resistencia mecánica</i>	265

TOMO II

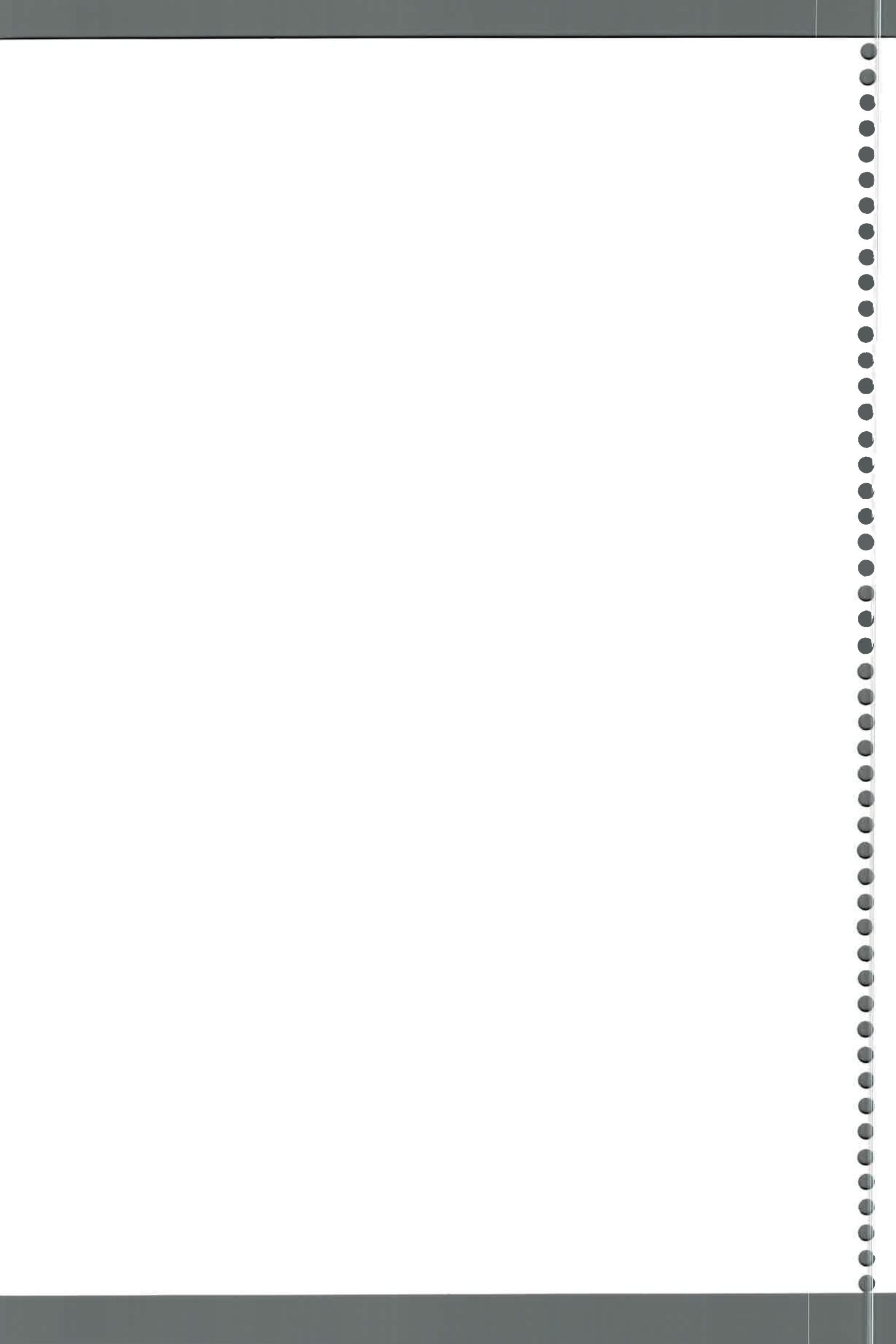
4.5. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO .	269
4.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	269
4.5.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	269
4.5.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	278
4.5.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	287
4.5.1.4. <i>Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento</i>	295
4.5.1.5. <i>Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y propiedades evaluadas</i>	296
4.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	311
4.5.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	311
4.5.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	318
4.5.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	325
4.5.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	332
4.5.2.5. <i>Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento</i>	339
4.5.2.6. <i>Relación entre pérdida de suelo, escurrimiento y las propiedades evaluadas</i>	340
4.5.3. COMPARACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO ENTRE SITUACIONES SIMILARES DE LAS PENDIENTES	345
4.6. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION HIDRICA LAMINAR.	348
4.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	348
4.6.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	348
4.6.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	361



4.6.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	374
4.6.1.4. <i>Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión</i> ..	387
4.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	392
4.6.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	392
4.6.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	401
4.6.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	411
4.6.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	421
4.6.2.5. <i>Relación entre las propiedades del sedimento recolectado y la pérdida de suelo, el escurrimiento, y los factores intervinientes en el proceso de erosión</i> ..	430
4.7. TASA DE ENRIQUECIMIENTO	433
4.7.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	433
4.7.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	433
4.7.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	440
4.7.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	446
4.7.1.4. <i>Evaluación del período 2000-2003</i>	452
4.7.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	454
4.7.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	454
4.7.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	459
4.7.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	464
4.7.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	469
4.7.2.5. <i>Evaluación del período 1999-2003</i>	474
4.8. BASE DE DATOS MODELO WEPP Y ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	476
4.8.1. BASE DE DATOS MODELO WEPP	476
4.8.1.1. <i>Base de datos climática</i>	476

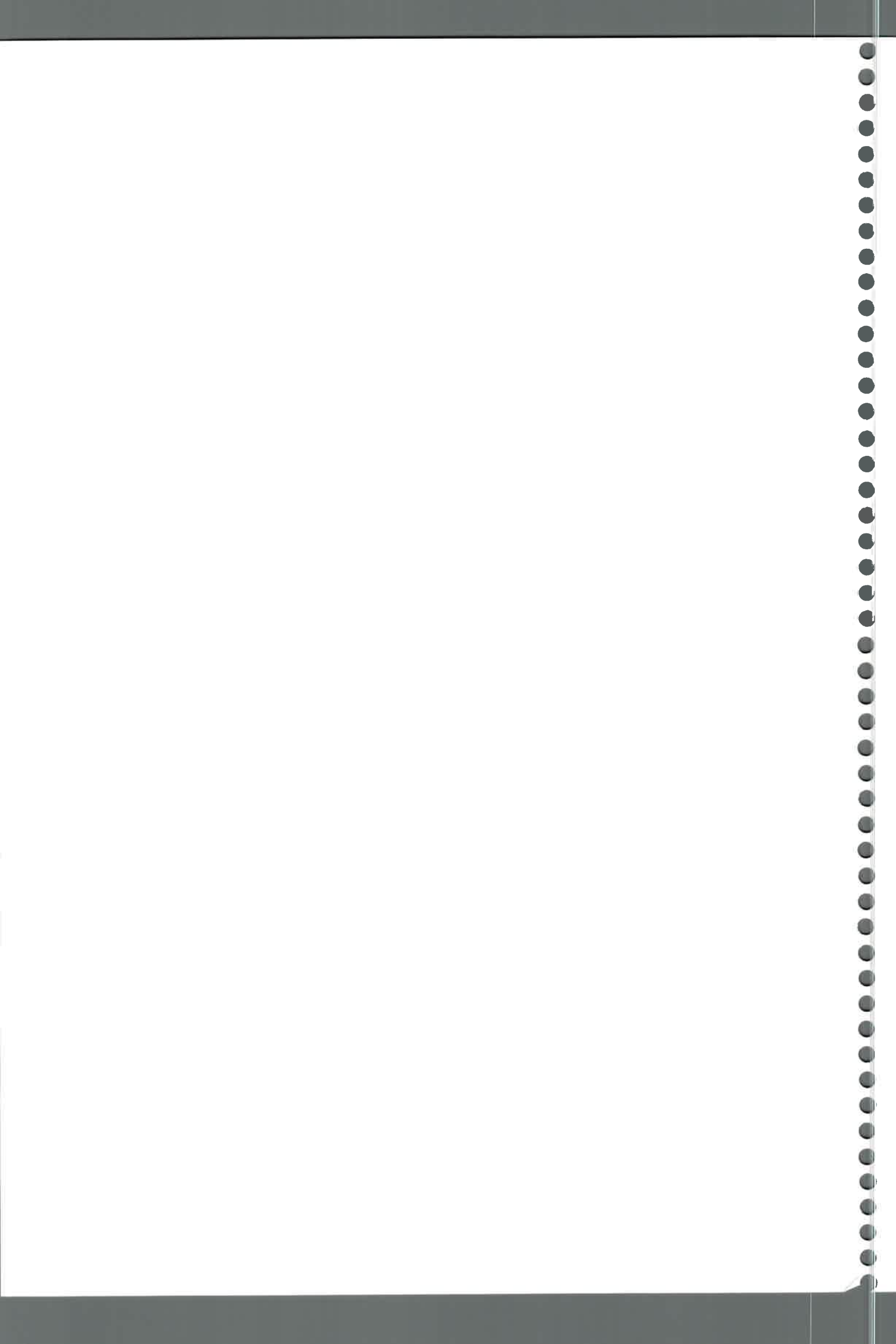


4.8.1.2. Base de datos de pendiente	476
4.8.1.3. Base de datos de suelo	477
4.8.1.4. Base de datos de manejo y de plantas	477
4.8.2. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	475
4.8.2.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	478
4.8.2.1.1. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_e del suelo calculadas por el Wepp	478
4.8.2.1.2. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_b del suelo estimadas por ecuaciones	487
4.8.2.1.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r y τ_c del suelo calculadas por el WEPP y la velocidad de infiltración básica a campo	496
4.8.2.1.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo WEPP	505
4.8.2.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	524
4.8.2.2.1. Estimación de pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_e del suelo calculados por WEPP	524
4.8.2.2.2. Estimación de pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c , y K_b del suelo estimados por ecuaciones	535
4.8.2.2.3. Estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento con K_i , K_r , τ_c del suelo calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica a campo	546
4.8.2.2.4. Relación entre las pérdidas de suelo y los escurrimientos medidos y las estimaciones del modelo WEPP	557



TOMO III

CAPITULO 5. DISCUSION	566
5.1. CLIMA	567
5.2. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	571
5.3. PROPIEDADES DE LOS HORIZONTES SUPERFICIALES	574
5.3.1. Carbono orgánico	574
5.3.2. Densidad aparente	577
5.3.3. Resistencia mecánica	580
5.3.4. Estabilidad de agregados	584
5.3.5. Velocidad de infiltración	592
5.4. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO .	597
5.4.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	597
5.4.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001	597
5.4.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002	606
5.4.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003	614
5.4.1.4. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento	624
5.4.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	625
5.4.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000	625
5.4.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001	628
5.4.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002	631
5.4.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003	634
5.4.2.5. Relación entre pérdida de suelo y escurrimiento	637
5.5. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION Y TASA DE ENRIQUECIMIENTO	638
5.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	639
5.5.1.1. Evaluación en el ciclo 2001-2001	639



5.5.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	646
5.5.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	651
5.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	658
5.5.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	658
5.5.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	660
5.5.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	662
5.5.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	663
5.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO	664
5.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL	665
5.6.1.1. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	665
5.6.1.2. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	668
5.6.1.3. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	671
5.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO	675
5.6.2.1. <i>Evaluación en el ciclo 1999-2000</i>	675
5.6.2.2. <i>Evaluación en el ciclo 2000-2001</i>	676
5.6.2.3. <i>Evaluación en el ciclo 2001-2002</i>	679
5.6.2.4. <i>Evaluación en el ciclo 2002-2003</i>	680
CAPITULO 6. CONCLUSIONES	684
CAPITULO 7. BIBLIOGRAFIA	697
APENDICE 1	734
APENDICE 2	758



CAPITULO 5

DISCUSION

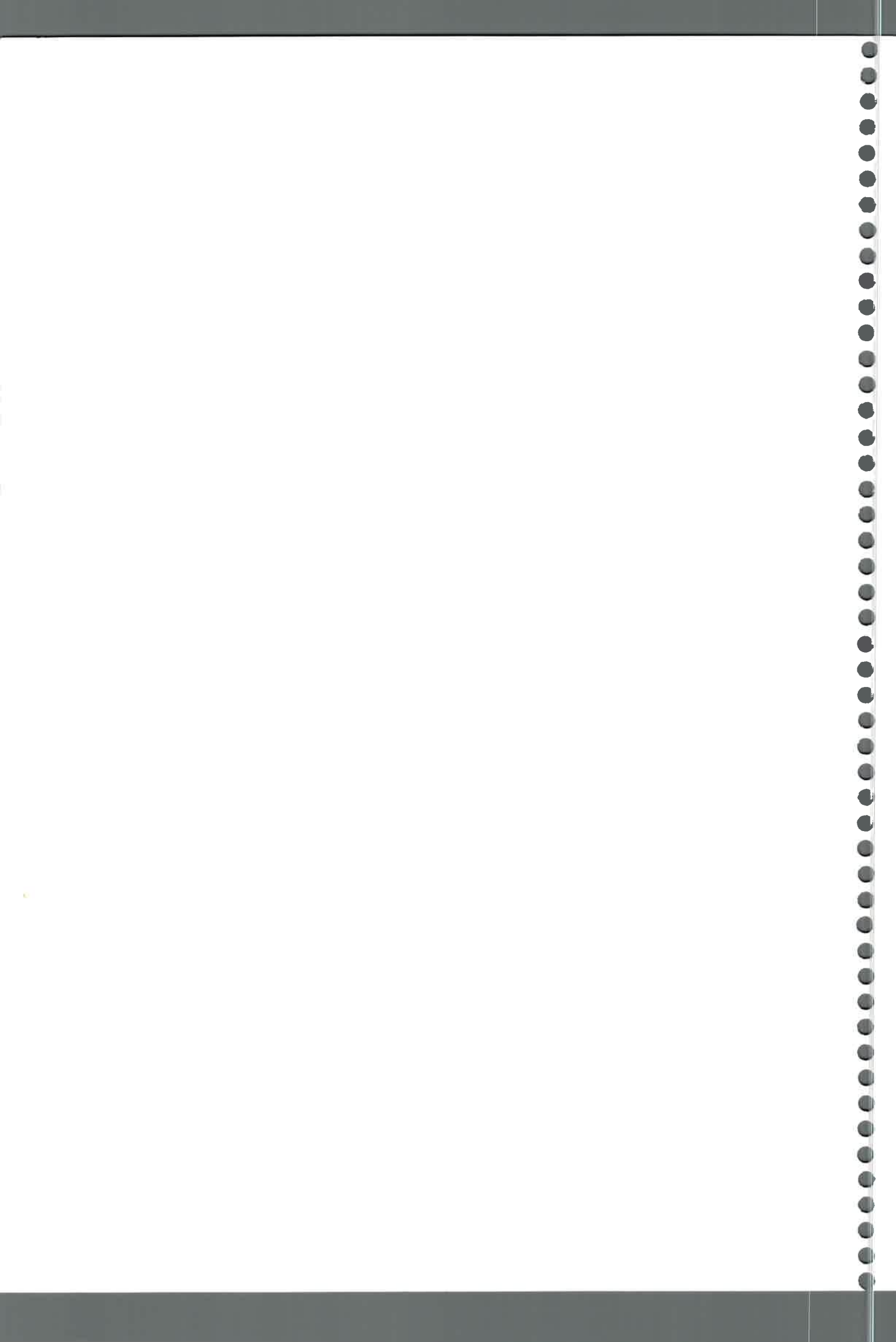


El proceso de erosión hídrica es el resultado de un balance entre las fuerzas erosivas asociadas a la energía cinética de la precipitación y el escurrimiento y la resistencia que el suelo opone al desprendimiento y arrastre del material. El motor principal de la erosión hídrica es el escurrimiento superficial. El escurrimiento superficial y la erosión son el resultado de una compleja interacción entre diversos factores, tales como, el clima, la cobertura vegetal, la naturaleza del suelo y las propiedades del mismo, el uso y la morfología del relieve que interrelacionan entre sí dando lugar al proceso de erosión hídrica. A continuación se discutirá sobre los distintos factores intervinientes en el proceso de erosión hídrica laminar, sobre la medición y estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento, la caracterización de los materiales erosionados y la tasa de enriquecimiento en los diferentes tratamientos de las pendientes analizadas en la Cuenca del Arroyo La Colacha.

5.1. CLIMA

El área pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba presenta un régimen térmico de tipo mesotermal con una temperatura media anual de 15,6°C (Estación La Aguada, 1994-2003) que muestra una diferencia de 0,9°C respecto a la obtenida en la Estación de la U.N.R.C. (1974-2003). Se observan valores muy similares respecto a la temperatura máxima media y mínima media, y diferencias entre los valores de máxima absoluta, cercanas a los 4°C, mientras que las mínimas absolutas son parecidas aunque se dan en distinto mes. Las variaciones observadas se deberían a las diferencias de altitud sobre el nivel del mar entre ambas estaciones y a la longitud de las series estudiadas.

Los valores de las temperaturas en la Estación La Aguada son similares a lo observado por la autora en la Estación Rodeo Viejo (2000-2004) en la cual la temperatura media anual es de 15,6°C, con una máxima media de 22,1°C y una mínima de 9,9°C, aunque la temperatura máxima absoluta se registra en Noviembre (38,4°C) y la mínima absoluta en Julio (-5,9°C). Esta última diferencia se debería principalmente a la longitud de la serie.

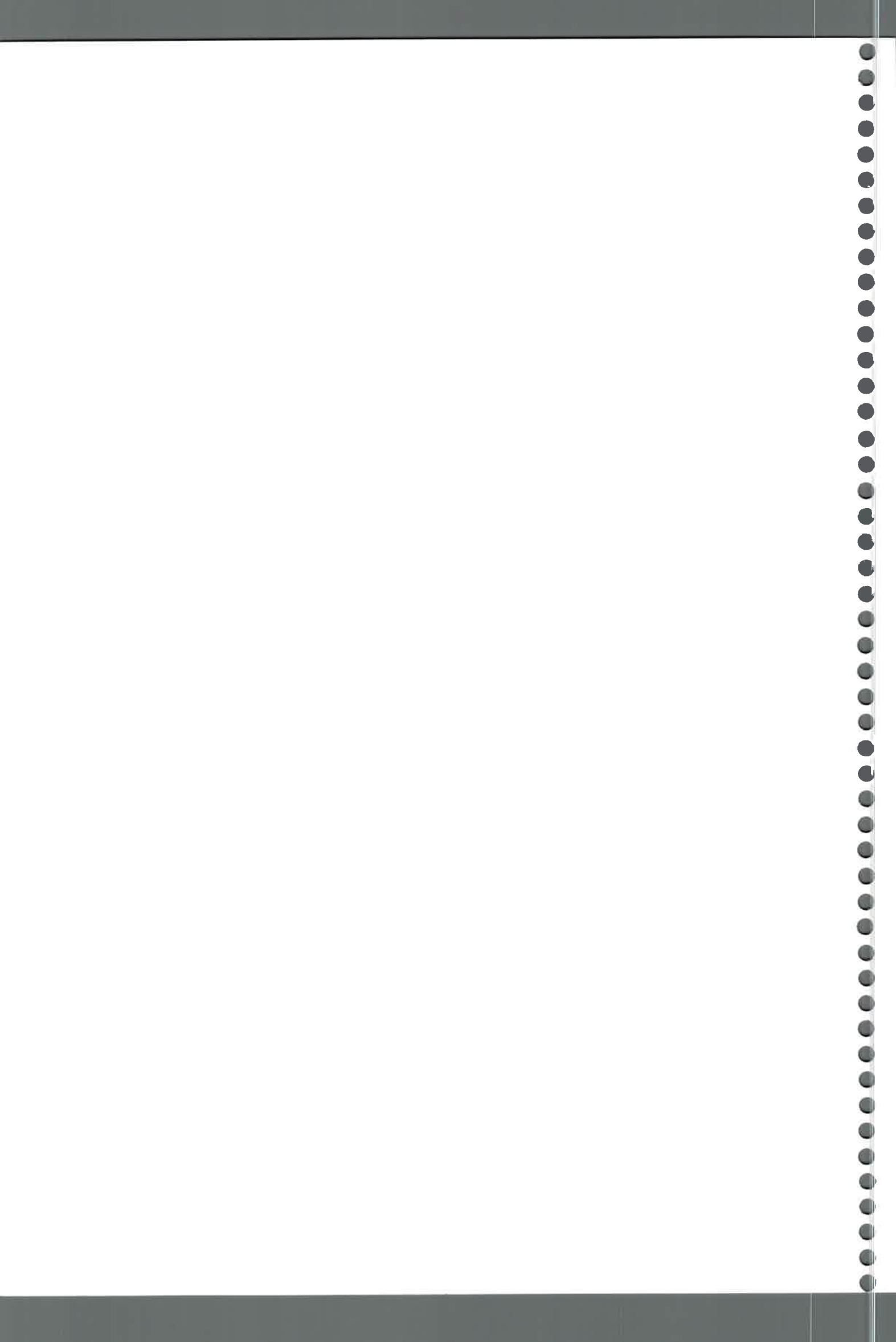


Los vientos del área de nacimiento de la cuenca del arroyo La Colacha, Estación Los Chañares (1959-2003), muestran una variación respecto a la serie 1959-1994 analizada por Cantú (1998) para la misma estación. Se observa una disminución del 12% para los vientos de dirección N, 21% para los del O y del 20% para los del E y del 19,7% los días de calma. Mientras que, un aumento de la dirección del NE del 55,5%, 42% para los del NO, del 30% para el SO, 29,8% para el SE y 20% para los del S.

Una componente menor como la del SE introduce en la región un fuerte contenido de humedad proveniente del Atlántico siendo la generadora de la mayoría de las tormentas. En invierno esta componente genera temporales con precipitaciones de bajo volumen y larga duración, como la ocurrida del 14 al 18 de Agosto de 2001 con 15 mm, y en el comienzo de primavera con el ingreso de masas cálidas del N y NE provoca el inicio del ciclo de lluvias primavero-estival (22 y 23 de Octubre de 2000 con 38mm). Eventualmente se producen tormentas importantes en invierno cuando hay ingresos anormales de masas cálidas a la región, como la precipitación registrada del 30 de Junio al 1 de Julio de 1979 con volumen de 32 y 5 mm, respectivamente.

Por otra parte, de acuerdo a los registros de la Estación Rodeo Viejo (2000-2004) ubicada en el área de las pendientes, se observa que los vientos dominantes son del NE difiriendo con los registrados en la Estación Los Chañares. Se considera que ello se debe al efecto orográfico por la cercanía al cordón serrano y al aumento de la altura sobre el nivel del mar (135 metros de desnivel) de esta última estación.

La actualización de la serie cronológica interanual de la Estación Los Chañares (1941-2003) muestra una media de 947,9mm, donde se observa un incremento del 8,6% respecto al obtenido por Cantú (1998) considerando la serie (1941-1994). Los últimos 10 años incorporados a la serie son una continuidad del último ciclo húmedo establecido por Cantú (1998), ya que la media de este ciclo (1058,3mm) es prácticamente igual al determinado por este

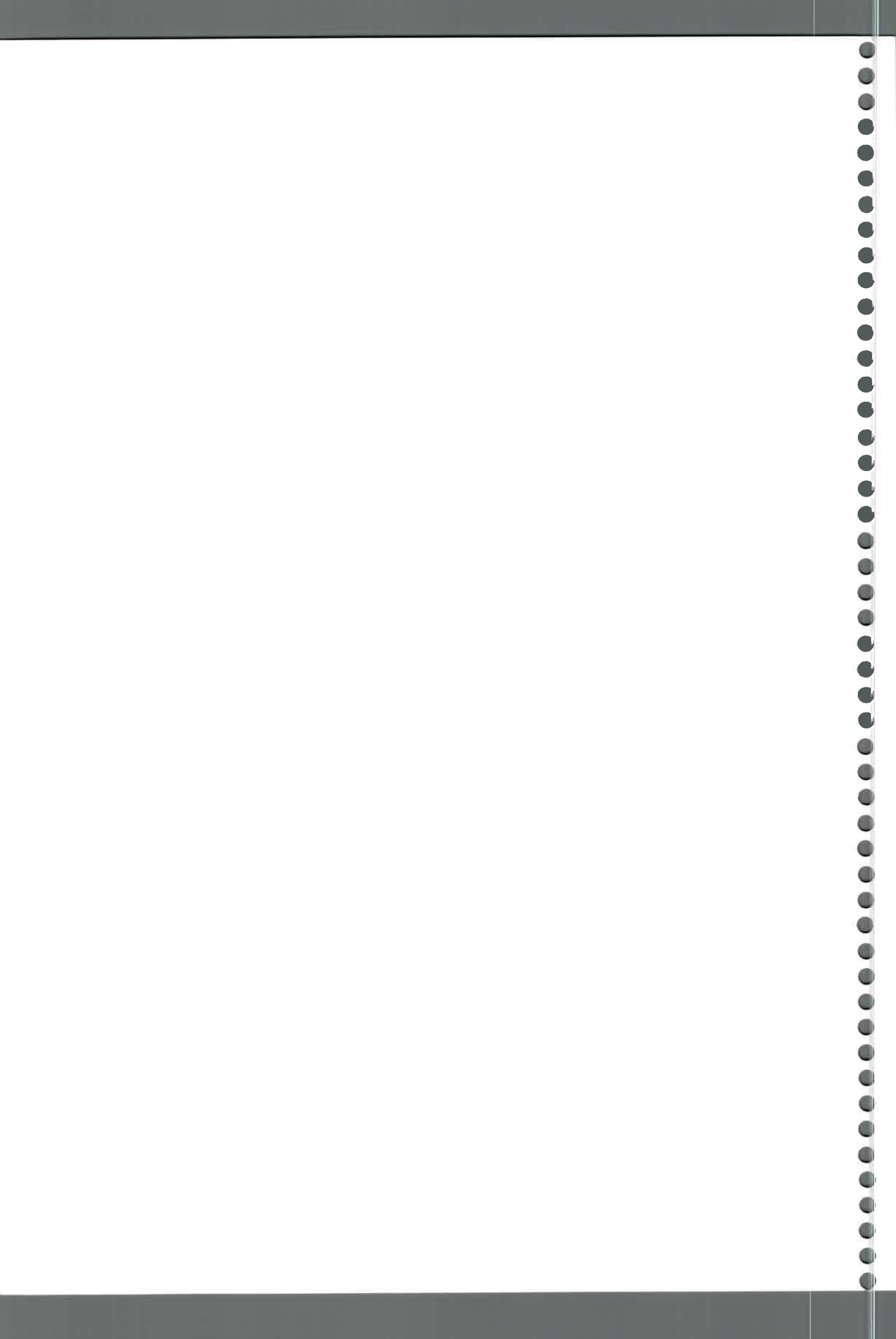


autor (1057mm). Esta tendencia al aumento de las precipitaciones coincide con lo reportado por Blarasín (2003) para el sur de Córdoba en las últimas décadas.

Las estaciones instaladas en el área de estudio con series más cortas, muestran una precipitación media inferior a la de Los Chañares, siendo en Rodeo Viejo (2000-2003) de 813mm y La Aguada (1994-2003) de 778,7mm. Esta diferencia se debe principalmente a la longitud de las series y posiblemente a la diferencia de altura sobre el nivel del mar. Por otro lado, la diferencia observada entre las estaciones de la llanura, aun comparando los mismos años, se debería a la gran variabilidad en la distribución espacial de las precipitaciones.

La distribución de las precipitaciones en la Estación Los Chañares y La Aguada muestran un carácter estacional con una fuerte concentración en primavera-verano, aunque se observan diferencias entre en los meses con mayor y menor precipitación, siendo en la primera de Octubre-Marzo y Abril-Septiembre, y en la segunda de Noviembre-Abril y de Mayo-Octubre, respectivamente. Los índices de concentración obtenidos evidencian la alta concentración de las precipitaciones en el período anteriormente señalado.

La actualización de la serie de la Estación Los Chañares (1941-2003) y la incorporación de la Estación La Aguada (1994-2003) permite a través del análisis de las series cronológicas interanuales, mensuales y de los índices de máxima y de mínima, establecer la alta variabilidad de las precipitaciones. Los índices máximos mensuales obtenidos indican que la mayor variabilidad corresponde a los meses con menor precipitación e igual precipitación promedio (Julio y Agosto). Los índices mínimos mensuales muestran una alta variabilidad en todo el año, siendo mayor desde Abril a Octubre en la Estación Los Chañares y de Mayo a Septiembre en La Aguada. El índice anual de máxima, mínima y de rango de ambas estaciones, en términos generales es semejante, mostrando la alta variabilidad climática de la región.



Considerando los balances hídricos de Thornthwaite y Mather (1955) de las Estaciones Los Chañares y La Aguada, se puede establecer que el área de estudio no presenta déficit hídrico anual. Sin embargo, en el balance hídrico modular, de ambas estaciones, se observa un déficit hídrico en Enero en la Estación Los Chañares, como así también, un déficit muy pequeño en Mayo, Julio y Septiembre. En la estación La Aguada el déficit hídrico se produce en Enero, Noviembre y Octubre.

El balance hídrico seriado de Los Chañares con la incorporación de los últimos 10 años a la serie muestra la continuidad del ciclo húmedo ya definido en la serie interanual. Esto también se verifica en el balance hídrico seriado de La Aguada. Además, se observan precipitaciones extraordinarias en Agosto de 2002 (45mm) y Julio de 2003 (46,6mm) en ambas estaciones. En el caso de los excedentes hídricos en la mayoría de los años se observan fuertes escurrimientos, excepto para el ciclo primavera verano 1996-1997 y 2002-2003. El índice de sequía marca claramente estos períodos de fuerte sequía.

La importancia de los escurrimientos de los excedentes hídricos es la vinculación de estos con el proceso de erosión hídrica del área pedemontana. Como así también, a las inundaciones en las áreas deprimidas del sur de Córdoba, especialmente en Curapaligüe y Río Bamba (Cantú, 1998) y a los incrementos del nivel freático (Blarasín, 2003). En Diciembre de 1999 con una precipitación mensual de 241mm y un escurrimiento de 97,5mm se generó un fuerte retroceso de aproximadamente 300m de la cabecera principal de una cárcava ubicada en las proximidades de la pendiente El Vertedero y de 50 a 100 metros en una cabecera secundaria. Esto provocó una marcada profundización de la cárcava con consecuencias locales en la infraestructura (alambrados, corte de caminos, etc.) y pérdida del recurso suelo con gran cantidad de sedimento transportado en primera instancia por el arroyo Moreno, y posteriormente por el arroyo La Colacha hasta salir del área e integrar el sistema de arroyos que desaguan sus aguas y sedimentos en el sur de la provincia de Córdoba.



5.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Las pendientes están constituidas por sedimentos loésicos arenosos muy finos en los que se han desarrollado Hapludoles típicos de bajo desarrollo pedogenético, tipo brunizem con un estadio evolutivo que no supera el brunizem mínimo (Becker, 1987; Cantú y Becker, 1991; Cantú, 1998). Estos suelos presentan en general escasos rasgos de iluviación y de enriquecimiento de arcilla en el horizonte Bw coincidiendo con lo reportado por Becker *et al.* (1996, 1997) sobre los horizontes cámbicos del sur de Córdoba.

El contenido de carbono orgánico y arcilla de estos suelos es muy bajo, aunque en general se observan los mayores contenidos en el horizonte superficial y una disminución regular en profundidad como fuera indicado en investigaciones realizadas en otros suelos del área (Becker, 1987; Cantú y Becker, 1991; Cantú *et al.*, 1996; Cantú, 1998). Los suelos de la pendiente Pozo del Carril presentan altos contenidos de arena (más del 60%) con un amplio dominio de la fracción arena muy fina (entre el 94 y 99% del total de arenas) que sumada a los contenidos de limo (entre 22 y 38%) muestran niveles del 82 al 87% en los horizontes superficiales, aunque con cierta variabilidad de acuerdo a la historia de manejo. En la pendiente El Vertedero los suelos presentan un contenido de arena, algo superior a la observada en la pendiente Pozo del Carril, y con amplio predominio de arena muy fina (99%) que sumada al limo (entre 24 al 26%) en el horizonte superior presentan valores promedios del 87% con variabilidad dependiendo de la sección de la pendiente.

Las características texturales de los suelos estarían en el rango de mayor vulnerabilidad para generar desprendimiento y producción de sedimento de acuerdo a los estudios efectuados por Poesen (1985, 1992) en relación al tamaño medio de las partículas del suelo y la energía necesaria para la puesta en movimiento del material. Los suelos presentan un bajo contenido coloidal con un dominio textural de arena muy fina que le confiere a los mismos una alta susceptibilidad intrínseca a los procesos de erosión hídrica.

En relación a la estructura del suelo los diferentes sistemas de la pendiente Pozo del Carril presentan diferencias en el horizonte superficial. La siembra directa (SD) después de cuatro años tiene una laminación gruesa, fuerte, muy dura y firme; la labranza reducida (LR) bloques angulares gruesos moderados con laminación, duro, friable y la labranza convencional (LC) bloques angulares medios y finos, presentando laminación y consistencia igual a la LR. La pendiente El Vertedero después de 5 años tiene estructura laminar fuerte con un tamaño medio a fino en las distintas secciones de la pendiente.

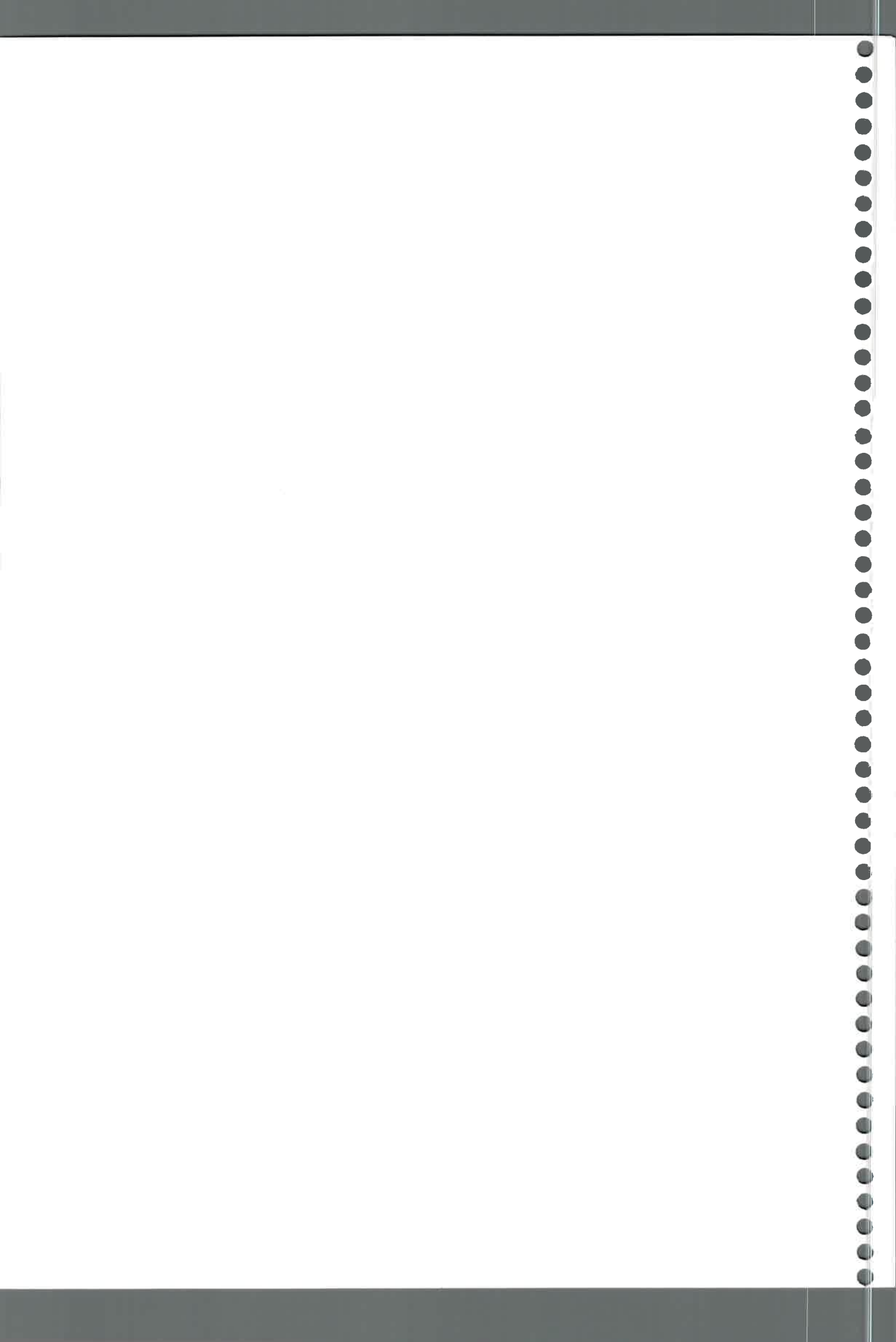
La estructura que presenta la SD se vincularía principalmente a la falta de remoción del horizonte superficial, 8 años en la Pendiente Pozo del Carril y 6 años en El Vertedero. Mientras que en la LR y LC los agregados fueron disturbados por las labranzas, aunque mucho menos en la LR. Por otra parte, para los tres tipos de labranza intervienen otros factores, tales como, los intrínsecos de los suelos (textura y contenido coloidal) que favorecen la tendencia a la compactación, las condiciones climáticas, el tráfico de las maquinarias y las secuencias de cultivos, entre otras. Esto coincide con observaciones efectuadas en suelos de la región central de Córdoba, donde se reportaron grandes cambios en las condiciones estructurales superficiales bajo sistemas de producción agrícolas y mixtos sin remoción (Cantú, 1998; Cantú *et al.*, 1998) y disposiciones preferenciales en sentido horizontal bajo siembra directa en Argiudoles de provincia de Buenos Aires (Andriulo y Rosell, 1988; Barbosa *et al.*, 1997; Senigagliaesi y Ferrari, 1993; Sá, 2002, Sasal *et al.*, 2004). En observaciones a través de secciones delgadas se manifiesta una disminución de la macroporosidad bajo siembra directa y una tendencia de los agregados a ser alargados y orientados paralelos a la superficie (Pagliai *et al.*, 1983; Shipitalo y Protz 1987; Dress *et al.*, 1994; Van den Bygaart *et al.*, 1999).

En estudios micromorfológicos realizados en el horizonte superficial de la siembra directa de la pendiente Pozo del Carril (datos no presentados) se observó una marcada disminución de la porosidad y escasas fisuras principalmente horizontales a subhorizontales. Morras *et al.* (2004) en el

análisis micromoestructural del horizonte superficial de Argiudoles típicos y Hapludoles énticos pampeanos bajo siembra directa, indican la presencia de compactación y laminación del suelo, como así también, estratificación de la materia orgánica; con variaciones entre los suelos que estarían vinculadas a las condiciones ambientales, de manejo y a las características edáficas tales como textura y contenido de materia orgánica. Recientemente, Bonel *et al.*, (2005) reporta en un Argiudol típico del sureste Cordobés resultados similares a los mencionados anteriormente.

Los perfiles de suelos estudiados en ambas pendientes presentan niveles de pH con un ligero incremento hacia la parte inferior como resultado del proceso de lixiviación, coincidiendo con lo observado en otros sitios del área pedemontana (Becker, 1987; Becker *et al.*, 1997; Cantú, 1998). Por otra parte, la siembra directa en la pendiente Pozo del Carril muestra en el horizonte superior un pH inferior respecto a la LR y LC, e inclusive dentro de los tratamientos se observan los niveles más bajos en la SD con fertilización. La pendiente El Vertedero presenta los niveles más bajos de pH en el horizonte superficial en la loma media y baja en comparación con las secciones más altas de la pendiente.

De acuerdo a investigaciones realizadas por Musso *et al.* (2004; 2006) en los sistemas de labranza más utilizados en la cuenca de La Colacha el efecto de la fertilización a través del tiempo provocó una disminución del pH, en especial en los horizontes Ap de la SD, atribuyéndoselo a una mayor producción de residuos que permanecen en superficie con bajo grado de maduración. Esto coincide con estudios en la región pampeana donde se ha observado una disminución del pH en siembra directa como resultado del aumento en los contenidos de materia orgánica (Quiroga, 1993; Buschiazzo y Panigatti, 1996) aunque no así con lo reportado en el sudoeste bonaerense donde no se ha detectado disminución del pH bajo SD (Krüger, 1996; Díaz-Zorita *et al.*, 2004).



5.3. PROPIEDADES DE LOS HORIZONTES SUPERFICIALES

5.3.1. *Carbono orgánico*

A lo largo del período analizado en este estudio la siembra directa con fertilización y sin pastoreo en la pendiente Pozo del Carril presenta en el horizonte superficial en el 2001 el mayor nivel de carbono orgánico de todos los tratamientos, mientras que menor en el 2000 y 2002 con igual nivel. Los demás tratamientos de la SD muestran una tendencia al aumento de carbono orgánico promedio a lo largo del tiempo, siendo este más manifiesto en la SD/CF/CP. Por otra parte, la labranza reducida con fertilización también presenta un aumento del contenido de carbono orgánico promedio en el segundo año, siendo este más marcado en la LR/CF/SP, y una ligera disminución en el tercer año, pero con valores que superan a los encontrados en el primer año. En la LR sin fertilización los niveles son similares en los dos primeros años con una disminución en el último año evaluado.

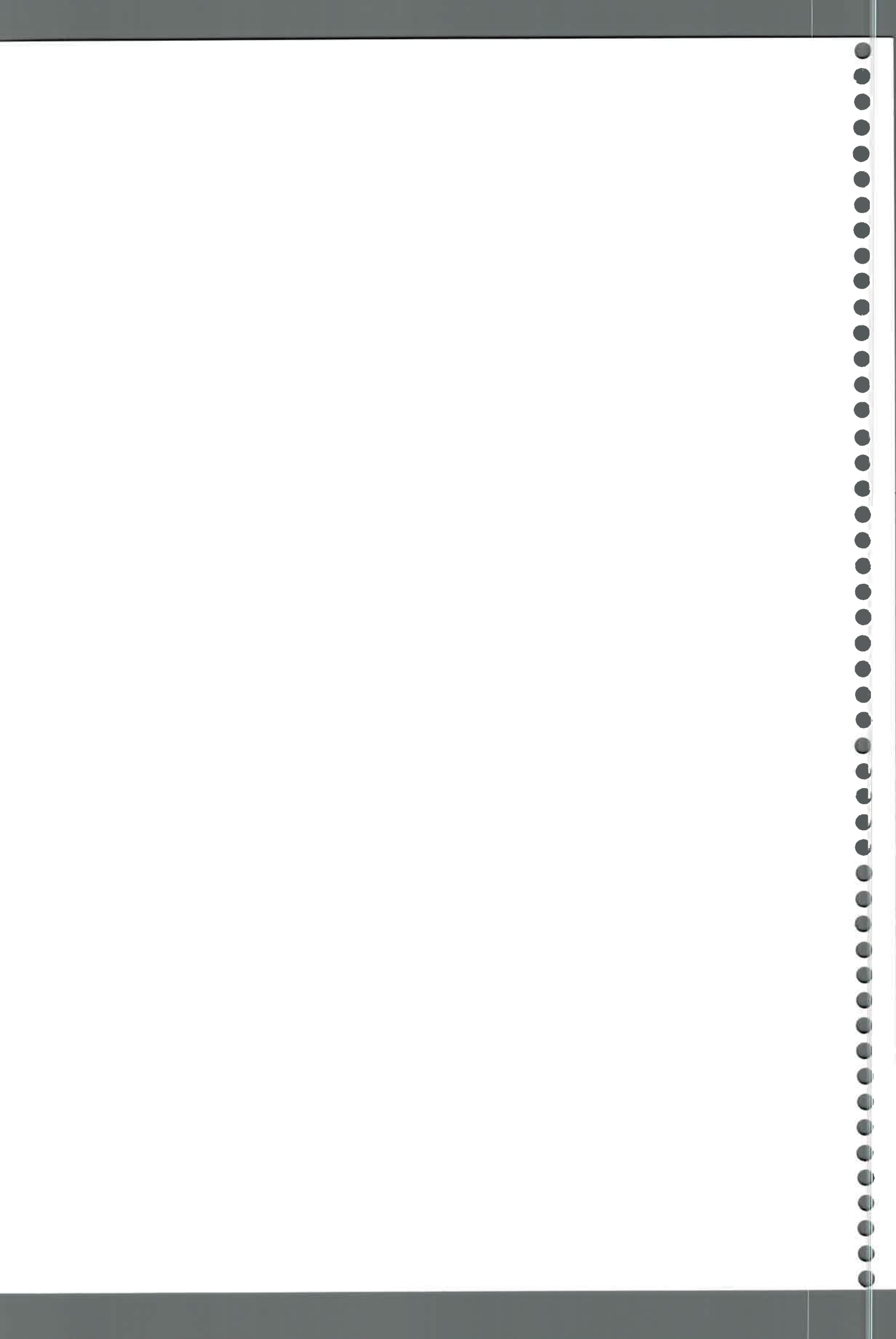
La siembra directa y la labranza reducida muestran una tendencia al aumento del contenido de carbono orgánico promedio a lo largo del tiempo en el horizonte superficial, aunque este es más manifiesto en las situaciones con fertilización y sin pastoreo. Estos resultados coinciden con los obtenidos en Hapludoles típicos (Díaz-Zorita, 1999), énticos (Krüger, 1996), en diferentes ambientes de la región pampeana semiárida y subhúmeda (Buschiazzo *et al.*, 1996) y en estudios realizados con anterioridad en la pendiente Pozo del Carril sobre la condición superficial del suelo (Bricchi *et al.*, 2002) y la variabilidad temporal de las propiedades del suelo bajo diferentes sistemas de labranza (Musso, 2003). Investigaciones realizadas en el ámbito internacional y nacional (Lal *et al.*, 1990; Mahboubi *et al.*, 1993; Quiroga, 1993; Doran y Linn, 1994; Angers *et al.*, 1995; Alvarez *et al.*, 1995, 2004; Chagas *et al.*, 1995; Wanders *et al.*, 1998; Galantini *et al.*, 2004, Casas *et al.*, 2005) indican que en la siembra directa y en menor medida en la labranza reducida se produce una estratificación del carbono en el horizonte superior mientras que esto no ocurre en la labranza convencional.



Musso *et al.* (2004; 2006) reportaron para el área de estudio que en la SD y en la LR se produce acumulación de carbono orgánico en el horizonte superficial, mientras que en la LC en el horizonte subsuperficial. Ello se debería a que en la SD los residuos están concentrados sobre la superficie, en la LR distribuida en el horizonte superficial, mientras que en la LC la acumulación se produce en la base del horizonte Ap. Este comportamiento también fue expresado por Galantini *et al.* (2004, 2005) en Haplustoles representativos de la región semiárida Pampeana bajo distintos sistemas de labranzas. En la labranza reducida sin fertilización se muestra una disminución en el último año que podría estar vinculada a una disminución de la materia seca e inclusive más acentuada en el tratamiento pastoreado (Esposito, 2002), y con ello una baja incorporación de residuo al suelo (Parton *et al.*, 1987).

En la Labranza convencional sin pastoreo se observa un aumento en los niveles de CO desde 2000 a 2001 y una disminución en el 2002. Sin embargo, en la LC con pastoreo el CO es mayor en el 2000 para luego disminuir en los dos años siguientes con valores muy similares entre sí. La disminución en los contenidos de carbono orgánico en las labranzas convencionales en condiciones pastoreadas se vincularía a la menor disponibilidad de residuo vegetal ya que estos tratamientos presentaron para el cultivo de girasol, en el segundo año (Fernández, comunicación personal) y para el maíz en el último año (Castillo, comunicación personal) los menores contenidos de materia seca. A esto debe agregarse la disminución del residuo vegetal por el pastoreo y con ello el bajo retorno del material orgánico al suelo. Parton *et al.* (1987) señalan que la disminución de los contenidos de carbono orgánico en un suelo sin cobertura puede atribuirse a la falta de residuos que retornan al mismo debido a la ausencia de vegetación.

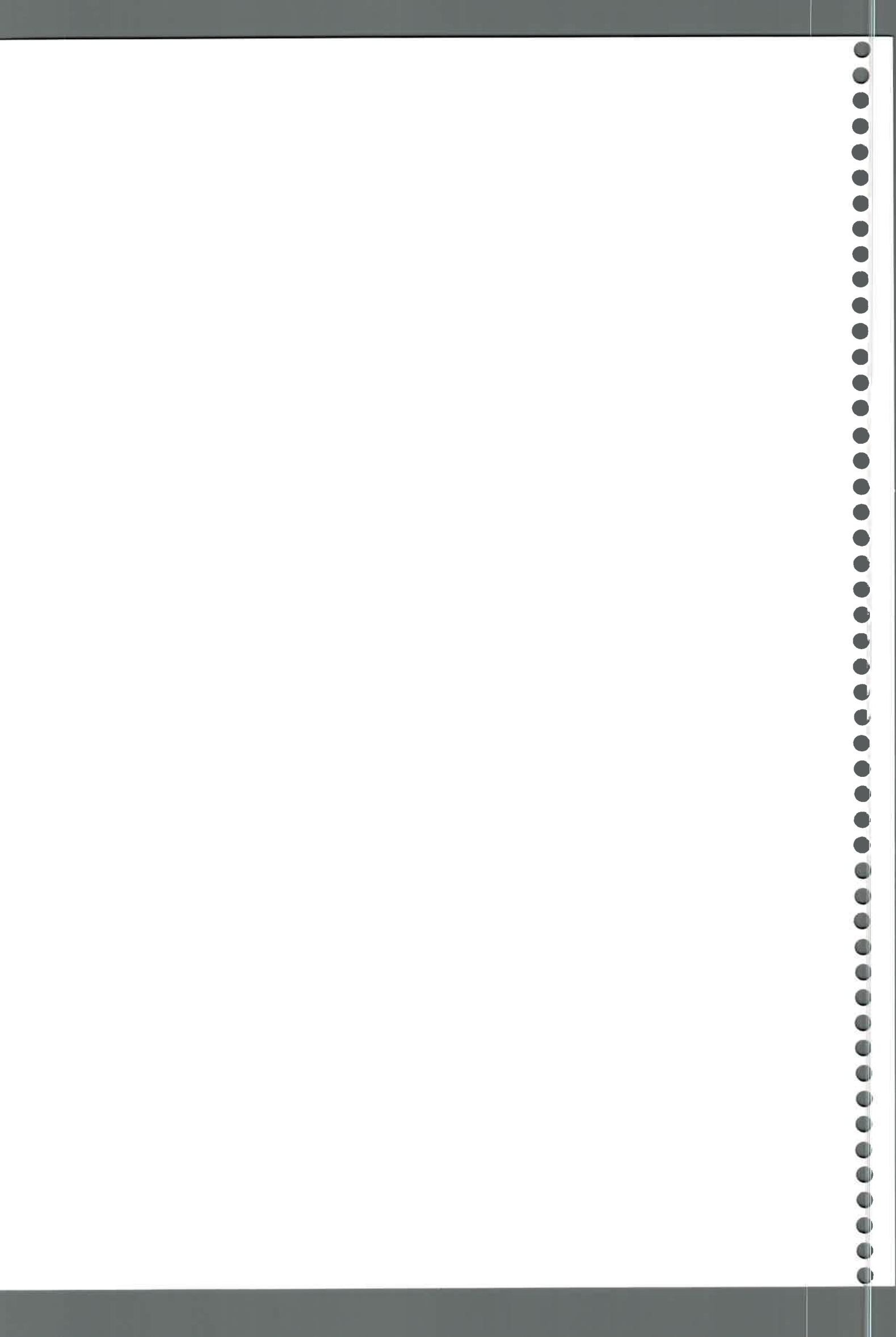
En la pendiente El Vertedero la loma baja presenta en todos los ciclos analizados el mayor contenido de carbono orgánico del horizonte superficial con una marcada tendencia a la acumulación a través de los mismos. La loma plana y alta muestran en los dos primeros años los niveles más bajos de CO,



aunque en la primera de ellas en los dos últimos años se manifiesta una acumulación de CO, mientras que en la loma alta aumenta en el 2001 para luego decrecer. Por otro lado, en la loma media el CO disminuye durante los tres primeros años para aumentar considerablemente en el último año.

Estas diferencias en el contenido de carbono orgánico en El Vertedero se deberían principalmente a la posición en la pendiente ya que en la loma plana es esperable una mayor acumulación en la SD coincidiendo con lo que ha sido reportado por numerosos autores, tanto a nivel internacional como nacional (Havlin *et al.*, 1990; Quiroga, 1993; Angers *et al.*, 1995; Costantini *et al.*, 1995; Krüger, 1996; Alvarez *et al.*, 1998; Wander *et al.*, 1999; Díaz-Zorita, 1999, Marelli y Arce, 2000; Díaz-Zorita *et al.*, 2004; Galantini *et al.*, 2004, 2005; Musso *et al.*, 2004, 2006; Brichi *et al.*, 2004). En la loma alta y media la variabilidad en el contenido de carbono orgánico estaría vinculada a la baja restitución del residuo vegetal del cultivo de soja sin fertilización. También se podría asociar a la movilidad superficial a la que se ve sometida la fracción más lábil, conocida como materia orgánica joven de rápido ciclado y baja densidad (Gregorich *et al.*, 1994), la que estaría favorecida por el escurrimiento a favor de la pendiente ya que las tareas de labranza son realizadas en esa dirección. En la loma baja los mayores contenidos de CO se deberían a una acumulación *in situ* y además por sedimentación debida a la posición de esta sección al pie de la loma. Esto se ha podido comprobar por apreciación visual a campo.

Considerando los mayores contenidos de carbono orgánico en el horizonte superficial de cada sistema de labranza en la pendiente Pozo del Carril, en relación con los valores de un suelo ubicado en el área de estudio en el cual no se han desarrollado actividades agrícolas desde hace 45 años (tomado como referencia por el grupo de investigación), la siembra directa presenta una disminución del 60%, la labranza reducida del 64% y la labranza convencional del 66% de CO. Investigaciones realizadas en la región señalan una disminución aproximada del 80% del contenido de carbono orgánico en el horizonte superficial (Cantú *et al.*, 1998; Cantú y Becker, 1999; Moreno, 2000;

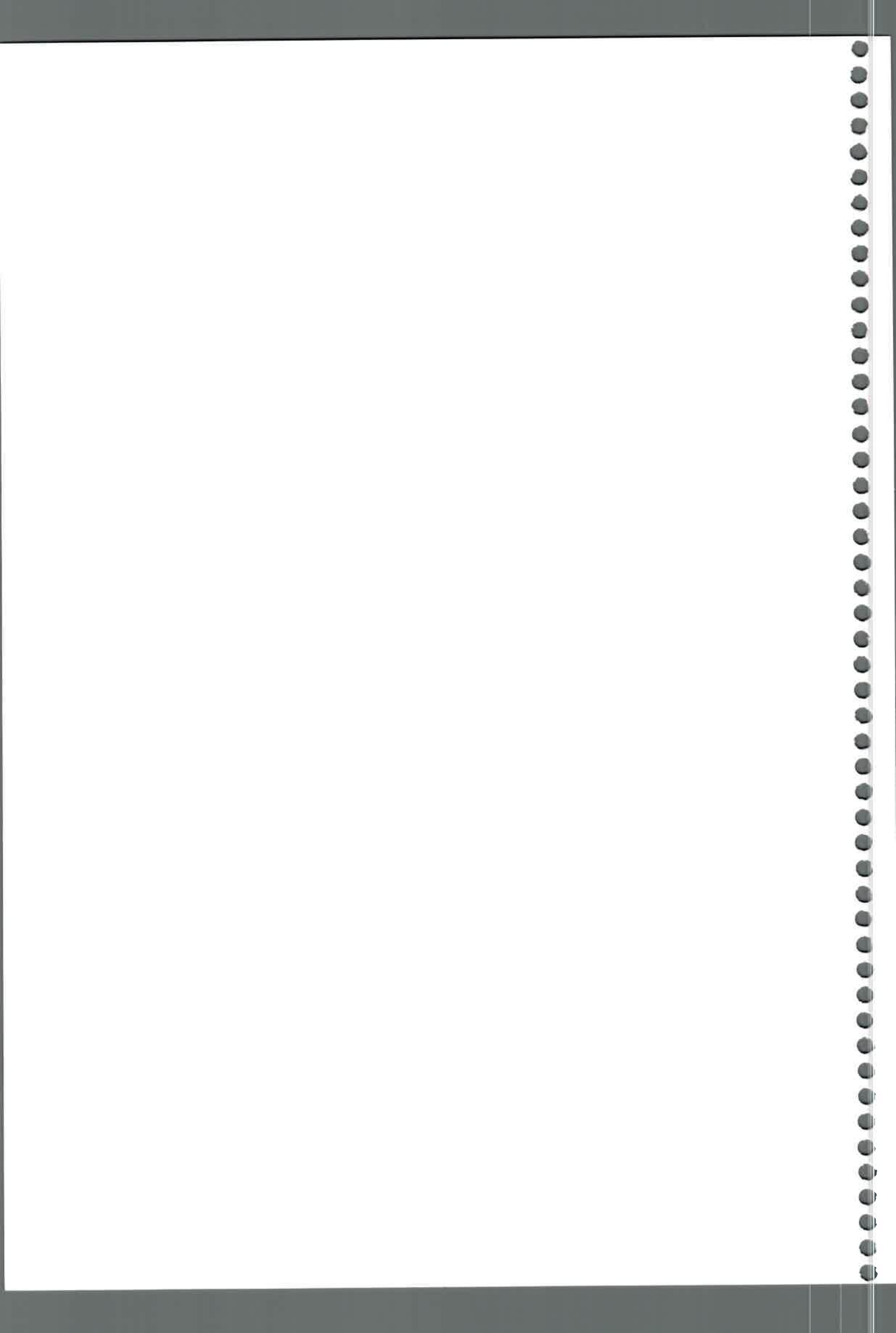


Cantú *et al.*, 2001a y b, 2002; Becker *et al.*, 2004; Bedano, 2004) mientras que considerando los 5 centímetros superiores del suelo la disminución en la SD y LR es del 73% y en la LC del 79% en cambio entre 5 y 10cm la SD muestra un 78%, la LR 75% y la LC permanece con igual valor al encontrado en los 5cm (Brichi *et al.*, 2000). Tomando la sección plana de El Vertedero, equivalente a la siembra directa del Pozo del Carril, y la situación natural la disminución del CO es del 64%. Esto indicaría que aun los sistemas llamados "conservacionistas" muestran una importante disminución del contenido de carbono orgánico en el horizonte superficial.

5.3.2. Densidad aparente

En la pendiente Pozo del Carril la siembra directa presenta un aumento en la densidad aparente promedio a través de los 3 años evaluados, a excepción de la SD/SF/SP que en el primer año presenta el valor más alto de la SD, disminuye considerablemente en el segundo año y aumenta al final del ciclo evaluado, superando el nivel inicial. Esposito (2002) indica valores de densidad aparente en los tratamientos de este sistema algo inferiores aunque es importante destacar que fueron tomados en diciembre de 1997 al estado ontogénico de sexta hoja del cultivo de maíz. Este aumento en la densidad aparente en el horizonte superficial estaría vinculado a la compactación por reducción de la macroporosidad ya que la falta de remoción impide la regeneración de la porosidad. Esto coincide con los resultados obtenidos por otros autores (Hill y Cruse 1985; Kladvko *et al.*, 1986; Grand y Lafont, 1993; Chagas *et al.*, 1994; Vidal y Costa, 1998; Taboada *et al.*, 1998; Uger y Jones, 1998; Díaz-Zorita, 1999; Ferraras *et al.*, 2000; Elissondo *et al.*, 2001; Uberto *et al.*, 2002; Brichi *et al.*, 2002, 2004; Alvarez *et al.*, 2004) que lo atribuyen a la falta de remoción de este horizonte.

En la SD/SF/SP la disminución de la DA en el segundo año se podría atribuir a un aumento del contenido de carbono orgánico (Edwards *et al.*, 1992; Blevins y Frye, 1993; Thomas *et al.*, 1996; Ferreras *et al.*, 1998; Díaz Zorita *et al.*, 1999, Díaz-Zorita y Grosso, 2000). Mientras que el incremento en el último



año estaría asociado a la compactación por la utilización continua de la maquinaria como consecuencia de su peso y la falta de remoción (Liebig *et al.*, 1993; Chagas *et al.*, 1994). Uberto *et al.* (2002) en el área manisera de Córdoba para Haplustoles énticos, bajo distintos sistemas de labranzas, reportaron un incremento en la densidad aparente en siembra directa respecto a la labranza convencional y reducida donde lo atribuyen a la reconsolidación superficial y al efecto de compactación por el tránsito de maquinarias. Becker *et al.* (2002a) señala un índice de compactación relativa del 89% para la siembra directa con fertilización y pastoreo en esta pendiente, con valores muy similares a los obtenidos por Vidal y Costa (1998) y Elissondo *et al.* (2001) en este sistema de labranza.

Por otro lado, la LR muestra en el segundo año una disminución de DA y luego un aumento en el tercer año, aunque la LR/SF/SP presenta valores muy similares en los dos primeros años. La tendencia al aumento de la densidad aparente en la labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo se podría vincular a una disminución del contenido de carbono orgánico ya que se observa una alta correlación y negativa ($r=-0,99$, $p<0,007$). Thomas *et al.* (1996) demostraron que en la medida que el contenido de carbono incrementa la DA disminuye. En la mayoría de los tratamientos de la labranza reducida la densidad aparente, a partir del valor inicial, disminuye en el siguiente período para luego aumentar nuevamente, como lo observado en horizontes superficiales de Argiudoles típicos por Elissondo *et al.* (2001).

En un estudio sobre las propiedades físicas de un Argiudol bajo tres sistemas de labranza se señala que la labranza reducida muestra valores intermedios de DA entre labranza convencional y directa (Chagas *et al.*, 1994). Esposito (2002) en un ensayo efectuado en LR de la pendiente Pozo del Carril con anterioridad a esta investigación (1997) indica niveles de DA ligeramente inferiores a los obtenidos en esta investigación. En dos años de ensayo en Haplustoles énticos bajo labranza reducida del núcleo manisero de Córdoba, Uberto *et al.* (2002) observaron una disminución significativa en la densidad



aparente de los primeros 20 centímetros. Estos autores indican que las disminuciones en la DA se deberían a la reorganización de la macroporosidad dependiendo principalmente de los pequeños cambios en los contenidos de materia orgánica y la consecuente recompactación. Becker *et al.* (2002a) en la pendiente Pozo del Carril reportan un índice de compactación relativa de 83% para la LR de esta pendiente.

La labranza convencional muestra en general una disminución de la DA en el segundo año y un incremento en el 2002, a excepción de la LC/CF/SP que en el 2001 aumenta la DA promedio y en el último año disminuye. Los valores obtenidos al comienzo de la presente investigación son superiores a los encontrados por Espósito (2002). Los valores altos de densidad aparente en condición de pastoreo en la labranza convencional y más marcada en el tratamiento sin fertilizar, podrían atribuirse a la disminución del coloide orgánico y a la compactación por pisoteo animal (Gifford *et al.*, 1977; Proffit *et al.*, 1993; Martín *et al.*, 1998, Espósito 2003). El aumento de la DA en LC/CF/SP no se condice con lo esperado ya que se produce un aumento del contenido de carbono orgánico. Sin embargo, se podría atribuir a un incremento de la compactación por cohesión entre las partículas como lo encontrado en esta labranza por Becker *et al.* (2002b). En un Argiudol del este de Córdoba bajo labranza convencional, Chagas *et al.* (1994) indican una DA inferior en comparación con labranza reducida y directa, mientras que Uberto *et al.* (2002) señalan que la DA en labranza convencional no mostró diferencias significativas en dos períodos de estudio en la región central de la provincia. Alvarez *et al.* (1998, 2004) no encontraron diferencias de DA en Argiudoles de la Pampa ondulada en ensayos bajo siembra directa y suelos labrados.

La pendiente El Vertedero presenta un incremento de la densidad aparente en el horizonte superficial, en todas las secciones hasta el año 2000, posteriormente una disminución en el 2001 y por último un nuevo incremento en el año 2002, a excepción de la sección de loma media donde el valor de DA disminuye. Estas diferencias en la DA se podrían atribuir a la compactación por



el tráfico de los implementos agrícolas (Liebig *et al.*, 1993; Chagas *et al.*, 1994, Uberto *et al.*, 2002) y al pastoreo (Holt *et al.*, 1996; Venanzi *et al.*, 2002 y 2004; Arranz *et al.*, 2004), especialmente en el último año donde se efectuó pastoreo a lo largo del desarrollo del cultivo. En Argiudoles del sur de Santa Fe bajo siembra directa durante 10 años se observaron valores más elevados de densidad aparente en los sectores afectados por el tránsito de maquinarias (Gerster *et al.*, 2002, Gerster y Bacigaluppo, 2004). Por otra parte, la disminución de la DA en el 2001 en la pendiente se consideraría vinculada al cultivo antecesor (maíz) ya que el efecto del comportamiento homorrizo del sistema radicular mejora la estructura y favorece la porosidad total (Marelli, 1997; Rollán *et al.*, 2004). Esta tendencia al aumento de la densidad aparente en la siembra directa coincide con resultados encontrados por otros autores en el ámbito nacional (Chagas *et al.*, 1994, Ferreras *et al.*, 1998, 2000; Vidal y Costa, 2000; Elissondo *et al.*, 2001; Colombani *et al.*, 2002; Uberto *et al.*, 2002) e internacional (Hill y Cruse 1985; Kladivko *et al.*, 1986; Hammel, 1989; Grand y Lafont, 1993; Schmith y Belford, 1994). Considerando un valor promedio de densidad aparente en la pendiente y relacionándolo con una densidad aparente máxima de un suelo similar (Becker *et al.*, 2002a) bajo el mismo sistema de labranza se obtiene un índice de compactación relativa de 85%, que indicaría una alta compactación del horizonte superficial en la pendiente.

5.3.3. Resistencia mecánica

En términos generales se observa que la resistencia mecánica (RM) en el surco y entre surco muestra un aumento significativo en el año 2002 en los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril, a excepción de la LC sin fertilización y sin pastoreo.

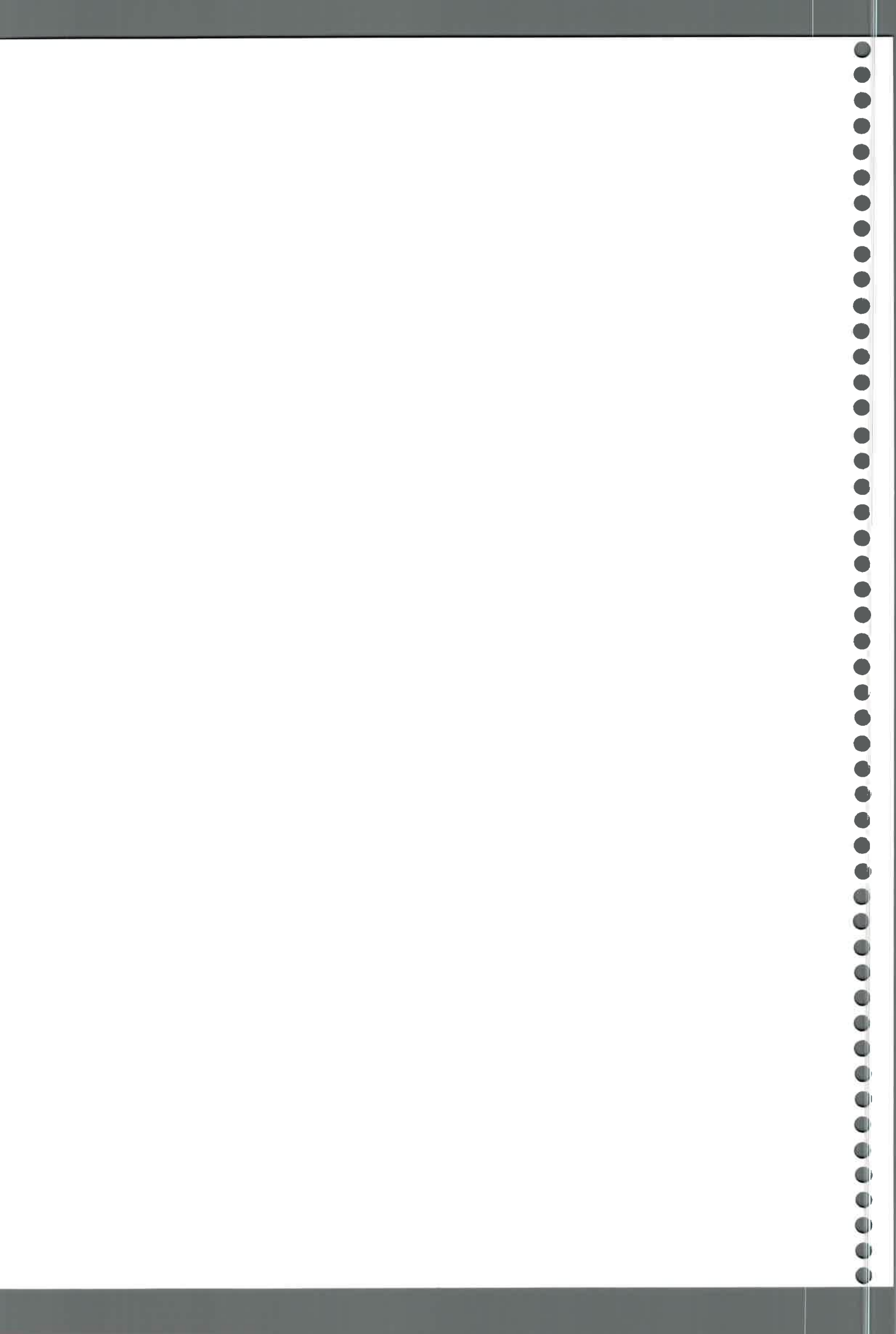
La resistencia mecánica entre surco aumenta significativamente respecto a la resistencia mecánica en el surco ($r=0,73$ $p<0,0001$). La mayoría de los tratamientos que presentan mayor cantidad de agregados grandes (SD y LR con fertilización y sin pastoreo con altos DMP) muestran en general un aumento en la resistencia mecánica en el surco ($p<0,01$); lo cual se podría



vincular a la compactación del suelo. La resistencia mecánica entre surco se relaciona significativamente con la densidad aparente ($p < 0,001$) indicando la influencia que ejerce la DA en el comportamiento de la RM como fuera observado en suelos de la región (Bonadeo 1997; Cisneros *et al.*, 1998). Azevedo *et al.* (1998) señala en suelos de Iowa que la falta de remoción del suelo en la siembra directa y la ausencia de inversión de la capa superficial en la labranza reducida reduce la posibilidad de formación mecánica de macroporos, y la consecuente generación de compactación. Hill y Cruse (1985) reportan que las labranzas conservacionistas continuas suelen causar densificación del suelo debido a un aumento de densidad aparente y de la resistencia mecánica. Con lo cual la evaluación de los dos últimos parámetros es un buen indicador de la compactación del suelo (Grant y Lafond, 1993).

La resistencia mecánica muestra con la humedad una diferencia significativa tanto en surco ($p < 0,004$) como en entre surco ($p < 0,007$) con lo cual en la mayoría de los casos los incrementos en la RM estarían influenciados por el contenido hídrico (Gupta y Allmaras, 1987; Taylor y Brar, 1991; Taboada *et al.*, 1998). En suelos loésicos se reportaron que pequeños cambios en el potencial mátrico implicaron grandes cambios en la RM y con mayor manifestación en situaciones de alta compactación que en baja compactación (Ehlers *et al.*, 1983; Bonadeo, 1997; Cholaky, 2003). En evaluaciones de la RM efectuadas en Haplustoles énticos a capacidad de campo las labranzas convencionales y reducidas no mostraron diferencias significativas en todo el perfil del suelo, mientras que, la siembra directa muestra valores significativamente superiores entre 0 y 17cm (Uberto *et al.*, 2002).

La SD en el 2002 presenta un incremento en la RM en surco y entre surco, siendo en este último más manifiesta. En la RM entre surco se observan incrementos entre 3 y 2,5 veces respecto al 2001. Esto se podría atribuir a un aumento significativo en la densidad aparente ($p = 0,04$) de acuerdo a lo observado en Hapludoles típicos de la región (Brichi, 1996; Bonadeo, 1997; Cisneros *et al.*, 1998), como así también, al incremento en este sistema de



agregados más grandes ($r=0,73$ $p=0,04$) asociado esto a la compactación por el peso de maquinaria y la falta de remoción (Chagas *et al.*, 1994). En un estudio sobre el efecto del tránsito del tractor en un Argiudol típico con 7 años bajo siembra directa se comprobó que con el aumento del número de pasadas fueron mayores los valores de densidad aparente y de la resistencia mecánica, en todo el perfil del suelo, con lo cual la SD sería incapaz de limitar la compactación inducida por altas intensidades de tránsito (Botta *et al.*, 2003).

El aumento de la RM en siembra directa es atribuido por varios autores a la falta de remoción mecánica por un período prolongado que facilita la ganancia de cohesión entre las partículas (Kemper y Rosenau, 1984; Kay, 1990; Soane, 1990). Sin embargo, es importante destacar que una disminución en el contenido de humedad (promedio 50%), respecto al año 2001 del horizonte superficial habría contribuido al incremento de la resistencia mecánica, ya que a medida que el suelo pierde humedad se aumenta la RM en surco ($r=-0,64$ $p=0,08$) y entre surco ($r=-0,89$ $p<0,003$) como resultado del incremento de las fuerzas de cohesión. Schjønning (1991) realizó una evaluación en un suelo franco arenoso, con textura similar a los suelos considerados en esta investigación, en relación a la humedad y determinó que el aumento en la RM se debió principalmente a la cohesión entre partículas. En los primeros 5 cm de Argiudoles típicos de la Pampa Ondulada bajo siembra directa se presenta una mayor resistencia mecánica respecto a sistemas laboreados aunque tienden a igualarse en profundidad (Taboada *et al.*, 1998; Alvarez *et al.*, 2004). La relación entre la resistencia mecánica y la humedad ha sido estudiada en Haplustoles típicos del área manisera del sureste de Córdoba (Cisneros *et al.*, 1998; Uberto *et al.*, 2001; Cholaky, 2003) y de Río Cuarto (Bonadeo, 1997) e indican el impacto del contenido hídrico sobre la manifestación de la RM en suelos con diferentes condiciones de compactación.

En general en el año 2002 la LR muestra incrementos en la RM en el surco y entre surco, siendo en este último más significativo. Sin embargo, en la LR/CF/CP que en el 2001 presentó el nivel más alto de RM en el surco, en el



agregados más grandes ($r=0,73$ $p=0,04$) asociado esto a la compactación por el peso de maquinaria y la falta de remoción (Chagas *et al.*, 1994). En un estudio sobre el efecto del tránsito del tractor en un Argiudol típico con 7 años bajo siembra directa se comprobó que con el aumento del número de pasadas fueron mayores los valores de densidad aparente y de la resistencia mecánica, en todo el perfil del suelo, con lo cual la SD sería incapaz de limitar la compactación inducida por altas intensidades de tránsito (Botta *et al.*, 2003).

El aumento de la RM en siembra directa es atribuido por varios autores a la falta de remoción mecánica por un período prolongado que facilita la ganancia de cohesión entre las partículas (Kemper y Rosenau, 1984; Kay, 1990; Soane, 1990). Sin embargo, es importante destacar que una disminución en el contenido de humedad (promedio 50%), respecto al año 2001 del horizonte superficial habría contribuido al incremento de la resistencia mecánica, ya que a medida que el suelo pierde humedad se aumenta la RM en surco ($r=-0,64$ $p=0,08$) y entre surco ($r=-0,89$ $p<0,003$) como resultado del incremento de las fuerzas de cohesión. Schjønning (1991) realizó una evaluación en un suelo franco arenoso, con textura similar a los suelos considerados en esta investigación, en relación a la humedad y determinó que el aumento en la RM se debió principalmente a la cohesión entre partículas. En los primeros 5 cm de Argiudoles típicos de la Pampa Ondulada bajo siembra directa se presenta una mayor resistencia mecánica respecto a sistemas laboreados aunque tienden a igualarse en profundidad (Taboada *et al.*, 1998; Alvarez *et al.*, 2004). La relación entre la resistencia mecánica y la humedad ha sido estudiada en Haplustoles típicos del área manisera del sureste de Córdoba (Cisneros *et al.*, 1998; Uberto *et al.*, 2001; Cholaky, 2003) y de Río Cuarto (Bonadeo, 1997) e indican el impacto del contenido hídrico sobre la manifestación de la RM en suelos con diferentes condiciones de compactación.

En general en el año 2002 la LR muestra incrementos en la RM en el surco y entre surco, siendo en este último más significativo. Sin embargo, en la LR/CF/CP que en el 2001 presentó el nivel más alto de RM en el surco, en el



estos suelos puede ocurrir rápidamente en la medida que el trabajo mecánico no es complementado con un manejo adecuado de residuos que favorezca el incremento de materia orgánica.

En la pendiente El Vertedero la resistencia mecánica (RM) en el surco presenta un pequeño incremento en el 2002 en la loma plana y loma media y una disminución en la loma alta. La resistencia mecánica (RM) entre surco en el horizonte superior muestra en el segundo año evaluado un aumento en los niveles en las diferentes secciones de la pendiente, a excepción de la loma media. Los pequeños incrementos en la RM en la loma plana se podrían vincular al aumento observado en la DA en el último año, lo que fuera señalado por numerosos autores en SD (Chagas *et al.*, 1994; Taboada *et al.*, 1998; Díaz-Zorita, 1999; Ferraras *et al.*, 2000; Elissondo *et al.*, 2001; Brichi *et al.*, 2004). En general en la parte más baja de la pendiente se presentan los niveles más altos de la resistencia mecánica en el horizonte superficial que se atribuirían a la compactación por la maquinaria (Chagas *et al.*, 1994) y al pisoteo animal (Proffit *et al.*, 1993; Holt *et al.*, 1996; Martín *et al.*, 1998; Filgueira *et al.*, 2004).

5.3.4. Estabilidad de agregados

En la pendiente Pozo del Carril se observa, en el año 2000, una mayor proporción de agregados estables al agua de diámetros mayores (1 a 4mm) en la SD/CF/CP y SD/SF/CP (73% y 65% respectivamente), y en una menor proporción en la LR/CF/SP (39%). Los agregados de tamaño intermedio (1 a 0,5mm) muestran un comportamiento más homogéneo en los diferentes tratamientos, excepto en la SD con pastoreo que presenta significativamente la proporción más baja de este tamaño de agregado. Los microagregados (<0,5mm) son dominantes en la LC con aproximadamente un 36% en promedio. En este período los diámetros medio ponderados más altos indicarían la participación significativa ($p < 0,0001$) de los agregados mayores a 1mm de diámetro estables al agua, mientras que a medida que los DMP disminuyen mostrarían un incremento de los agregados menores a 1mm.



En el año 2001 se observa una mayor proporción de agregados estables al agua de diámetros mayores (1 a 4mm) en la SD/CF/CP (66%) y SD/SF/SP (56%), y en una menor proporción en la LR/CF/SP (50%) y en la SD/CF/SP (48%). Los agregados de tamaño intermedio (1 a 0,5mm) muestran un comportamiento más homogéneo en los diferentes tratamientos excepto en la SD/CF/CP que presenta significativamente la proporción más baja de este tamaño de agregado y en la LC/SF/CP que muestra la mayor proporción ($p < 0,05$). Los agregados más finos a 0,5mm son dominantes en la labranza convencional y la LR/SF/CP con aproximadamente un 42% en promedio. Por otra parte, los diámetros medio ponderados más altos en el año 2001 reflejan una vinculación significativa ($p < 0,0001$) con los agregados mayores a 2mm, mientras que, los DMP más bajos estarían relacionados con incrementos de los agregados menores. Existe una relación inversa y marginalmente significativa entre los agregados de 2-1mm de diámetro y la velocidad de infiltración.

Por otra parte, en el año 2002, se observa una muy alta proporción de agregados estables al agua de diámetros mayores (1 a 4mm) en la SD/CF/CP (96%) y en una menor proporción en la SD/CF/SP (79%), SD/SF/SP (73%), SD/SF/CP (64%) y LR/CF/SP (65%). Los agregados de tamaño intermedio (1 a 0,5mm) son dominantes en la LR con pastoreo (aprox.16%) y en la LC (aprox. 12%). Los microagregados (<0,5mm) son dominantes en la labranza convencional con un promedio aproximado del 42%. Por otra parte, en este año el incremento en el contenido de carbono orgánico tiene una alta relación positiva y significativa ($p < 0,0001$) con los agregados mayores a 1mm de diámetro, mientras que, al disminuir el CO aumentan los agregados menores a este tamaño. Además, los agregados de 4-1mm de diámetro participan ($r = 0,95$; $p < 0,0001$) determinando los DMP más altos y disminuyendo los mismos en la medida que aumentan los agregados menores.

Considerando por sistema de labranza, en la SD/CF/SP en la medida que aumentan los tamaños más grandes de agregados (4-2mm de diámetro) se observa un incremento en la participación de estos agregados en el DMP y



una disminución significativa ($p < 0,05$) de la velocidad de infiltración. En la SD/SF/SP el carbono orgánico está relacionado significativamente ($p < 0,0001$) con el aumento de los agregados más grandes e inversamente a los agregados más pequeños (0,1-0,074mm). La SD/CF/CP muestra un incremento de los agregados más grandes aunque no existe una relación estadística. Se observa en la SD/SF/CP una relación aunque marginalmente significativa de los agregados más grandes con el incremento de los DMP, mientras que, en la medida que se incrementan los agregados de 2-1mm de diámetro se observa una disminución significativa de los tamaños menores.

En la labranza reducida el tratamiento con fertilización y sin pastoreo en la medida en que incrementan los agregados más grandes se observa una disminución significativa ($p < 0,01$) en la velocidad de infiltración al igual que en la SD/CF/SP. Es relevante en la LR/CF/SP que a incrementos de los DMP disminuye significativamente la velocidad de infiltración. La LR/SF/SP muestra un incremento en los agregados más grandes y en los menores ($p = 0,02$). En la LR/CF/CP los agregados mayores estarían relacionados significativamente ($p < 0,006$) al contenido de carbono orgánico, como así también, el aumento de la densidad aparente al tamaño de 2-1mm de diámetro. La LR/SF/CP presenta una relación significativa del contenido de carbono orgánico con los agregados de 1-0,5 mm y a su vez en la medida que estos se incrementan habría una mayor infiltración ($p < 0,01$). Mientras que, se observa que incrementos de los agregados más grandes producirían una menor infiltración.

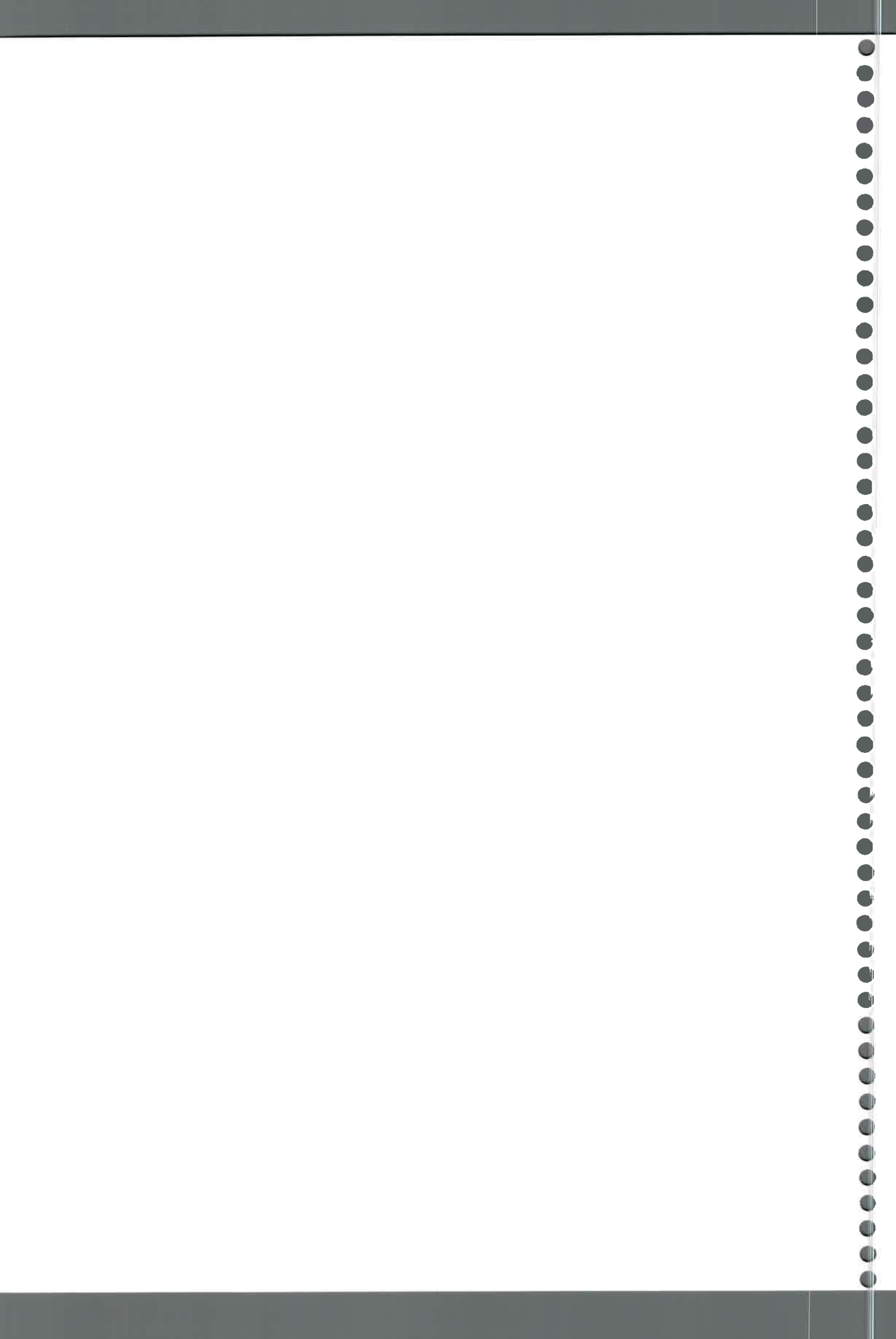
La labranza convencional con fertilización y sin pastoreo muestra una vinculación de los agregados mayores a 1mm de diámetro con el DMP. En este tratamiento es positiva y significativa la participación de los agregados de 1-0,5mm de diámetro con la velocidad de infiltración, mientras que los agregados más pequeños (0,1-0,074mm) presentan una relación inversa con la infiltración. En la LC/SF/SP se observa un incremento en los agregados más grandes como así también de los tamaños menores. La LC/CF/CP muestra una relación significativa e inversa de los tamaños mayores a 0,5mm con la velocidad de



infiltración; y en la medida en que se incrementan los agregados pequeños aumenta la infiltración ($p=0,03$). Por otra parte, en la LC/SF/CP los agregados de 1-0,5mm de diámetro se relacionan significativamente con la velocidad de infiltración.

En términos generales, a través de los ciclos analizados, se observa una tendencia al aumento en la SD de la distribución de tamaño de 4-2mm de diámetro con el consecuente aumento significativo del DMP, mientras que hay una disminución marcada en el resto de los tamaños. En la LR sin pastoreo se observa un comportamiento similar al señalado en la SD en relación con la distribución de agregados. Por otro lado, en la LR con pastoreo se observa una disminución de los agregados más grandes (2-4mm de diámetro) y una distribución más homogénea en los tamaños de 2 a 0,5mm diámetro y un incremento significativo en el tamaño de 0,5-1mm con un menor DMP respecto a los tratamientos analizados anteriormente. La LC muestra un aumento significativo de la distribución de tamaño de 0,5-0,1mm y una distribución más homogénea en los tamaños de 2-0,5mm de diámetro. Considerando un suelo del área de estudio tomado como referencia la distribución de agregados muestra un amplio dominio del tamaño de 4-2mm (87,9%), mientras que los de 2-1mm un 6% y los tamaños menores un 6,1%.

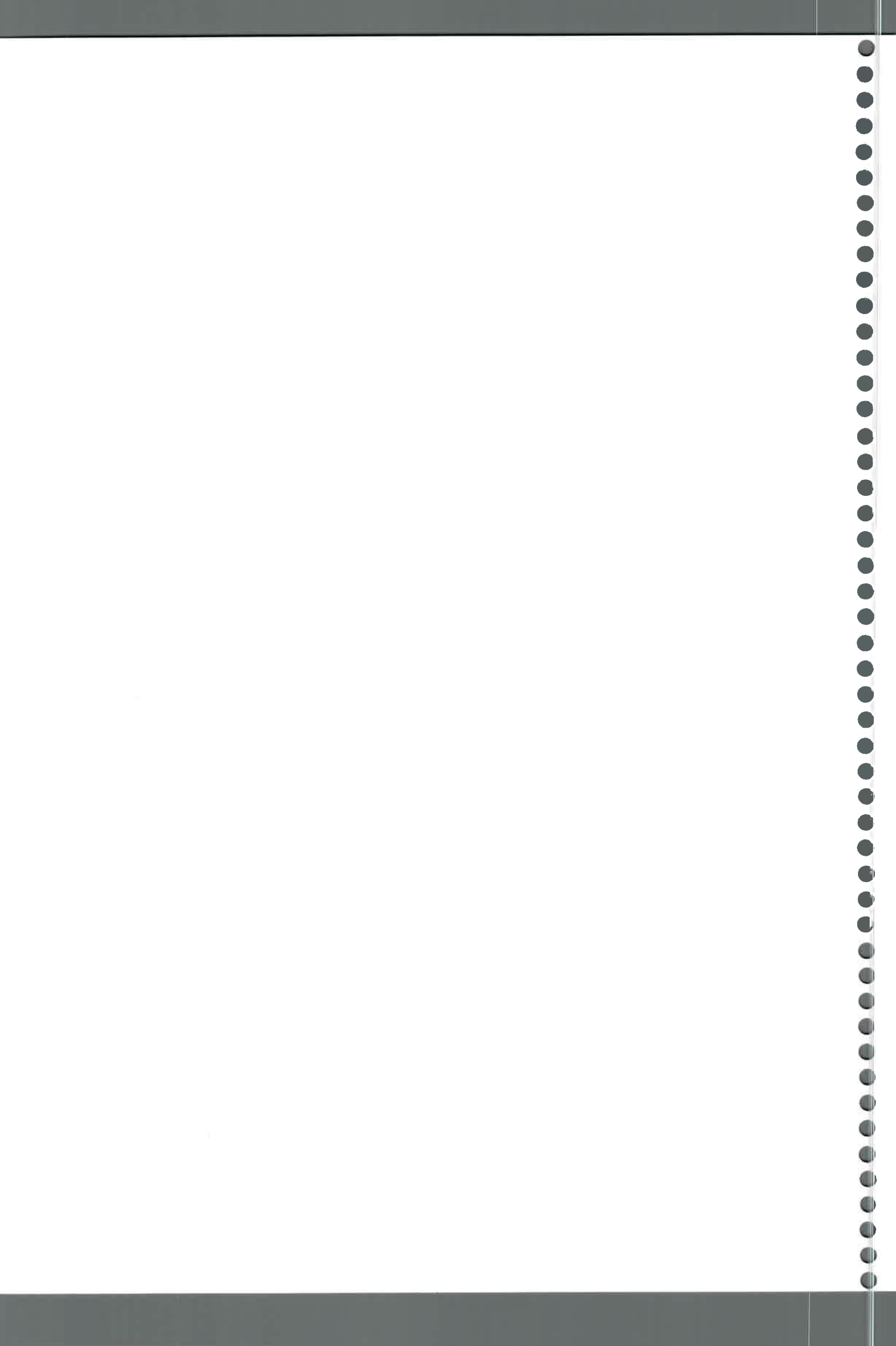
En la pendiente El Vertedero, a través de los ciclos analizados, en general se observa una mayor distribución de agregados más grandes (4-2mm) en la loma media y plana, a excepción del ciclo 2001-2002 donde se presentan en la loma baja y plana. Los agregados de 2-1mm de diámetro muestran una mayor proporción en la loma baja en el ciclo 1999, mientras que en el 2000 y 2001 se manifiesta en la loma baja y alta, y en el 2002 en la loma alta. El tamaño entre 1-0,5mm presenta el mayor nivel en la loma alta, y en la mayoría de los años el menor en la loma plana. La fracción de 0,5-0,1mm es mayor en la loma plana y alta en el período 1999 a 2001, mientras que en el 2002 es mayor en la loma baja. Los agregados más pequeños muestran la menor proporción respecto a los demás tamaños. La mayor proporción de estos



agregados se presenta en 1999 y 2002 en la loma plana y en 2000-2001 en la loma alta.

El contenido de carbono orgánico en la pendiente El Vertedero muestra una relación significativa ($p < 0,05$) con la distribución de agregados de mayor tamaño (4-2mm de diámetro) y una asociación inversa y negativa con los agregados menores ($p = 0,06$) lo cual indicaría la participación del CO en la agregación de mayor diámetro (Gregorich *et al.*, 1994). Además, en la medida que se incrementa el tamaño de agregados de 4-2mm de diámetro se observa un aumento significativo ($p < 0,001$) del DMP. Inversamente se produce una disminución significativa ($p < 0,01$) del mismo con el aumento de los agregados menores a 1mm de diámetro. Se observa una relación inversa y marginalmente significativa ($p = 0,07$) de los agregados de 4-2mm de diámetro con la velocidad de infiltración.

Las diferencias en la distribución del tamaño de agregados obtenidas en esta investigación estarían vinculadas al sistema de manejo (Oades, 1984) y a la dinámica de la descomposición de la materia orgánica y su participación en la formación y estabilidad de agregados (Oades y Waters 1991; Oades 1993). Tisdall y Oades (1982) en un modelo conceptual describieron la unión de partículas minerales primarias para construir microagregados y la de estas para formar los macroagregados, a través de un mecanismo por el cual la materia orgánica ejerce su influencia sobre la estructura del suelo. Estos autores expresaron que la materia orgánica del suelo esta constituida por distintas fracciones que se diferencian por su actividad. La fracción más persistente compuesta por complejos de materia orgánica humificada-metal polivalente-arcilla participa en la unión de microagregados y está generalmente caracterizada como la materia orgánica más vieja y humificada; mientras que fracciones temporarias (raíces e hifas de hongos) y transitorias (polisacáridos) de la materia orgánica poco evolucionada une microagregados para formar macroagregados es considerada más lábil. Numerosos autores (Elliot, 1986; Gupta y Germicida, 1988; N'dayegamiye y Angers, 1993; Gregorich *et al.*,



1994; Angers y Giroux, 1996) señalan que la fracción de la materia orgánica más activa o fácilmente descomponible es la responsable de los rápidos cambios en la estabilidad estructural por modificaciones en los sistemas de manejos.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, la distribución de los diferentes tamaños de agregados en el horizonte superficial en la SD y en menor proporción en la LR se atribuiría a la ausencia o mínima condición de laboreo. Donde el mecanismo de la agregación es el proceso de cohesión y adhesión resultante de la acción directa de raíces e hifas de hongos y polisacáridos (Gregorich *et al.*, 1994) que determinan mayores niveles de estructuración. Mientras que, en la labranza convencional donde dominan los agregados más finos se vincularía al refinamiento provocado por el sistema de manejo y labranza. Las prácticas de labranza generan ruptura de los agregados donde el efecto más importante es la exposición de la materia orgánica anteriormente inaccesible, que favorece el ataque por los microorganismos y la oxidación de la materia orgánica, con lo cual, la disminución de la materia orgánica esta asociada a una disminución del tamaño de agregados estables al agua (Tisdall y Oades, 1982; Cambardella y Elliot, 1993, 1994).

Los resultados obtenidos en las pendientes analizadas son coincidentes con lo reportado en un Argiudol típico franco limoso del este de la provincia de Córdoba bajo labranza convencional, reducida y directa (Chagas *et al.*, 1994; Cosentino *et al.*, 1996), en un Haplustol éntico del suroeste bonaerense bajo cuatro sistemas de labranzas (Krüger *et al.*, 1996) y en un Argiudol típico arcilloso del sudeste bonaerense sometido a labranza convencional y directa (Elissondo *et al.*, 2001). Díaz-Zorita (1999) en un Hapludol típico franco arenoso del noreste de Buenos Aires sometido a labranza continua (SD, LR y LC) durante 6 años encontró que la mayor proporción de agregados menores de 2 mm fue en la LC y LR respecto a la SD, mientras que en este último predominan los agregados mayores a 8 mm, aunque la inestabilidad fue mayor



sólo en la LC sin haber encontrado diferencias entre la LR y SD. Vidal y Costa (2000) en una evaluación de algunas propiedades físicas de un suelo del partido de Lobería (Bs. As.) luego de 3 años de siembra directa y labranza reducida con una historia previa de 15 años de agricultura continua, observan una mayor estabilidad estructural en SD respecto a la reducida. Buschiazzo *et al.* (1995) en una investigación sobre los factores que afectan la estabilidad estructural de los suelos de la región semiárida pampeana central indican que las pérdidas de materia orgánica producidas por el laboreo afectarán la resistencia a la erosión hídrica de los suelos de la región.

En un estudio realizado por Moreno (2000) en la región centro sur de Córdoba sobre Haplustoles típicos, franco limosos desarrollados en sedimentos loésicos, se compararon los horizontes superficiales de una situación no alterada, con una muy alterada, 50 años de uso en el área manisera, y una intermedia en la cual fue eliminado hace 30 años el bosque natural, con uso predominantemente ganadero sobre la base de cultivos invernales. En la situación no alterada los macroagregados constituyeron algo más del 50%, mientras que la fracción menor solo el 6%, a medida que se intensifica el uso agrícola, se observó un corrimiento en la distribución de agregados hacia fracciones menores. Considerando las situaciones analizadas en la presente investigación se encuentran semejanzas con lo obtenido por este autor ya que a medida que se intensifica el uso agrícola, los macroagregados son cada vez menos estables en agua, y como consecuencia de ello hay un importante aumento de microagregados.

Por otra parte, Moreno (2000) expresa que en todos los tamaños de agregados considerados en su investigación, ha habido mineralización de la materia orgánica, siendo la fracción que presenta mayor mineralización de carbono orgánico la de tamaño de agregados entre 250-53 μ (microagregados). Sin embargo, en las fracciones de 250-53 μ y <53 μ la disminución del carbono no es tan marcada respecto a la situación no alterada, exhibiendo una menor tasa de cambio las fracciones menores con lo cual se pone en evidencia la alta



estabilidad de los compuestos orgánicos ligados a esta fracción. Mientras que, los macroagregados (4.750-2.000 μ) muestran la mayor tasa de cambio negativa debido a la disgregación de este tamaño de agregados. Bongiovanni *et al.* (2000) en un Haplustol típico de la región central de Córdoba bajo labranza convencional, reportan cambios en las sustancias húmicas y agregados del suelo debido a las labranzas. En el suelo sin disturbar, tomado como referencia por estos autores, hay un compartimiento conteniendo sustancias húmicas que no están protegidas y por lo tanto son atacables, y otro compartimiento, donde estas sustancias húmicas interactúan con la fase mineral, donde están protegidas y no son atacables. Mientras que, en el suelo disturbado la mayor parte de las sustancias húmicas que quedan estarían en el último compartimiento.

Bricchi *et al.* (2004) en la pendiente Pozo del Carril en un ensayo, anterior al comienzo de la presente investigación, establecen que la distribución de agregados estables al agua en los distintos sistemas de labranza fue bimodal con los porcentajes más elevados en los agregados más gruesos y más finos, excepto en la SD que tuvo una distribución muy semejante a una situación de mínima alteración tomada como referencia en ese estudio. En líneas generales en esta tesis, se obtuvieron resultados similares a los expresados por estos autores. Sin embargo, habría que señalar que los valores encontrados en esta investigación son superiores en porcentajes a los reportados por estos autores en todos los diámetros, inclusive en el suelo tomado como referencia.

En el área de esta investigación, Verri (2004) en un estudio sobre el contenido del carbono orgánico en el total de la materia orgánica y en sus fracciones en los distintos sistemas de labranzas, observa que la mayor disminución se presenta en la fracción más lábil al pasar a una condición de mínima alteración, mientras que la menor pérdida la mostró el carbono orgánico más pesado. Moreno (2000) indica que la fracción liviana en la situación no alterada representa aproximadamente el 40% del C total, mientras



que en las situaciones laboreadas el porcentaje no va más allá del 6%, siendo dable esperar que los cambios más bruscos en la fracción liviana se dan inmediatamente después de alterar la situación natural.

Si bien en esta investigación no se efectuó un estudio de los componentes de la materia orgánica, es de esperar que, de acuerdo a todo lo expresado anteriormente, en estos sistemas de labranza los cambios de carbono orgánico ocurrirían principalmente en la fracción ligera dependiendo del manejo y de las propiedades de los suelos.

5.3.5. Velocidad de infiltración

En la pendiente Pozo del Carril se observa una tendencia a la disminución de la velocidad de infiltración básica (K_b) a través del período evaluado (2000-2002) en la siembra directa y en la labranza reducida. Mientras que, en la labranza convencional la mayoría de los tratamientos presentan un incremento de la velocidad de infiltración en el horizonte superficial.

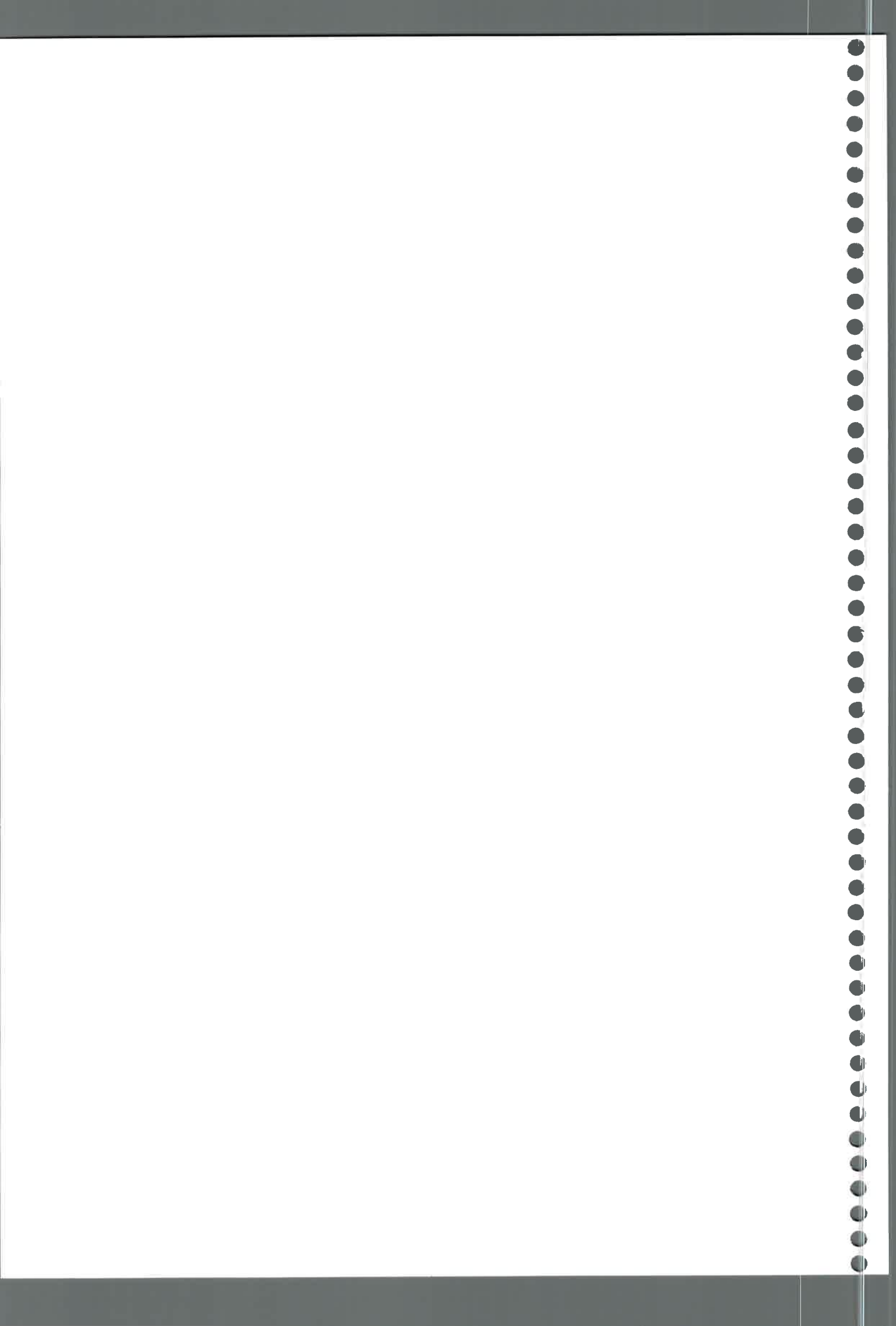
La SD y la LR muestran una tendencia a la disminución de la velocidad de infiltración en el tiempo en todos los tratamientos a excepción de la SD/SF/CP y la LR/SF/SP que en el último año presentan un ligero incremento. En los tratamientos de la SD con fertilización la disminución de la velocidad de infiltración es paulatina, sin embargo en la SD/SF/SP es muy marcada en los dos últimos años y con niveles similares. En la LR/CF/SP y LR/SF/CP la disminución de la velocidad en el último año es muy abrupta, del 50 y 63% respectivamente.

La disminución de la velocidad de infiltración estaría vinculada principalmente al incremento en la densidad aparente ya que la misma es muy dependiente del volumen de poros para conducir agua hacia al interior del perfil (Azevedo *et al.*, 1998, Filgueira *et al.*, 2004). Por otra parte, analizando todos los sistemas en conjunto para los años 2001 y 2002 la disminución de la velocidad de infiltración en general se asociaría a un incremento en el tamaño



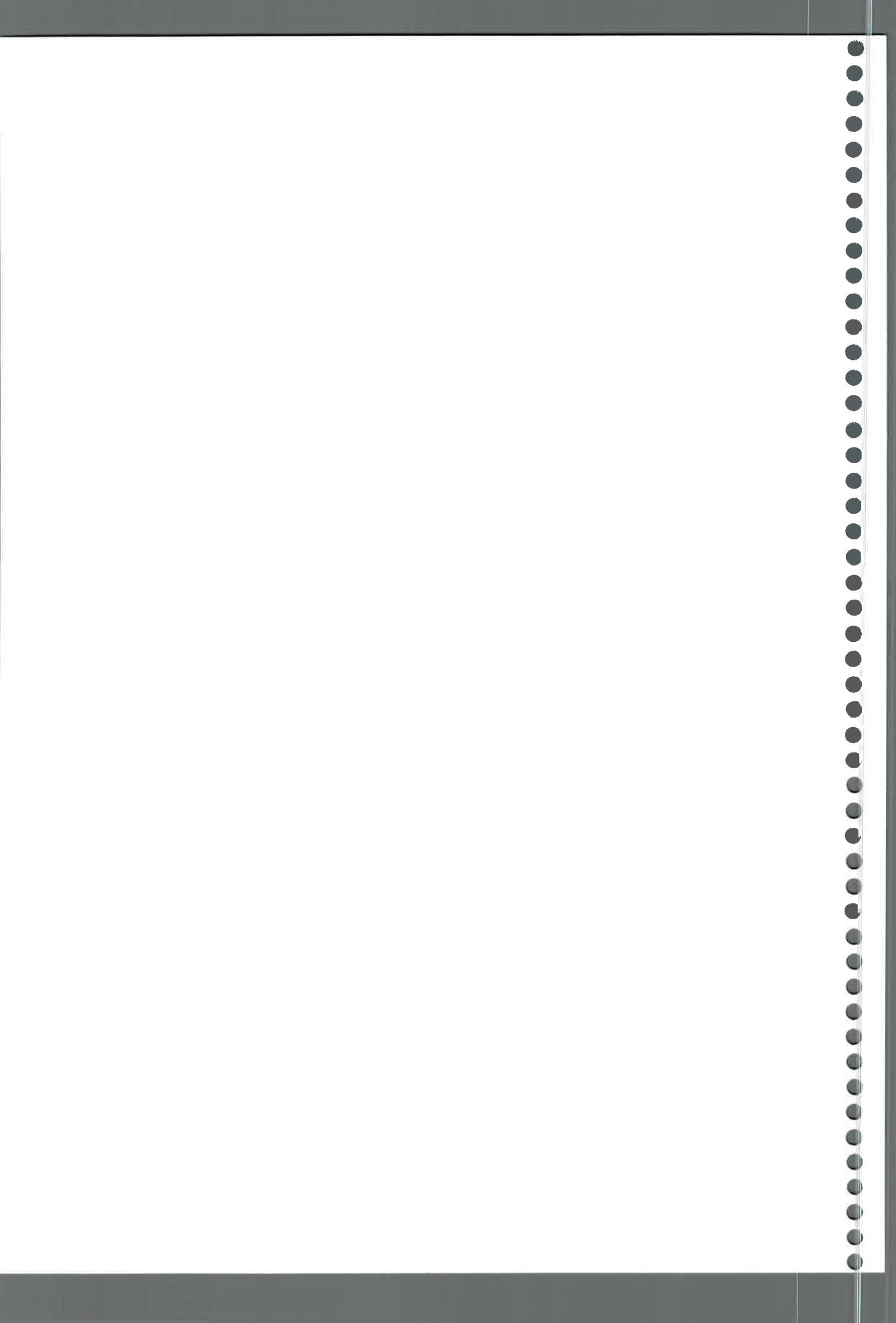
de agregados de 2 a 1 mm de diámetro ($r=-0,54$, $p=0,07$; $r=-0,64$, $p=0,02$) y en el 2002 a la resistencia mecánica entre surco por compactación ($r=-0,53$; $p=0,07$). Estas asociaciones se podrían relacionar principalmente a la mayor cantidad de agregados más grandes por la nula a escasa remoción mecánica en la siembra directa y la labranza reducida respectivamente (Utomo y Dexter, 1981; Kemper y Rosenau, 1984; Kay, 1990; Soane, 1990; Ferraras, 1996). Además, como se indicara anteriormente, estos suelos presentan un amplio dominio de la fracción arena muy fina que sumada al limo muestran niveles del 82 al 87% en los horizontes superficiales lo que indicaría una alta susceptibilidad a la compactación superficial. Diversos autores señalan compactación superficial en suelos limosos bajo siembra directa continua (Hill y Cruse, 1985; Carter, 1990; Logan *et al.*, 1991; Pierce *et al.*, 1994). Aunque otras investigaciones, indican mejoramiento de las condiciones físicas bajo siembra directa continua (Angers *et al.*, 1992; Constantini *et al.*, 1997; Chan y Mead, 1998; Derpsh, 2000; Murdock, 2000; Guedelj *et al.*, 2000). Sin embargo, es importante destacar que en el proceso de compactación los macroporos son los poros más afectados (Carter, 1990) siendo estos los que controlan el flujo saturado del agua en el suelo (Lipiec y Hatano, 2003).

En la SD/CF/SP la densidad aparente presenta una alta correlación y positiva con los agregados de 4-2 mm de diámetro, como así también, una asociación muy alta y negativa de estos agregados con la velocidad de infiltración ($r=-0,99$; $p<0,05$). Esta última relación también se observa en la LR/CF/SP. Ello indicaría que, en general, cuando aumenta la densidad aparente y en consecuencia aumentan los agregados más grandes se produciría una disminución de la velocidad de infiltración. Esta apreciación fue indicada por Wander y Bollero (1999) en una evaluación del impacto de las labranzas en la calidad del suelo en Illinois donde señalan que bajo siembra directa las menores infiltraciones coinciden con mayores densidades aparentes y menor porosidad total. Por otra parte, marcadas disminuciones de la conductividad hidráulica se relacionan con incrementos en la compactación (Horton *et al.*, 1994; Guerif *et al.*, 2001).



En la labranza convencional, la velocidad de infiltración aumenta muy significativamente en la mayoría de los tratamientos aunque es más relevante en la LC/CF/SP en el último año de evaluación. La LC/SF/CP es el tratamiento que muestra los niveles más bajos de velocidad de infiltración del sistema y a través del período de evaluación presenta una disminución de la misma. Los incrementos de la velocidad de infiltración se podrían atribuir a un aumento significativo ($p < 0,001$) de los agregados pequeños (0,5-0,1 mm de diámetro) cuando se consideran todos los tratamientos en conjunto y los dos últimos años de medición. Esto generaría una mayor porosidad y facilitaría la circulación del agua en el perfil. Sin embargo, teniendo en cuenta el sistema de labranza se observa que cuando aumentan los agregados más pequeños (0,1-0,074 mm de diámetro) disminuyen la densidad aparente ($p < 0,06$) y la velocidad de infiltración ($p = 0,03$). Esto se podría vincular a la susceptibilidad del horizonte superficial del suelo a la desagregación en microagregados y partículas muy finas por el impacto y humedecimiento de las gotas de lluvia durante una tormenta con la consiguiente formación de un sello superficial (Farres, 1978). En el sello las partículas de diferentes tamaños se orientan y se depositan en forma estratificada y como una consecuencia de ello, la densidad aparente es mayor y la porosidad menor que el suelo subyacente (Carter, 1990). Debido a ello, la conductividad hidráulica de esa delgada capa o sello es baja, limitando la velocidad de infiltración (Nacci y Pla Sentis, 1991; Risse *et al.*, 1995; Assouline y Mualem, 1997).

En la región centro-sur de Córdoba se han reportado numerosos trabajos donde se expresa el deterioro de las condiciones físicas, con la consecuente formación de sello y el condicionamiento del ingreso y distribución de agua y del escurrimiento (Bricchi, 1996; Bonadeo, 1997; Cantú, 1998; Cisneros *et al.*, 1996; 1998; Cholaky, 2003). En un trabajo realizado en la pendiente Pozo del Carril (Bricchi *et al.*, 2000) sobre las propiedades hidráulicas del sello bajo tres sistemas de labranza se informa que la conductividad hidráulica saturada del sello (k_s) esta relacionada con la cantidad de rastrojo en superficie y el tipo de labranza, siendo en la situación con



rastrajo muy semejantes las Ks del sello en la SD y LR y mayores en comparación con la LC, mientras que sin rastrajo la Ks en la LR y LC son similares e inferior a la SD. Por ello, de acuerdo a lo expresado por los autores mencionados anteriormente, se coincide en vincular la relación entre los agregados pequeños y la alta susceptibilidad a la formación de sello en estos suelos bajo labranza convencional.

En la LC/CF/SP la tendencia a una mayor velocidad de infiltración se podría vincular a la presencia ($p < 0,05$) de agregados intermedios (1-0,5 mm de diámetro) y a la disminución de los agregados más pequeños (0,1-0,074 mm de diámetro) ($p = 0,04$) que favorecerían una disminución de la densidad aparente, como ya fuera indicado anteriormente, principalmente en el último año y con ello un incremento de la porosidad. La LC/CF/CP muestra en el tiempo un aumento paulatino de la velocidad de infiltración que estaría relacionada con una disminución regular y significativa de los agregados más grandes (4-1mm de diámetro) y los medianos (1-0,5 mm de diámetro), y a un aumento de los agregados menores (0,5-0,1 mm de diámetro). Los incrementos en la velocidad de infiltración evidencian un aumento en el volumen de macroporos del suelo (Reynolds *et al.*, 1995; Miller *et al.*, 1998) que tienen un profundo efecto en el flujo de infiltración y redistribución del agua en el suelo. En un suelo bajo labranza convencional y en rotación agrícola se señalan mayores infiltraciones ($19,54 \text{mmh}^{-1}$) que una situación prístina ($7,32 \text{mmh}^{-1}$) y en siembra directa ($3,31 \text{mmh}^{-1}$) (Micucci *et al.*, 2000).

En la LC/SF/CP la disminución de la velocidad de infiltración se asociaría al incremento de la densidad aparente por el decrecimiento significativo de agregados de tamaño mediano (1-0,5mm de diámetro) y menores (0,5-0,1mm de diámetro). Esto podría vincularse a un contenido de carbono orgánico muy similar en los dos últimos años evaluados e inferiores respecto al primer año. Por otra parte, se observa un incremento de los tamaños de agregados más pequeños (0,1-0,074mm de diámetro) que favorecería la formación de sello. Esto coincide con lo señalado por Brichi *et al.* (2000) donde indica que este



sistema presenta una marcada disminución de la estabilidad en el horizonte superficial con un índice de sello muy alto que aumentaría la susceptibilidad a la formación de sello. Esto último provocaría una disminución de la velocidad de infiltración de la capa superior (Risse *et al.*, 1995).

En general los resultados obtenidos respecto a la infiltración en los distintos sistemas de labranza de la presente investigación son coincidentes con los reportados por Alvarez *et al.* (2004). Estos autores efectuaron un estudio a escala regional donde evaluaron el impacto del sistema de manejo sobre las propiedades físicas, entre ellas la infiltración, sobre Argiudoles típicos, del centro-este de la Pampa Ondulada, con distinta textura superficial y bajo siembra directa (con más de 5 años), labrados (en general con disco) y una situación prístina. Ellos indican que la siembra directa presentó una tendencia a menor infiltración que los sistemas labrados cuando la textura del suelo es franco limoso y franco arcillo limoso. Además, reportaron que en general, los suelos bajo siembra directa presentaron una infiltración menor coincidiendo con la observación de una estructura superficial laminar que se caracteriza por generar una porosidad horizontal que influye negativamente sobre el ingreso de agua al perfil. También, Uberto *et al.* (2002) en Haplustoles énticos bajo distintos sistemas de labranza del sureste de Córdoba, aprecian una tendencia a la disminución de la velocidad de infiltración en siembra directa con cultivo antecesor de maní.

Sin embargo, otros autores han obtenido bajo siembra directa conductividades hidráulicas saturadas significativamente mayores con respecto a la labranza convencional (Mielke *et al.*, 1984; Hamblin, 1985; Derpsh, 2000; Murdock, 2000) siendo de mayor magnitud en los primeros centímetros donde se acumula mayor cantidad de componentes orgánicos. Quirk y Murria (1991) señalan una correlación positiva entre conductividad hidráulica y materia orgánica e indican que esta última genera diferentes velocidades de humedecimiento de los agregados, conductividad y estabilidad superficial.



En la pendiente El Vertedero se observa una tendencia a la disminución de la velocidad de infiltración en todas las secciones a través de los años evaluados que se podría vincular a incrementos en la DA con la consecuente disminución de poros conductores del agua hacia el interior del suelo (Wander y Bollero, 1999; Figueira *et al.*, 2004). Esto se interpretaría a partir de una alta asociación y negativa ($p=0,04$) de la densidad aparente con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro considerando el año 2000 al 2002. Sin embargo, cuando se toman los dos últimos años de evaluación la densidad aparente se relaciona significativamente con los agregados más grandes (4-2 mm de diámetro) y marginalmente con los agregados de 1-0,5 mm de diámetro. Por otro lado, en la medida que aumenta la distribución de agregados más grandes (4-2 mm de diámetro) se muestra una disminución significativa de la velocidad de infiltración. En términos generales, en la pendiente la velocidad de infiltración estaría vinculada a los agregados más grandes que generarían una mayor compactación y por consiguiente un aumento de la densidad (Grant y Lafond, 1993; Uberto *et al.*, 2002; Alvarez *et al.*, 2004). Reynolds *et al.* (1995) informan una menor infiltración en siembra directa respecto a la labranza convencional evidenciado por una reducción en el volumen de macroporos en el suelo bajo SD (Miller *et al.*, 1998; Parra, 2004, 2006). Micucci *et al.* (2000) en un Argiudol vértico de textura franco arcillo limosa de la provincia de Buenos Aires reporta valores más bajos de infiltración en siembra directa, considerando el bajo potencial que presenta el suelo para regenerar macroporos, aun luego de 11 años sin laboreo.

5.4. MEDICION DE LA PERDIDA DE SUELO Y EL ESCURRIMIENTO

5.4.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

5.4.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

En el ciclo 2000-2001 la menor pérdida total de suelo por erosión hídrica laminar la presentan la SD/CF/SP y las LR con fertilización, y la mayor la LC/SF/SP, mientras que con un nivel intermedio de pérdida la LC/SF/CP. Los demás tratamientos se encuentran por debajo de la media.



La SD/CF/SP presenta la menor pérdida de suelo en todos los eventos, la LR con fertilización del segundo al cuarto y la LC/CF/CP en el segundo y tercero. El primer evento se caracteriza por ser de larga duración y compuesto por varias tormentas con precipitación intermitente entre ellas. Las menores pérdidas de suelo en la SD/CF/SP estarían vinculadas, entre otras, a la interceptación de la cobertura vegetal. La eficacia de la cobertura se relacionaría a una mayor altura de las plantas y la continuidad de la vegetación, como así también, a la mayor densidad de cobertura del suelo por el cultivo de girasol en este tratamiento. La cobertura vegetal habría disipado la energía del impacto de la gota de lluvia y la reducción de la velocidad del flujo (De Ploy, 1981). Por otra parte, la SD/CF/SP presenta una distribución homogénea de los agregados mayores a 0,5 mm de diámetro en agua que propendería una mayor resistencia al desprendimiento por el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo (Young y Onstad, 1978; Meyer y Harmon, 1984; Farres, 1987; Truman *et al.*, 1990; Chagas *et al.*, 1994). En este tratamiento la mayor cobertura del rastrojo, observada por apreciación visual, posiblemente favoreció la mayor infiltración y la menor pérdida de suelo como fuera reportado por Bradford y Huang (1994) y De la Vega *et al.* (2004) en Argiudoles bajo siembra directa.

La SD/CF/SP, la LR con fertilización y la LC/CF/CP en el segundo y tercer evento presentan bajas pérdidas de suelo. En el primero de los eventos la precipitación esta compuesta por una sola tormenta (39,4 mm) que alcanza su intensidad máxima a la media hora de comenzada la precipitación y permanece con esa intensidad durante 45 minutos. La interacción del grado de cobertura (60%) y la estabilidad de los agregados que presentan estos tratamientos, aparentemente, fue suficiente para disminuir las pérdidas con relación a un evento importante. La vegetación y el mantillo disipan la energía cinética del impacto de las gotas de lluvia (Meyer y Mannering, 1967) retardando la velocidad del escurrimiento y aumentando la infiltración (Blackburn *et al.*, 1986; Ruan *et al.*, 2001) con lo cual la erosión disminuye inversamente a la cobertura. Bryan (1968) propone a la estabilidad de agregados como un índice relacionado a la erosión hídrica, indicando que



cuanto mayor es la proporción de agregados estables en agua de tamaño superior a 0,5 mm mayor será la resistencia del suelo a la erosión. Los tratamientos analizados muestran en general una distribución homogénea de los agregados mayores a 0,5 mm de diámetro.

En el tercer evento todos los sistemas muestran baja pérdida de suelo por erosión hídrica, aunque la SD/CF/SP, la LR con fertilización y la LC/CF/CP presentan las menores pérdidas y la SD/SF/SP, LR/SF/SP, y LC/SF/CP las mayores. El evento fue de larga duración, baja precipitación (20mm) y constituido por dos tormentas de muy baja intensidad produciéndose la primera a las 12 horas de comenzado el evento. En este período los tratamientos presentaron una baja cobertura de residuo de la cosecha de girasol, e inclusive más acentuada en los tratamientos sin fertilización. Por ello, en términos generales, se podría vincular la pérdida de suelo a la baja agresividad de la precipitación (Fournier, 1972). En los tratamientos que presentan mayor pérdida de suelo la cobertura fue baja y permitió que el impacto de la gota de lluvia generara mayor disponibilidad de material. Las observaciones minuciosas de campo permitieron establecer que en tormentas con volúmenes inferiores a 15mm no se registró escorrentía ni sedimento. Sirvent *et al.* (1992, 1993) utilizando métodos dinámicos de medición de la escorrentía y erosión indican que a partir de 15mm de precipitación y 50mmh^{-1} de intensidad máxima comienzan a manifestarse valores de pérdida de suelo.

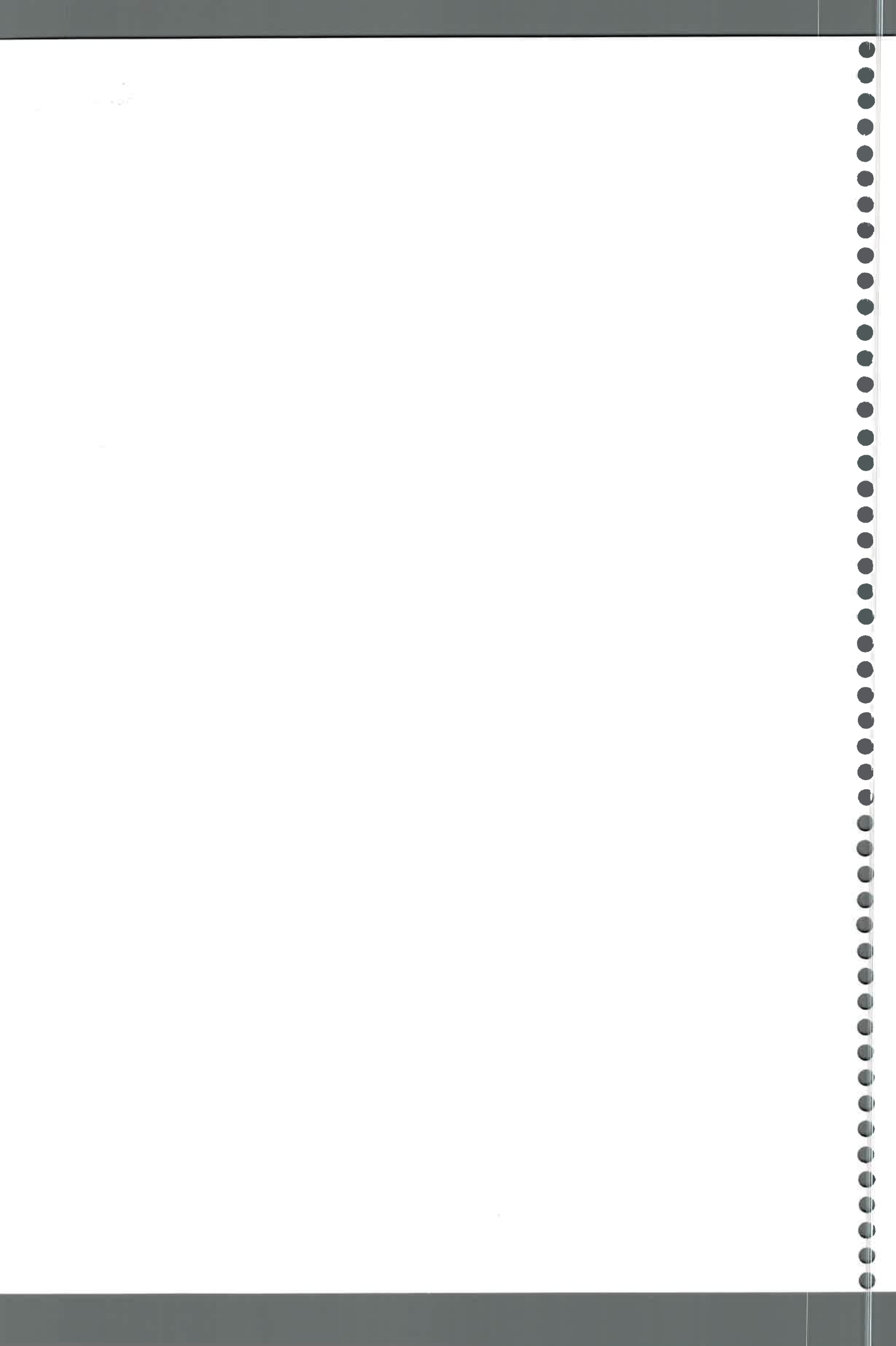
En el cuarto evento la mayoría de los tratamientos presentan muy bajas pérdidas de suelo por erosión, excepto en la LC/SF/SP. Las pérdidas estarían asociadas principalmente a la larga duración del evento (41,30 horas) distribuida en varias tormentas cuya intensidad máxima se produjo a las 4,5 horas del comienzo de la precipitación. Este evento se produce 10 días después de una tormenta de bajo volumen e intensidad en un ciclo cálido, por lo tanto, los diferentes tratamientos presentaron una baja humedad antecedente, con lo cual frente a una precipitación de baja torrencialidad la mayor parte del agua se infiltró en el suelo sin generar escurrimiento (Sullivan



et al., 1996). Fournier (1972) en investigaciones donde relacionó la intensidad de la lluvia y la pérdida de suelo en Zanesville, Ohio (Estados Unidos) reportó que una tormenta caída en un suelo seco, independiente de la cantidad de precipitación, el agua queda empapando el suelo, mientras que, una segunda tormenta formó escorrentía y se triplicaron las pérdidas.

La mayor pérdida se observa en la LC/CF/SP y LC/SF/CP en el primer evento y en la LC/SF/SP en el segundo y cuarto. Además, se destacan con pérdidas de suelo inferiores a las máximas encontradas la LC/SF/SP y SD/SF/CP en el primer evento y la SD/SF/SP y la LC/SF/CP en el segundo. Las mayores pérdidas de suelo estarían vinculadas a la menor cobertura vegetal que presentan los tratamientos sin fertilizar en todos los eventos de este ciclo. En el tercer y cuarto evento, posterior a la cosecha del girasol, la disminución de la cubierta vegetal, compuesta principalmente por la caña del cultivo, fue muy marcada dejando una mayor exposición del suelo al impacto de la gota de lluvia. Esto estaría en concordancia con lo señalado por Wischmeier (1975), Elwell (1981), Zanchi (1983), y Morgan *et al.* (1994) entre otros, sobre la importancia de la cobertura vegetal en la reducción de la erosión y el escurrimiento como así también en la protección del suelo. El efecto principal es interceptar el impacto de la gota de lluvia dependiendo de la continuidad de la vegetación y de la densidad de la cobertura del suelo.

Por otra parte, en las labranzas convencionales la mayor pérdida de suelo estaría favorecida por el mayor contenido de agregados menores a 0,5mm de diámetro que ante una precipitación de gran volumen e intensidad como la ocurrida en el primero, segundo y cuarto evento, pondrían a disposición mayor cantidad de material. Michelena *et al.* (1996) en un Haplustol éntico del centro de Córdoba bajo labranza convencional y utilizando microsimulador de lluvia, indican que en una situación con 40 años de agricultura continua las pérdidas de suelo son 49,3g en la situación sin cobertura y 1,8g con rastrojo de soja. De la Vega *et al.* (2004) en un Argiudol vértico, ubicado en una pendiente de 1,5% sobre la que se desarrollo labranza

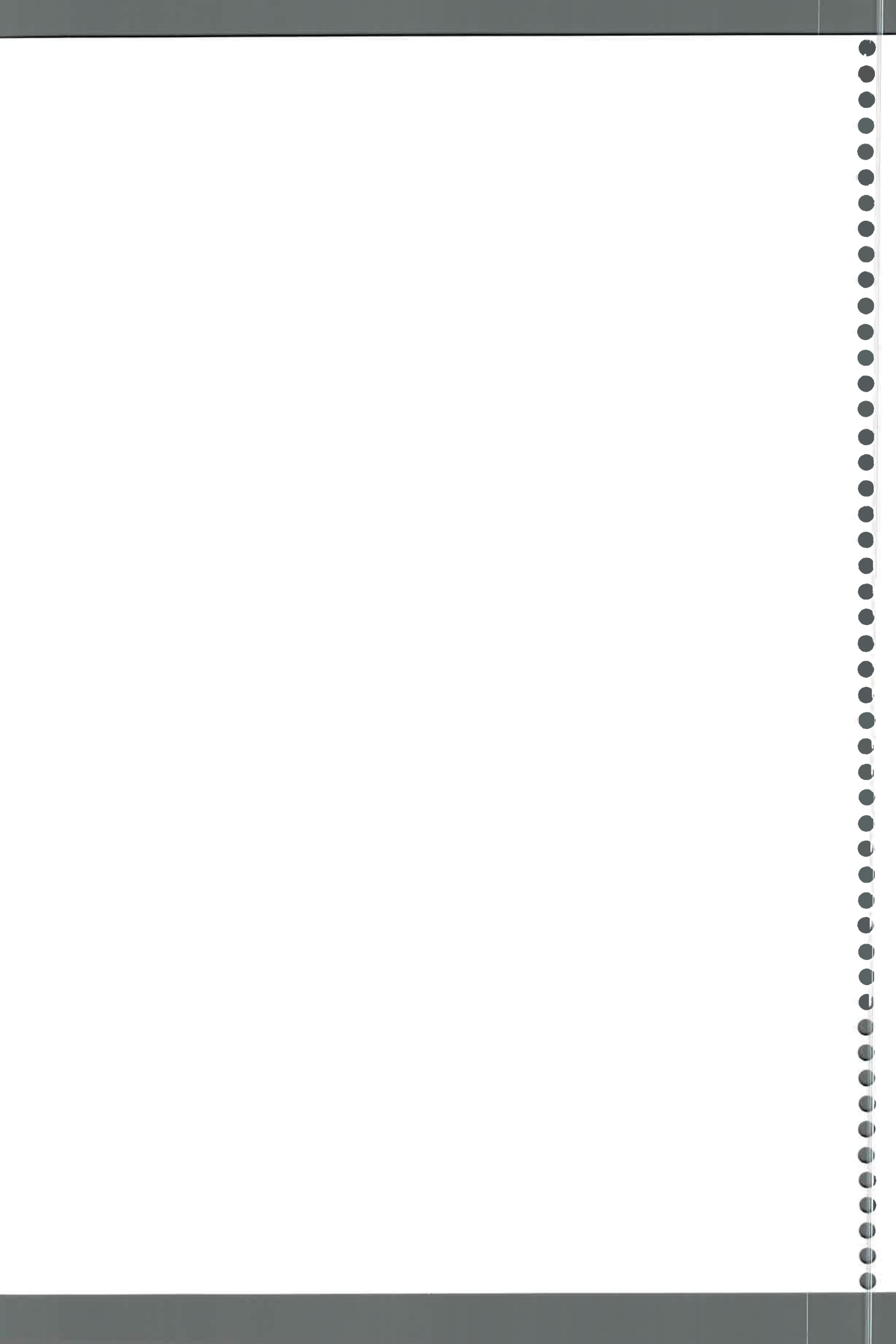




convencional y desde 1999 se implantó SD, midieron en microparcels con simulador de lluvia las mayores tasas de escurrimiento y pérdida de sedimento en el tratamiento sin cobertura respecto al suelo cubierto. Estos autores consideraron que estas diferencias se debían principalmente a la duración de la fase de infiltración inicial por el efecto de la cobertura vegetal.

La LC/CF/SP y la LC/SF/CP en el primer evento del ciclo presentan la mayor pérdida. En el último tratamiento, de acuerdo a lo discutido en el párrafo anterior, estaría vinculado a la baja cobertura y a la estabilidad de agregados. En el primero de ellos, con una alta cobertura (95%), posiblemente adquiera importancia la acumulación de agua en puntos de goteo de las hojas y el flujo en los tallos sobre la superficie del suelo. Este incremento de la intensidad del goteo al llegar al suelo provocaría la disgregación de los agregados, inclusive superando la infiltración y generando escurrimiento con movilización del material. Brandt (1989) indica que el goteo desde las hojas es aproximadamente el doble del tamaño natural de las gotas de lluvia. Esta acumulación en los puntos de goteo puede provocar localizaciones de muy alta intensidad de la lluvia como las observadas por Armstrong y Mitchell (1987) en cultivo de soja. De Ploey (1982) comprobó en laboratorio que el flujo a través de los tallos en gramíneas y especies similares concentra el agua en puntos sobre la superficie del suelo con mayor intensidad que en áreas abiertas. En un bosque húmedo tropical de Queensland, Herwitz (1986) indica que los flujos localizados por los tallos varían entre $830-18.878\text{mmh}^{-1}$ en una tormenta de 118mmh^{-1} ocurrida en 6 minutos.

La LC/SF/SP en este ciclo muestra una importante pérdida de suelo en el segundo y cuarto evento, incluso en el primer evento el nivel de pérdida es alto, aunque superado por otros tratamientos de la labranza convencional. Estas pérdidas se podrían vincular a la menor cobertura que presentó este tratamiento respecto al fertilizado. Por observación visual, efectuada durante el ciclo del cultivo, el girasol presenta una menor altura del tallo y grosor del mismo. Esta observación coincide con lo reportado por Fernández *et al.* (2000)



en el ciclo 1997-1998 para este tratamiento con cultivo de girasol. Además, en este ciclo el contenido de carbono orgánico en la LC/SF/SP es muy bajo, por lo que esta disminución tendría influencia en la estabilidad de agregados y principalmente en aquellos fuertemente influenciados por los cambios de los contenidos de la materia orgánica más joven como son los agregados más grandes (Tisdall y Oades, 1982; Oades, 1984; Cambardella y Elliot, 1993; Angers y Giroux, 1996).

➤ **Escurrimiento**

En este ciclo la LR con fertilización presenta significativamente el menor escurrimiento medio total aunque con nivel muy próximo le sigue la SD/CF/SP. El mayor escurrimiento se observa en la labranza convencional sin fertilización y sin pastoreo y con valores inferiores la LC con pastoreo y la SD/CF/CP. Los demás tratamientos muestran valores intermedios de escurrimiento donde se destacan la SD y LR sin fertilización y sin pastoreo con un nivel más bajo y la SD y LR sin fertilización con pastoreo con niveles más altos.

El primer evento fue de larga duración con el mayor volumen (80,6mm) e intensidad (68mmh^{-1}) de todos los eventos del ciclo y compuesto por varias tormentas intermitentes por lo que la mayor cobertura vegetal que presentaron la LR con fertilización, la SD sin pastoreo en este evento habría aportado suficiente rugosidad al flujo provocando disminución de la velocidad y favoreciendo con ello la infiltración (Ruan *et al.*, 2001) y consecuentemente menor escurrimiento (Nearing *et al.*, 1991). La vegetación actúa como un agente determinante de la protección del suelo, ya que disminuye la tasa de escorrentía y erosión (Mosley, 1982; Vis, 1986; Fullen, 1991). En ambientes semiáridos se indicó que la vegetación y el mantillo actúan como protectores del suelo atenuando la erosión y el escurrimiento (Castillo *et al.*, 1997; Adema *et al.*, 2001). En un suelo franco limoso se ha observado menor escurrimiento en siembra directa en comparación con otros sistemas de labranza (Blevins *et al.*, 1990) estando fuertemente influenciado por la cobertura. De la Vega *et al.* (2004) en una evaluación de la infiltración en un Argiudol bajo siembra directa



con y sin cobertura informan que el menor escurrimiento lo presenta el tratamiento cubierto. En la siembra directa sin fertilización y sin pastoreo la cobertura es menor respecto a los demás tratamientos (70%), sin embargo, habría sido suficiente para disminuir el impacto de la gota de lluvia y propender a la infiltración (Elwell y Stocking, 1976) ya que presentó un nivel de escurrimiento sin diferencia significativa respecto a la SD/CF/SP.

El menor escurrimiento en el segundo evento ocurrió en la LR/CF/SP seguido con un valor cercano la LR/CF/CP, en ambos casos con igual nivel de cobertura (60%). Esto se podría asociar a una combinación entre el grado de cobertura que redujo el impacto de la precipitación de la tormenta y en el primer tratamiento a la mayor estabilidad de agregados con predominio de los agregados mayores a 1 mm y una distribución bastante homogénea de los mismos en el horizonte superficial que favorecieron la infiltración. Mientras que en el otro tratamiento, una menor estabilidad con dominio de agregados entre 0,5-0,1 mm de diámetro habría provocado, en un primer momento, mayor infiltración aunque en el transcurso del evento, posiblemente el desarrollo de sello, disminuyó y generó un mayor escurrimiento (Le Bissonais y Singer, 1993). Chagas *et al.* (1995) en un Argiudol típico señalan la distribución de agregados y la rugosidad superficial son propiedades que influyen en la dinámica hídrica edáfica debido a su relación con el fenómeno de sellamiento superficial. Bricchi *et al.* (2000) encontró que la conductividad hidráulica saturada del sello de la LR con pastoreo era mayor que sin pastoreo.

La LR con fertilización y la SD/CF/SP en el tercer evento muestran el menor escurrimiento lo que se vincularía principalmente a las características del evento, bajo volumen e intensidad. Si bien la cobertura superficial es baja, posiblemente la cubierta de residuos (por observación visual) fue suficiente para generar rugosidad y favorecer la humectación de los agregados y una mayor infiltración con un decrecimiento del flujo superficial (Nearing *et al.*, 1991).



El menor escurrimiento superficial en el cuarto evento se registró en la SD/CF/SP y con un nivel ligeramente superior en la LR sin pastoreo. Esto estaría relacionado a la estabilidad de agregados con una distribución más homogénea de los distintos tamaños en la SD/CF/SP y a un dominio de los tamaños mayores a 0,5 mm en las reducidas que habría facilitado una mayor infiltración debido a una menor tendencia a la formación de sello (Bricchi *et al.*, 2000). Además, en estos tratamientos se observó a campo un mayor aporte de residuos en la superficie debido a la nula y escasa remoción de la misma por el sistema de labranza y la ausencia de pastoreo, con lo cual se incrementaría la permeabilidad y con ello favorecería una disminución del escurrimiento superficial (Blackburn *et al.*, 1986).

Las labranzas convencionales son las que presentan mayor escurrimiento, a las cuales se suma la SD/CF/CP en el primer y segundo evento. En el primer evento los máximos escurrimientos se producen en la LC/CF/CP, LC/SF/SP y en la SD/CF/CP sin diferencias significativas entre ellos. En el segundo evento el mayor escurrimiento se observa en la SD/CF/CP y en la LC/CF/CP, y con un nivel inferior la LC sin fertilización y la SD/SF/SP. En el tercer y cuarto evento la LC/SF/SP es el tratamiento con mayor escurrimiento. Sin embargo, en el tercer evento la LC/CF/CP le sigue con un valor ligeramente inferior, mientras que en el cuarto evento le sigue la LC/CF/SP. Por otra parte, en el tercer evento la LR sin fertilización y la LC/SF/CP y LC/CF/SP muestran valores altos de escurrimientos aunque inferiores a los máximos encontrados.

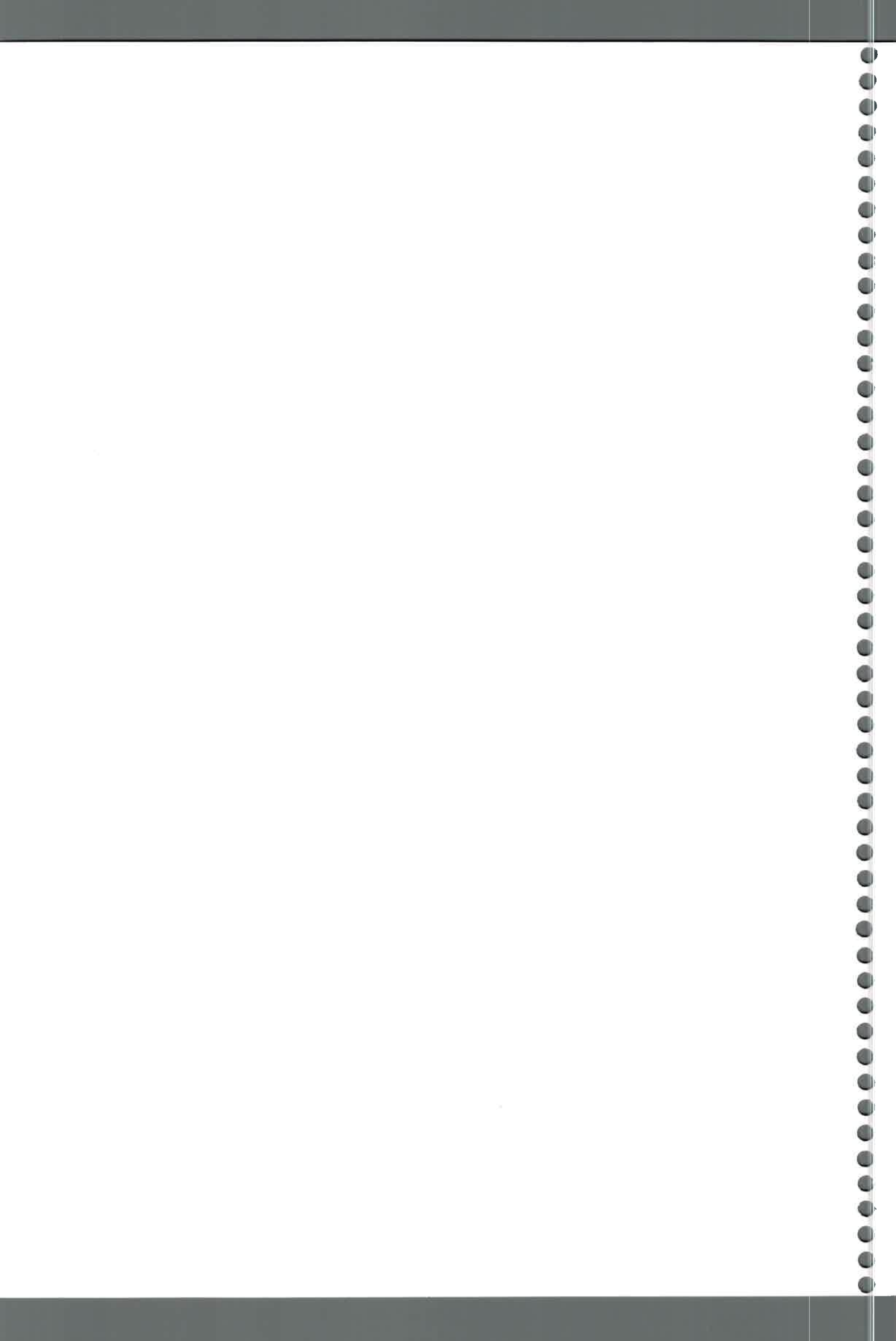
Este comportamiento en general en la LC se podría asociar principalmente a las características del horizonte superficial, tales como, bajo contenido de carbono orgánico, textura franco arenosa y baja estabilidad de agregados que frente al impacto de la gota de lluvia produciría, por un lado, una destrucción de los agregados con disminución del tamaño de poros y por otra parte, compactación de la capa superficial y con ello la formación de sello pelicular (Farres, 1991). La formación del sello afecta el desprendimiento de las



partículas, la infiltración y el escurrimiento, procesos de diferente magnitud dependiendo de las características superficiales del suelo (Bradford *et al.*, 1987; Nearing *et al.*, 1990). El complejo proceso de la formación de sello está influenciado por las propiedades de suelo, la cobertura vegetal, algunas de las cuales son frecuentemente alteradas por las prácticas de manejo y las condiciones climáticas (Mahboubi *et al.*, 1993). Meyer y Harmon (1984) en una investigación sobre la susceptibilidad de suelos agrícolas a la erosión laminar indican que los suelos que presentan menor estabilidad estructural pueden desarrollar sellos rápidamente debido a que liberan microagregados y partículas primarias con la consecuente obstrucción de los poros.

Rienzi (1994) en un Argiudol típico desarrollado sobre loess de la región pampeana señala que al disminuir el nivel de estabilidad de agregados disminuyó el tamaño de las partículas desprendidas, asociando esto a la formación de sello y la disminución de la infiltración. Como ya se mencionara, Bricchi *et al.* (2000) señalan diferencias entre la conductividad hidráulica del sello para los sistemas de labranza de la pendiente Pozo del Carril siendo menor la K_s del sello en LC con rastrojo respecto a la SD y LR, mientras que en la situación sin rastrojo la K_s es superior en la SD respecto a la LC y LR y sin diferencia entre las últimas. Por lo que se podría establecer que la reducción de la velocidad de infiltración durante la precipitación sería una de las principales causas de los incrementos del escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993 Panini *et al.*, 1997; Torri *et al.*, 1999). Por otra parte, es importante señalar que si bien la cobertura vegetal fue variable entre los tratamientos de la LC, la cobertura de residuo, de acuerdo a la observación visual, fue prácticamente nula. Esto lleva a pensar que la vegetación no fue suficiente para disipar la energía cinética de las gotas de lluvia y retardar la velocidad del escurrimiento superficial (Blackburn *et al.*, 1986).

Los mayores escurrimientos en la SD/CF/CP en el primer y en el segundo se relacionarían principalmente a la compactación superficial con disminución de los macroporos y consecuentemente la velocidad de infiltración



(Miller *et al.*, 1998; Micucci *et al.*, 2000). Parra (2004, 2006) en el área de la pendiente Pozo del Carril en una evaluación de la porosidad indica que en la SD los macroporos (>75 micras) son inferiores respecto a la labranza reducida y convencional. Además, habría que considerar que el pisoteo animal y el tráfico de la maquinaria en sistemas sin remoción compactan el suelo (Liebig *et al.*, 1993; Chagas *et al.*, 1994; Holt *et al.*, 1996) reducen la tasa de infiltración e incrementan el escurrimiento (Busby y Gifford, 1981; Nearing *et al.*, 1990; Bari *et al.*, 1995). Por otra parte, la menor cobertura vegetal y principalmente la escasa presencia de residuos en superficie por el pastoreo habría generado una menor duración de la fase de la infiltración inicial (Potter *et al.*, 1995) y una menor infiltración que conlleva a un incremento del flujo superficial. De la Vega *et al.* (2004) informan que en un Argiudol vértico de la región pampeana bajo siembra directa, el suelo descubierto tuvo una menor tasa de infiltración en comparación con un suelo cubierto, y las diferencias resultaron en un mayor escurrimiento en la situación sin cubierta.

En la labranza reducida se observan altos escurrimientos en el tratamiento sin fertilización y con pastoreo en el segundo y tercer evento, y en el tratamiento sin fertilizar y sin pastoreo en el tercero. Estos incrementos estarían asociados a la combinación de la baja cobertura vegetal que presentaron estos tratamientos en los momentos de las precipitaciones, como así también, a la condición superficial ya que muestran una baja velocidad de infiltración. Por otra parte, la alta densidad aparente en la LR/SF/CP habría producido una disminución de los poros conductores del agua propendiendo un mayor escurrimiento (Wander y Bollero, 1999). Además, en estos tratamientos se debería considerar la susceptibilidad de formación de sello con disminución de la conductibilidad hidráulica señalada por Bricchi *et al.* (2000).

5.4.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

La menor pérdida total de suelo por erosión hídrica laminar en el ciclo 2001-2002 la presenta la SD/CF/SP, la mayor la SD/SF/CP y la LR/CF/CP,

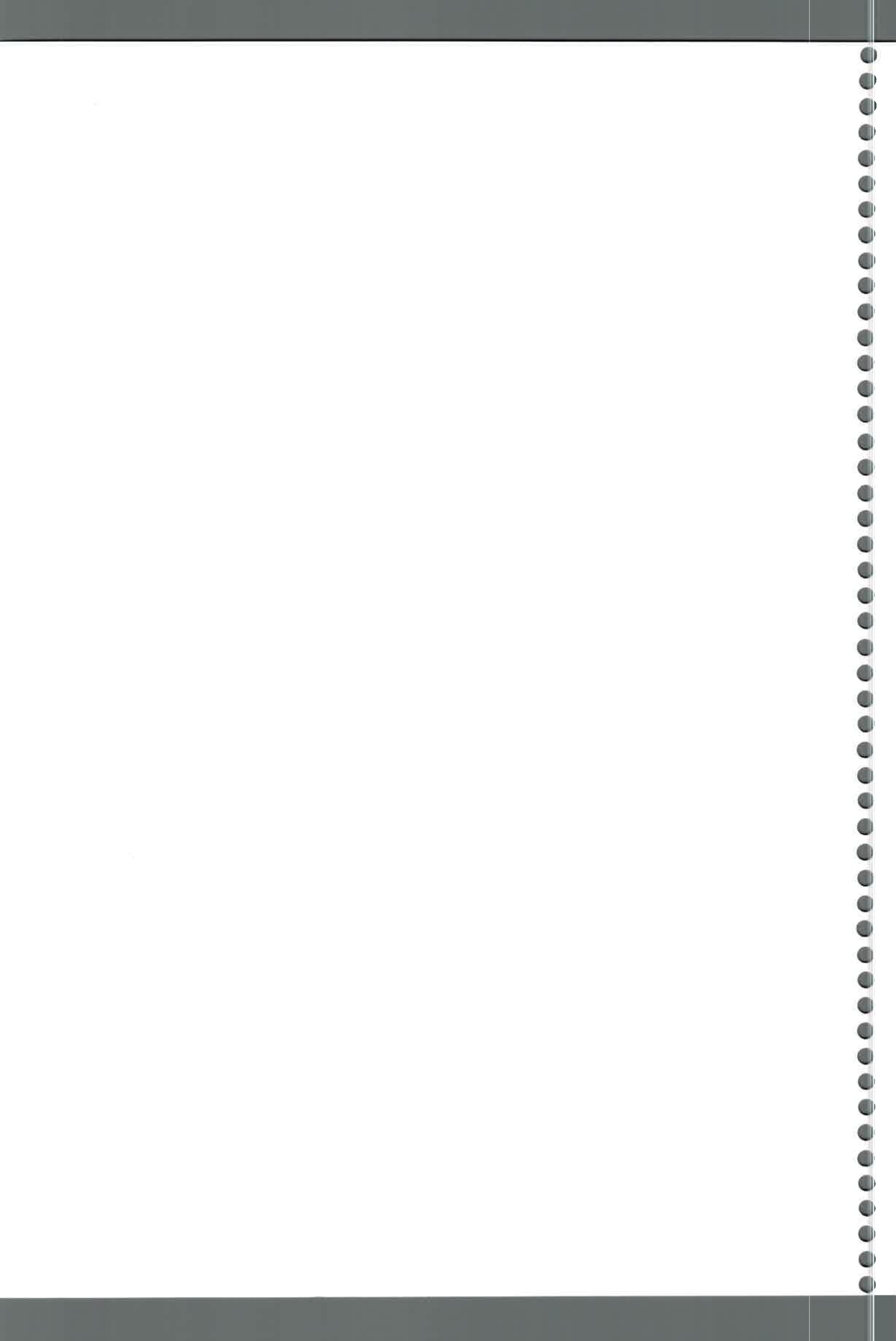


mientras la LR/CF/SP y LC/CF/SP muestran un valor intermedio de pérdida.

Las bajas pérdidas de suelo en la SD/CF/SP en el primer evento estarían asociadas a la estabilidad estructural ya que en la medida que se incrementan los agregados mayores se observa una disminución de la pérdida de suelo ($r=-0,53$; $p=0,07$). Esto en combinación con la mayor cobertura vegetal que habría favorecería una lenta humectación del suelo, debido a una precipitación inicial muy baja. Por otra parte, la mayor cobertura interceptaría la energía de la lluvia al final del evento donde se produce la intensidad máxima y el volumen más importante. Bradford y Huang (1994) indican que el manejo del rastrojo tiene un efecto mayor sobre la velocidad de infiltración en la siembra directa. La concentración de los sedimentos es menor en el tratamiento de la SD con cubierta coincidiendo con lo expresado por De La Vega *et al.* (2004).

En el ciclo todos los tratamientos presentan bajas pérdidas de suelo en el segundo y tercer evento. El primero de ellos es un evento de gran volumen y duración compuesto por varias tormentas de muy baja intensidad, mientras que el otro evento es de bajo volumen, duración e intensidad. Con lo cual la alta cobertura vegetal presentada en estos eventos ha sido efectiva como protectora o amortiguadora de la energía de la gota de lluvia (Wischmeier, 1975; Laflen y Colvin, 1981; Elwell, 1981; Hussein y Laflen, 1982; Zanchi, 1983; Lang y McCaffrey, 1984; Morgan *et al.*, 1994) independientemente de la cantidad de la precipitación.

En el cuarto evento del ciclo con un importante volumen precipitado (135mm) compuesto por varias tormentas, la SD/CF/SP, SD/CF/CP, LR/CF/SP, LC/CF/SP, SD/SF/SP con altas coberturas (entre 75 y 80%) excepto en el último tratamiento cuyo porcentaje es menor (50%) presentan baja pérdida de suelo. En los tratamientos de la siembra directa y en la LR/CF/SP ha tenido influencia importante la interacción de las precipitaciones con la alta estabilidad de los agregados otorgándole mayor resistencia al suelo a ser disgregado (Young y Onstad, 1978; Meyer y Harmon, 1984). Mientras que, en la LC/CF/SP



la menor pérdida de suelo estaría vinculada a la alta velocidad de infiltración y a la interceptación de las gotas de lluvias por la cobertura vegetal que protegería en parte el desmoronamiento de sus agregados retardando la manifestación de los efectos de sello y encostramiento de un suelo (Freebairn *et al.*, 1991) y facilitando con ello la percolación. Chagas (1995) evaluó el efecto de la rugosidad superficial, el tamaño de agregados y la estabilidad estructural sobre la erosión entre surco en un Argiudol típico de Marcos Juárez (Provincia de Córdoba) reportó que los suelos con rugosidad mostraron menor escurrimiento y pérdida de suelo. Este autor también encontró que la infiltración sería en parte responsable del control de las pérdidas de suelo a través de la reducción en la capacidad de transporte de los sedimentos por flujo del escurrimiento. Por otra parte, Young *et al.* (1989) establecieron la vinculación de los incrementos de la infiltración y las disminuciones de los escurrimientos y las pérdidas de suelo.

La mayor pérdida de suelo de la LR/CF/CP; LR/SF/SP y la LC/SF/SP en el primer evento se podrían asociar a la baja cobertura vegetal de estos tratamientos, que parecería no ser suficiente, para interceptar la energía de la lluvia sobre la superficie del suelo en una precipitación de baja intensidad al comienzo de la tormenta y más acentuada al final. Aunque, Elwell y Stocking (1976) indican que con un 40% de la superficie del suelo cubierto habría una protección aceptable para la erosión. Además, en estos tratamientos la mayor pérdida de suelo estaría asociada a la baja estabilidad estructural, relacionado esto a un incremento de los agregados menores a 0,5 mm de diámetro y una disminución del DMP con lo cual aumentaría la pérdida ($r=-0,68$; $p<0,01$).

La SD/SF/CP en el cuarto evento muestra la mayor pérdida de todos los tratamientos. En este ciclo la SD/SF/CP presenta la menor estabilidad de agregados y un DMP muy bajo. A esto se sumaría una marcada disminución de la cobertura vegetal en todos los eventos respecto a los demás tratamientos de la siembra directa. Los factores anteriormente mencionados asociados a un evento de gran volumen, compuesto por varias tormentas de alta intensidad,

favorecerían una mayor disponibilidad de material y por consiguiente aumentarían las pérdidas de suelo. En investigaciones efectuadas en siembra directa bajo cobertura y suelo desnudo se ha reportado que en esta última situación se producía mayor pérdida y escurrimiento debido a diferencias en la duración de la fase inicial de la velocidad de infiltración (Bradford y Huang, 1994; De la Vega *et al.*, 2004). Marelli (2001) expresa que en siembra directa habrá eficiencia en el control de la erosión hídrica, siempre y cuando en este sistema de labranza se obtengan coberturas adecuadas, ya que de lo contrario las pérdidas de suelo serán similares a las registradas bajo sistemas de labranza convencionales.

La LR/CF/SP y la LC/CF/SP presentan niveles intermedios de pérdida de suelo por erosión hídrica laminar en el primer evento que se vincularía a la mayor estabilidad estructural que presentan estos tratamientos en relación con los demás dentro de cada sistema de labranza. Por otro lado, los tratamientos presentan una buena cobertura del suelo, superior al 55%, lo que sería una protección aceptable frente a la erosión (Elwell y Stocking, 1976). En este evento la SD/SF/SP y la SD/CF/CP presentan niveles de pérdidas de suelo mayores que la SD/CF/SP y por debajo de los valores intermedios citados anteriormente. Estos tratamientos muestran una alta estabilidad estructural con lo cual el incremento de los agregados mayores favorecería una disminución de la pérdida de suelo ($r=-0,53$; $p=0,07$). Sin embargo, las pérdidas registradas se vincularían a una menor cobertura vegetal en la SD/SF/SP y la SD/CF/CP respecto a la SD/CF/SP. Esto permitirá reforzar la importancia del manejo de la cobertura en el control de la erosión hídrica ya que se manifiesta su efecto sobre la velocidad de infiltración en labranzas como la siembra directa (Bradford y Huang, 1994; De la Vega *et al.*, 2004).

En el cuarto evento la LR/CF/CP y la LC/CF/CP presentan valores medios de pérdida de suelo, mientras que la LR y LC sin fertilización por debajo de los mismos. Estos tratamientos presentan una cobertura vegetal entre el 60 y el 75%, lo cual sería aceptable frente al proceso de erosión (Elwell y

Stocking, 1976). Estimación visual de campo permitió establecer que en los tratamientos sin fertilización las plantas presentaban una menor altura, distancia entre nudos, y hojas más cortas, mientras que en los sistemas fertilizados las plantas eran más altas, con mayor longitud de las hojas y distancia entre nudos. Esto llevaría a relacionar la mayor erosión de los tratamientos con fertilización al incremento de la intensidad de la gota de lluvia en las hojas (Armstrong y Mitchell, 1987; Brandt, 1989) y por el aumento del flujo de los tallos (De Ploey, 1982; Herwitz, 1986).

➤ **Escurrimiento**

En el ciclo la LC/CF/SP presentó un escurrimiento medio total significativamente menor, y con un nivel ligeramente superior la LC/SF/SP. El mayor escurrimiento se registró en la SD/SF/CP y con valores inferiores, aunque con alto escurrimiento, le siguen la LR y LC, ambas con fertilización y pastoreo; mientras que el resto de los tratamientos muestran niveles intermedios.

En general, los niveles de escurrimiento a partir del primer evento tienden a disminuir en el segundo y tercero y a incrementarse considerablemente en el último evento, a excepción de algunos tratamientos como la SD/SF/CP, la LR/CF/SP y la LC/CF/SP que aumentan a partir del tercer evento. Por otra parte, los valores más altos de escurrimiento se registraron especialmente en el primer y cuarto evento, excepto la SD/SF/CP en el tercer evento.

El mayor escurrimiento presentado por la SD/CF/CP y con un nivel ligeramente inferior en la SD/SF/CP en el primer evento estaría vinculado principalmente a la compactación superficial con un aumento de la resistencia mecánica y la consecuente disminución de la velocidad de infiltración (Nearing *et al.*, 1990). De acuerdo a lo reportado por Saoane y van Ouwerkerk (1994) la compactación superficial es un proceso de densificación en el cual la porosidad y permeabilidad del suelo se reducen, mientras que, la resistencia mecánica



aumenta. Estos cambios en la porosidad total afectan la distribución del tamaño de poros y según lo señalado por Bricchi (1996) en Hapludoles típicos de área de Río Cuarto esto se manifiesta en una reducción en la proporción de los macroporos. Parra (2004) en la pendiente bajo estudio indica que la porosidad total (PT) en siembra directa es significativamente inferior en comparación con la LR y LC, y que los macroporos (>75 micras) son mayores en la LC que en SD. Además, este autor señala una tendencia a una mayor porosidad en la situación no pastoreada con relación a la pastoreada. Por otra parte, la baja cobertura vegetal y los escasos residuos, estos últimos debido al pastoreo del rastrojo de girasol, en combinación con una precipitación de alto volumen ($55,6\text{mmh}^{-1}$), compuesta por dos tormentas con escaso tiempo de separación entre ellas (45 minutos), habrían favorecido un incremento del flujo superficial. Esto coincide con lo expresado por Bradford y Huang (1994), De Vega *et al.* (2004) donde señalan que en siembra directa con baja cobertura se registran los mayores escurrimientos.

La LR/CF/CP y la LC/CF/CP muestran en el primer evento un alto escurrimiento y sin diferencia significativa entre ellas, aunque con un nivel inferior a la SD con pastoreo. Esto indicaría que si bien estos tratamientos muestran una mejor velocidad de infiltración presentan una alta susceptibilidad a la formación de sello frente al impacto de las gotas de lluvias (Bricchi *et al.*, 2000) en condición de baja cobertura vegetal (55%) que habría generado en el momento de la precipitación una disminución de los poros conductores del flujo y el aumento del escurrimiento (Wander y Bollero, 1999).

En el primer evento los menores escurrimientos y sin diferencia significativa en la SD/SF/SP, la LR sin pastoreo, la LR/SF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP indicarían que la cobertura vegetal fue suficiente para interceptar el impacto de las gotas de lluvia y favorecer la disminución del flujo de agua (Elwell y Stocking, 1976) aunque como se señalara anteriormente (ítem 5.3.), la condición superficial entre los tratamientos de la pendiente presenta algunas diferencias.



En general, en el segundo evento la mayoría de los tratamientos muestran un bajo escurrimiento y como ya se mencionara una menor pérdida de suelo. Esto se lo vincularía con la cobertura vegetal que habría sido efectiva al disipar la energía cinética de las gotas de lluvia, y retardar la velocidad del escurrimiento superficial (Blackburn *et al.*, 1986) en un evento de gran volumen y compuesto por varias tormentas. Sin embargo, se destacan menores flujos de agua en la SD/CF/SP y la LC/CF/SP y mayores en la SD/SF/CP, LR/SF/CP y en la LC/SF/CP. La diferencia en el escurrimiento en los tratamientos de la SD se podría asociar principalmente a la velocidad de infiltración debido a la mayor cantidad de residuos en superficie en relación con el tratamiento sin fertilización y pastoreo en el que habría una menor duración de la fase inicial de infiltración (Bradford y Huang, 1994) y un incremento del escurrimiento. Esto coincide con lo señalado por Marelli (2001) y De la Vega *et al.* (2004) en Argiudoles de la región pampeana bajo siembra directa. Por otro lado, el bajo escurrimiento en la LC/CF/SP indicaría que una alta cobertura vegetal reduce el impacto de las gotas de lluvia en la superficie del suelo e impediría de esa manera la formación de sello, favoreciendo la infiltración. Es de destacar que la LC/CF/SP presenta una mayor velocidad de infiltración en este ciclo, con lo cual, los macroporos controlaron la mayor circulación del agua en el perfil del suelo (Lipiec y Hatano, 2003).

En la LR/SF/CP y la LC/SF/CP los mayores escurrimientos observados en el segundo evento estarían vinculados principalmente a la disminución en la velocidad de infiltración que muestran estos tratamientos en este ciclo. Además, la menor cobertura vegetal no habría sido suficiente para amortiguar el impacto de las gotas de las lluvias sobre la superficie e impedir la dispersión de los agregados y la manifestación del sello (Freebairn *et al.*, 1991) que provocaría un condicionamiento al ingreso de agua y un mayor flujo superficial (Risse *et al.*, 1995, Assouline y Mualen, 1997). Estos tratamientos, de acuerdo a lo expresado por Bricchi *et al.* (2000), muestran una conductividad hidráulica del sello muy similar pero inferior a la presentada por la SD sin rastrojo.



En el tercer evento la mayoría de los tratamientos muestran un bajo escurrimiento, excepto en la SD/SF/CP. Los bajos flujos superficiales se vincularían a la característica del evento, que como se indicara, es de bajo volumen, duración e intensidad, y a la cobertura vegetal. Esta última en los tratamientos con fertilización, en los distintos sistemas de labranza, presenta la mayor cobertura y aunque algo inferior pero igualmente alta, en las situaciones sin fertilización y sin pastoreo, mientras que en la SD/SF/CP fue muy inferior. Numerosos autores coinciden en la importancia de la cobertura vegetal como factor protector del suelo ya que disipa la energía cinética de las gotas de lluvia, aumenta la permeabilidad y retarda la velocidad del escurrimiento superficial y la pérdida de suelo (Elwell, 1981; Zanchi, 1983; Blackburn *et al.*, 1986; Morgan *et al.*, 1994; Meyer *et al.*, 1995; Adema *et al.*, 2000).

En el último evento del ciclo 2001-2002 se producen importantes escurrimientos en la mayoría de los tratamientos, excepto en la SD/CF/CP que presenta un flujo muy bajo y en la LC sin pastoreo que presenta un nivel intermedio de escurrimiento. Estos altos escurrimientos estarían asociados principalmente a las características del evento, ya que como se señalara en el análisis de las tormentas, este presenta un gran volumen (total de la precipitación 135mm), duración (70 horas) y compuesto por varias tormentas con precipitación intermitente entre sí. Lo más relevante de este evento, es la presencia de dos tormentas de alta intensidad e iguales ($71,2\text{mmh}^{-1}$) a las 14,5 horas y 28 horas del comienzo del evento y la presencia de dos tormentas con intensidades en orden decreciente de intensidad ($52,8$ y $26,4\text{mmh}^{-1}$) al final del evento. Esto habría determinado que la capacidad amortiguadora de la cobertura vegetal no fue eficiente ante este tipo de evento, y el flujo habría superado la capacidad de infiltración (Wischmeier y Smith, 1978).

En la SD/CF/CP la menor pérdida de flujo se debería fundamentalmente a que este tratamiento presenta una elevada estabilidad estructural (diámetro medio ponderado 2,23) con una distribución bimodal de los agregados que habría facilitado una mejor infiltración en el período de duración de la tormenta.



Con respecto a las LC sin pastoreo el nivel intermedio de escurrimiento podría relacionarse a la mayor infiltración que presentan estos tratamientos y a la interacción de la cobertura vegetal que permitió una lenta humectación de los agregados sin formación del sello y con ello una reducción del escurrimiento (Young *et al.*, 1989). Esto coincidiría con lo observado por Chagas (1995) que al evaluar la influencia del grado de estabilidad estructural en un Argiudol típico del este cordobés, sobre el escurrimiento y la erosión entre surco, señala la importancia que tendrían los agregados de gran tamaño en el horizonte superficial de parcelas rugosas facilitando el pasaje de agua a través de caminos preferenciales entre los terrones, e incrementando la infiltración, siendo responsable en parte, del control de la erosión y el escurrimiento.

5.4.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

En el ciclo 2002-2003 la menor pérdida de suelo la presenta la SD/CF/SP y con un nivel ligeramente superior la SD/CF/CP y LR/CF/CP. La mayor pérdida en la LC/SF/CP y con un valor próximo e inferior LC/CF/CP. Mientras que con valores intermedios la SD/SF/SP, LR sin pastoreo y LC/SF/SP.

Las menores pérdidas de suelo de este ciclo por evento que se registran en la SD/CF/SP del primer al tercer evento, se atribuirían principalmente a la estabilidad estructural de este tratamiento, a través de una proporción significativa de los agregados mayores y el alto diámetro medio ponderado (DMP) que indicarían una mayor resistencia al desprendimiento por el impacto de las gotas de lluvia (Farres, 1987; Truman *et al.*, 1990; Chagas *et al.*, 1994) y con ello una menor pérdida de suelo. Las altas correlaciones de los agregados mayores entre 4-2mm y 2-1mm de diámetro y los DMP con la pérdida de suelo ($r=-0,68$, $p<0,01$; $r=-0,79$, $p<0,003$ y $r=-0,64$; $p=0,02$, respectivamente) pondrían en evidencia la influencia de estos agregados en el proceso de erosión.

En el segundo evento del ciclo las menores pérdidas de la LR/CF/SP y



SD/SF/CP estarían relacionadas, al igual que la SD/CF/SP, con la estabilidad de agregados, aunque en estos tratamientos el porcentaje de agregados mayores es menor presentan un DMP alto. En este evento los tratamientos presentan una mayor cobertura vegetal y una menor precipitación en relación con el primero, por lo cual se esperaría, una incidencia menor del impacto de la lluvia sobre la superficie del suelo. En el tercer evento las menores pérdidas en la SD con pastoreo y en la LR/CF/CP se vincularían a una baja precipitación ($23,4\text{mmh}^{-1}$). De acuerdo a lo señalado por Sirvent *et al.* (1993) se incrementarían las pérdidas en bajas precipitaciones a partir de intensidades de 50mmh^{-1} que en este caso es inferior a esa intensidad, y con una duración de varias horas. Por otro lado, esto ocurre en coincidencia con un importante incremento de la cobertura vegetal, principalmente en los tratamientos fertilizados donde alcanzan el valor máximo.

La LR/CF/CP y la SD/CF/CP en el cuarto evento presentan una pérdida de suelo muy baja que se relacionaría principalmente a la alta cobertura vegetal que habría sido eficiente en amortiguar el impacto de la tormenta de 31mm de corta duración y con alta intensidad alcanzada en los primeros 15 minutos. Por otro lado, la intercepción de la vegetación posiblemente favoreció la infiltración y con ello disminuyó la capacidad de transporte de flujo controlando las pérdidas de suelo (Blackburn *et al.*, 1986; Morgan *et al.*, 1994; Meyer *et al.*, 1995).

Las mayores pérdidas de suelo en la LC con pastoreo en el primer evento se atribuirían al incremento significativo de los agregados menores 0,5-0,1mm de diámetro ($r=0,70$; $p<0,01$) y 0,1-0,074mm ($r=0,58$; $p<0,05$) en coincidencia con una baja cobertura vegetal y una precipitación de gran volumen, duración e intensidad muy alta. En la LC/SF/CP las pérdidas registradas en el segundo evento estarían vinculadas a la baja cobertura (25%) que no habría sido suficiente para evitar el desprendimiento por el impacto de la gota de lluvia. A esto se debería sumar la baja velocidad de infiltración que presenta este tratamiento (Meyer *et al.*, 1975; Nearing *et al.*, 1990). Elwell y



Stocking (1976) indican que para una protección adecuada del suelo al menos el 70 % de la superficie debe estar cubierta aunque con un 40% del suelo cubierto se puede obtener una protección aceptable frente a la erosión.

La LR/SF/CP presenta en el tercer evento del ciclo una alta pérdida de suelo que estarían vinculadas a la baja estabilidad y la muy baja velocidad de infiltración en una situación de menor cobertura respecto a los demás tratamientos de la LR. Además, si bien la precipitación es de bajo volumen habría sido suficiente como para producir escorrentía (De Ploy, 1977) y movilización de las partículas. En investigaciones realizadas en Zimbaue por Hudson (1981) indica que una precipitación de 25mmh^{-1} es suficiente para producir erosión al igual que en Tanzania (en Morgan, 1997), Malasia (Morgan 1980), mientras que, en España a partir de una precipitación de 15mm en total y con una intensidad de 50mmh^{-1} (Sirvent *et al.*, 1992, 1993) aumentaría considerablemente la erosión. Con ello se podría decir que la combinación de la componente climática, cobertura vegetal y estabilidad estructural en este tratamiento favorecieron el proceso de erosión (Edward y Owen, 1991).

La mayor pérdida de suelo en la LR sin fertilización y la LC/CF/CP en el cuarto evento estaría asociada, principalmente, a la estabilidad de agregados debido a incrementos importantes de los tamaños pequeños y muy pequeños en estos tratamientos. En este evento los tratamientos alcanzaron una mayor cobertura, sin embargo, no fue suficiente para generar protección de la superficie del suelo, frente a una única tormenta con alta intensidad (52mmh^{-1}) que permaneció durante media hora, y en cual se habría producido el desprendimiento y posterior movilización del material. Morgan (1985) comprobó que bajo un 80% de cobertura de maíz se producía más desprendimiento de material que en la misma situación en campo abierto. Con lo cual la intensidad efectiva de flujo a través de tallos (De Ploey, 1982) y el aumento local en las líneas donde se concentra el goteo de las hojas (McGregor y Mutchler, 1978) asociado a la baja estabilidad y a las características de la precipitación posiblemente hayan contribuido al proceso de erosión.



En este periodo se presenta un conjunto de tratamientos con nivel intermedio de pérdida de suelo o por debajo de la media registrada en cada evento, constituido por la SD/SF/SP en todos los eventos de precipitación, la SD/CF/CP en el primer evento, la SD/SF/CP en el primer y cuarto y la SD/CF/SP en el último evento. Estos tratamientos presentan una alta estabilidad relacionada con el sistema de labranza (Chagas, 1994; Uger y Jones, 1998; Díaz-Zorita, 1999; Ferreras *et al.*, 2000; Elissondo *et al.*, 2001; Brichi *et al.*, 2002, 2004; Verri, 2004) que no habría sido suficiente para disminuir las pérdidas de suelo.

Bradford y Huang (1994) en Argiudoles estudiaron el efecto del rastrojo sobre la erosión en siembra directa y demostraron que el manejo del residuo tenía efecto en la dinámica del proceso de infiltración. De la Vega *et al.* (2004) en Argiudoles vérticos de la provincia de Buenos Aires bajo siembra directa con diferentes porcentajes de cobertura vegetal describieron la relación lluvia/velocidad de infiltración y determinaron que la velocidad inicial de infiltración fue similar entre tratamientos. Sin embargo, estos autores encontraron diferencias en la duración de la fase inicial de la infiltración ya que en parcelas cubiertas el escurrimiento comenzó luego de 24,1mm de precipitación mientras que situación sin cobertura ocurrió una vez caídos 11,6mm, y en esta última situación, la concentración de sedimentos fue significativamente mayor a la registrada en el suelo cubierto. Por ello, se podría considerar que la menor cobertura observada en las SD sin fertilización y especialmente en aquellos tratamientos pastoreados tendría influencia en la duración de la fase inicial de infiltración, más allá de las diferencias de infiltración final observadas en estos tratamientos. Esto permitiría suponer que en la mayoría de los eventos se produciría una entrada rápida del agua generando el fenómeno de estallido de los macroagregados (Hénin *et al.*, 1972; Truman *et al.*, 1990). Esto favorecería la disgregación de los mismos y puesta en disponibilidad de las partículas para su remoción y el incremento de las pérdidas de suelo bajo siembra directa con menor residuo en superficie (Bradford y Huang, 1994; Marelli, 2001; De la Vega *et al.*, 2004).

Por otra parte, las pérdidas de suelo por debajo de las medias en la LR/CF/SP en el primer evento, por ser un tratamiento que presenta una buena agregación, y similar a la SD/SF/CP, se podría relacionar a la combinación de la baja cobertura vegetal y a la menor duración de la infiltración inicial (Bradford y Huang, 1994) frente a un evento de gran volumen de precipitación e intensidad que produciría una desagregación de los agregados por estallido (Hénin *et al.*, 1972; Truman *et al.*, 1990) y posterior movilización. Orellana y Pilatti (1994) evaluaron en Molisoles de Santa Fe la estabilidad de agregados con pretratamientos de alcohol, agua y benceno, e indican que en el tratamiento con agua la estabilidad es menor por el fenómeno de estallido.

En la LR/SF/SP del primer al segundo evento, la LR/CF/CP y la LR/SF/CP en el primer evento presentan pérdidas inferiores a la media. Esto posiblemente se vincularía con la cobertura vegetal asociada a la estabilidad de agregados e infiltración (Young *et al.*, 1989). En el primer tratamiento el DMP tiene un valor moderado con una distribución bimodal de los agregados que habría favorecido la infiltración (Ruan *et al.*, 2001). En cambio, en los otros dos tratamientos la mayor cantidad de agregados menores a 1mm de diámetro, propendió a la infiltración, en la medida que la cobertura vegetal habría protegido a los agregados y retardado la formación de sello (Freebairn *et al.*, 1991). Parra (2006) al analizar el comportamiento de la porosidad total y la distribución del tamaño de poros en las labranzas de esta pendiente encontró que la LR presenta la mayor porosidad total y una mayor cantidad de macroporos (>75 micras de diámetro) en los 28 cm superiores.

Las pérdidas de suelo por debajo de la media del primer al tercer evento en la LC/SF/SP, la LC/CF/SP del segundo al cuarto, la LC/CF/CP en el segundo y tercer evento y la LC/SF/CP en el tercer y cuarto, estarían fuertemente influenciadas por la velocidad de infiltración y la cobertura vegetal, principalmente en los dos últimos eventos. En estos tratamientos hay una marcada disminución de los agregados mayores y consecuentemente un incremento de los agregados inferiores a 0,5mm de diámetro que habría



favorecido una mayor velocidad de infiltración, y en la medida que los tratamientos presentaron una mayor cobertura del suelo, habría disminuido la susceptibilidad a la formación de sello (Mahboubi *et al.*, 1993) y con ello un decrecimiento de la erosión del suelo.

➤ **Escurrimiento**

El menor escurrimiento medio total lo muestra la LC/SF/SP y con un nivel ligeramente superior la SD/CF/CP, mientras que el mayor en la LR y LC con fertilización y sin pastoreo. Los demás tratamientos presentan valores intermedios de escurrimiento.

En el primer evento la mayoría de los tratamientos presenta altos escurrimientos, a excepción de la LR/SF/SP y con un nivel superior en la SD/CF/CP que muestran los menores volúmenes escurridos. Los mayores escurrimientos estarían vinculados principalmente a un evento muy importante en relación con el volumen (101mm), duración (35 horas) e intensidad máxima (72mmh^{-1}) correspondiente a la primera tormenta, seguida por dos precipitaciones con volúmenes e intensidades decrecientes, y a la baja cobertura vegetal. Las diferencias en los volúmenes de escurrimiento que se observan en los diferentes tratamientos se deberían a la condición superficial del suelo. En la SD/SF/SP, la LR/CF/CP y la LC/SF/SP se registraron los escurrimientos más altos. En el primero de ellos estaría asociado a la menor velocidad de infiltración observada en este tratamiento, con una marcada disminución en los dos últimos años evaluados, que habría favorecido al escurrimiento superficial (Bradford y Huang, 1994). En los otros dos tratamientos, la distribución de agregados habría contribuido a una mayor infiltración en una primera etapa, como lo indica la correlación positiva entre agregados de 0,5 a 0,1mm de diámetro y la velocidad de infiltración, mientras que, en la medida en que se produce desagregación del horizonte superficial por el impacto de la gota de lluvia, se habría generado el sellado de poros con disminución de la infiltración e incremento del escurrimiento (Moore y Singer, 1990; Le Bissonnais y Singer, 1993). Le Bissonnais y Bruand (1994) señalan



que en materiales limosos bajo diferentes eventos la formación de sello incrementó la generación de escurrimiento. En un estudio sobre los procesos de erosión hídrica y el escurrimiento en la alta cuenca del río Sauce Grande (Provincia de Buenos Aires) utilizando simulador de lluvia a campo en un Haplustol típico bajo diferentes tratamientos, encontraron una diferencia significativa en el escurrimiento entre la primera y segunda tormenta simulada atribuyendo esto a la formación del sello superficial (Castiglione *et al.*, 2004).

En la SD/CF/SP, LR/SF/CP, LC/CF/SP, LC con pastoreo se observan en el primer evento escurrimientos ligeramente inferiores a los máximos generados. En el primer tratamiento se podría relacionar a la compactación superficial debida principalmente al incremento significativo de la densidad aparente y una disminución de la velocidad de infiltración, en la medida que aumentan los agregados más grandes (alta correlación positiva y negativa, respectivamente), con lo cual, el residuo en superficie, si bien produjo un retardo temporal del agua frente a un evento importante, no fue suficiente para favorecer una mayor infiltración y disminuir el escurrimiento como fue señalado por Bradford y Huang (1994) para este sistema de labranza. En la LR/SF/CP la baja velocidad de infiltración y la alta susceptibilidad a la formación de sello de este tratamiento (Bricchi *et al.*, 2000) habría provocado el escurrimiento superficial (Moore y Singer, 1990; Le Bissonnais y Singer, 1993; Fox y Le Bissonnais, 1998). La LC/CF/SP presenta la mayor velocidad de infiltración de todos los tratamientos, sin embargo, como se explicara anteriormente en la LC/SF/SP la formación del sello superficial por el impacto de la gota de lluvia sobre agregados de baja estabilidad estructural provocó una disminución de la infiltración e incremento del escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993; Meyer y Harmon, 1984; Fox y Le Bissonnais, 1998). En la LC con pastoreo la menor estabilidad de agregados permitió un rápido desarrollo del sello superficial con mayor obstrucción de poros debido a la liberación de microagregados y partículas primarias (Meyer y Harmon, 1984) que habría provocado similar escurrimiento en los tratamientos.

La LR/SF/SP muestra el menor volumen de agua escurrida en el primer evento y con un nivel ligeramente superior la SD/CF/CP. En el primer tratamiento se podría asociar a la menor resistencia mecánica entre surco, con relación a los demás tratamientos de la LR, que habría favorecido la infiltración y el menor escurrimiento (Horton *et al.*, 1994). En la SD/CF/CP se vincularía a la menor compactación con una menor DA y RM entre surco que propendieron a una mayor infiltración (Blevins *et al.*, 1993; Thomas *et al.*, 1996; Ferreras *et al.*, 1998) y con ello una disminución del escurrimiento. Esto se apoya en una alta asociación y positiva de la densidad aparente y resistencia mecánica entre surco con el escurrimiento.

En el segundo evento los mayores escurrimientos en la LR/CF/CP, LR sin pastoreo, LC/CF/SP, y con un nivel ligeramente inferior en la SD y LC con pastoreo, se asociarían principalmente a las características del evento, compuesta por una tormenta de 35mm con una duración de 1,5 horas y una alta intensidad ($63,2\text{mmh}^{-1}$) alcanzada a los 30 minutos y a la baja cobertura vegetal. La compactación superficial con incrementos de la RM entre surco habría generado una disminución de la velocidad de infiltración y el incremento de los escurrimientos. También, se debería considerar la posibilidad de formación de sello ya que en estos tratamientos, como fuera indicado por Bricchi *et al.* (2000), muestran alta susceptibilidad al desarrollo de sello. Risse *et al.* (1995) señalan que la formación de sello es uno de los procesos que más repercute en la reducción de la infiltración en suelos descubiertos.

El menor escurrimiento del segundo evento en la LC/SF/SP y ligeramente superior en la LR/SF/CP, se vincularía en el primer tratamiento, principalmente, a la menor RM entre surco y a la alta velocidad de infiltración (Horton *et al.*, 1994; Blevins *et al.*, 1993; Thomas *et al.*, 1996). En la LR/SF/CP la menor densidad y una RM de valor intermedio, respecto a los demás tratamientos de la LR, habrían favorecido una pequeña variación positiva en el tiempo de la velocidad de infiltración, a pesar de la baja infiltración que presenta en este ciclo a la salida del invierno. Loague (1990) en una

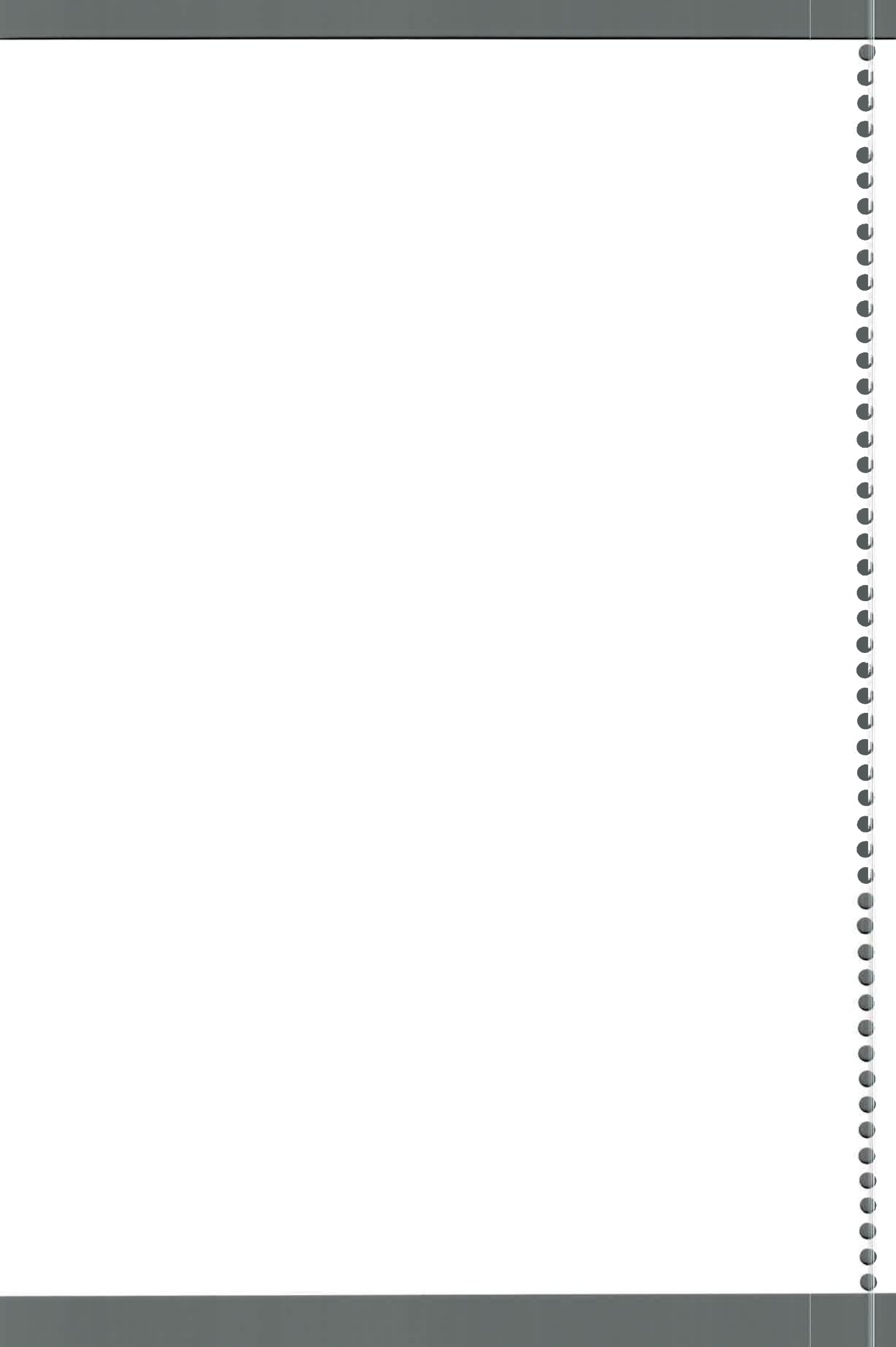


microcuenca de Estados Unidos señala variaciones temporales en las tasas de infiltración de los suelos estudiados. Por otro lado, Castiglioni *et al.* (2004) en un análisis de la tasa de infiltración de distintos ambientes de una microcuenca agrícola de la Pampa Ondulada bajo siembra directa encontraron una mayor tasa de infiltración final en el verano respecto a las otras estaciones evaluadas.

El tercer evento del ciclo esta compuesto por una tormenta de bajo volumen (23,4mm) con una intensidad moderada ($40,8\text{mmh}^{-1}$), por lo que, el menor escurrimiento en la LC/SF/SP se podría vincular a la combinación de la precipitación y la cobertura vegetal. Esto permitió la lenta humectación de los agregados en una superficie con baja resistencia mecánica entre surco, con lo cual se habría favorecido la infiltración y el menor escurrimiento (Young *et al.*, 1989). Mientras que la SD/CF/SP y las SD pastoreadas muestran un escurrimiento ligeramente superior a la LC/SF/SP, que se relacionaría con la cobertura y la buena estabilidad de agregados que facilitó una lenta entrada del agua al suelo y con ello el retardo del escurrimiento. Bradford y Huang (1994) señalan que la cobertura vegetal y el rastrojo reducen el escurrimiento y la pérdida de suelo en siembra directa.

Sin embargo, en el tercer evento se registraron altos volúmenes en la LR/SF/SP y LC con fertilización. En el primer tratamiento los escurrimientos estarían asociados la alta densidad aparente y a la baja velocidad de infiltración (Blevins *et al.*, 1993; Thomas *et al.*, 1996). En los otros tratamientos a pesar de presentar una buena velocidad de infiltración, la alta cobertura vegetal no fue suficiente para amortiguar la susceptibilidad a desarrollar sello a lo largo del evento (Risse *et al.*, 1995). Los niveles de escurrimiento por debajo de los máximos en la LR/CF/SP y la LC/SF/CP, e intermedios en la SD/SF/SP y LR pastoreadas, se podrían asociar principalmente a la baja velocidad de infiltración que presentan estos tratamientos (Horton *et al.*, 1994).

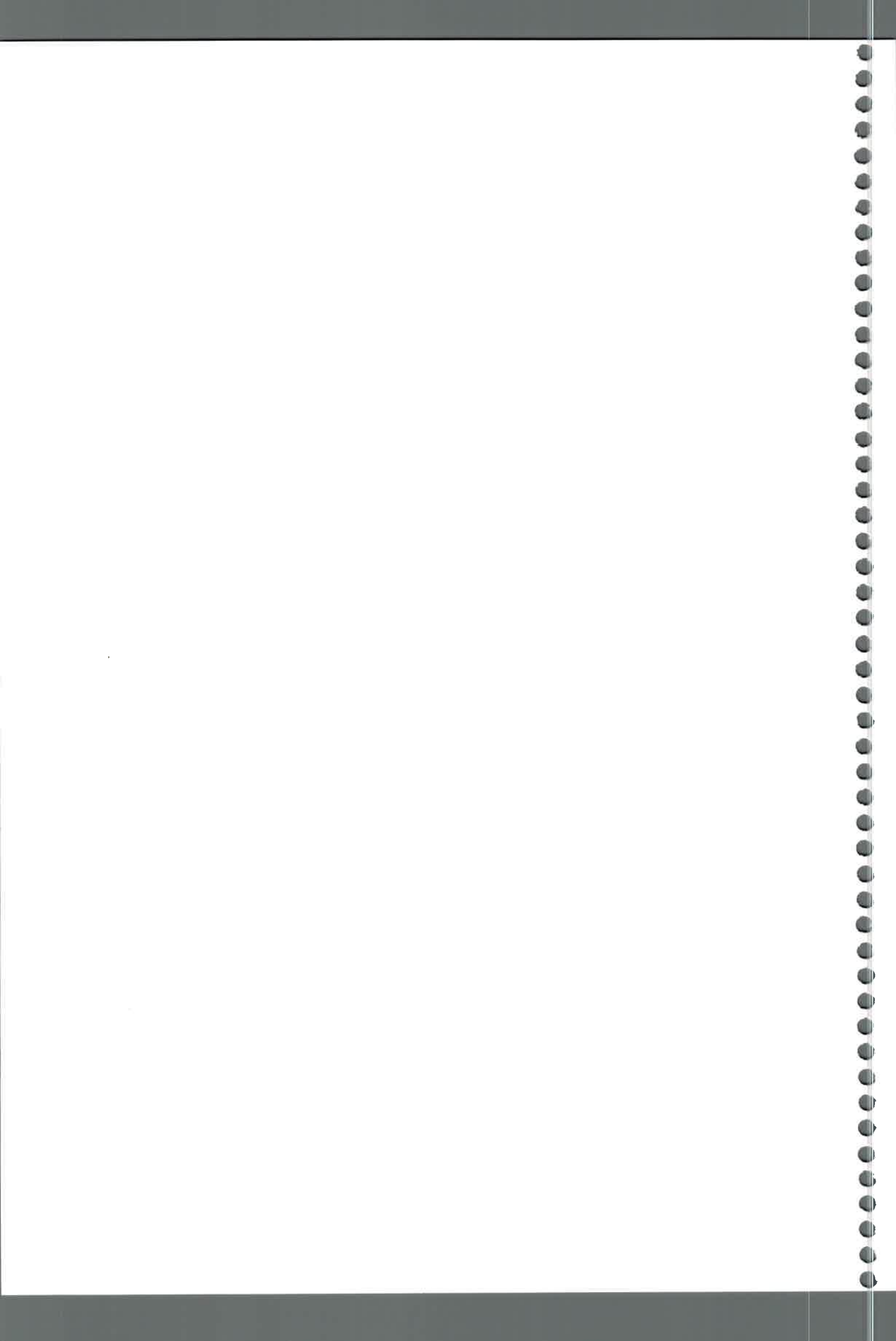
En general, en el cuarto evento se registran altos escurrimientos, mostrando los mayores niveles la LR sin pastoreo y con valores inferiores la



SD/SF/SP y LC/CF/SP e intermedio en la SD/CF/SP. Esto estaría asociado principalmente a las características del evento ya que el mismo se manifiesta a través de una sola tormenta de 31mm con la máxima intensidad alcanzada a los 15 minutos, permaneciendo 30 minutos con esa intensidad en el cual la precipitación caída es el 83% del evento. En la SD/SF/SP el mayor escurrimiento estaría influenciado principalmente por la baja velocidad de infiltración y la menor cobertura, mientras que en la SD/CF/SP con una velocidad de infiltración intermedia, en relación con los demás tratamientos de la SD, la máxima cobertura y el residuo en la superficie (observación visual), habría ayudado a retardar la velocidad de escurrimiento (Bradford y Huang, 1994; De la Vega *et al.*, 2004). Los menores escurrimientos en los demás tratamientos de la SD se deberían a los niveles más altos de infiltración, principalmente en la SD/SF/CP ya que este tratamiento muestra una menor cobertura del cultivo de maíz (55%).

Los escurrimientos en la LR sin pastoreo del cuarto evento estarían vinculados al incremento de la densidad aparente, baja infiltración en coincidencia con la cobertura vegetal que si bien fue alta y en parte influyó en la interceptación de la lluvia, esta no resultó suficiente para disminuir la velocidad del flujo frente a un evento con las características mencionadas anteriormente, e incrementar el escurrimiento. La relación significativa y positiva de la DA con el escurrimiento y la RM entre surco encontrada aquí coincide con lo observado por Lipiec y Hatano (2003) donde indican que el proceso de compactación controla el flujo del agua en el suelo.

Los menores escurrimientos se presentan en la LR con pastoreo y con un nivel ligeramente superior en la LC/SF/SP. En esta última el escurrimiento en el cuarto evento del ciclo estaría asociado a la alta cobertura vegetal (85%) que fue suficiente para amortiguar, en parte, la energía del impacto de las gotas de lluvia y favorecer la velocidad de infiltración (Freebairn *et al.*, 1991; Risse *et al.*, 1995). En la LR/CF/CP el menor escurrimiento se asociaría a la velocidad de infiltración, ya que si bien es baja, es la mayor de las LR. En

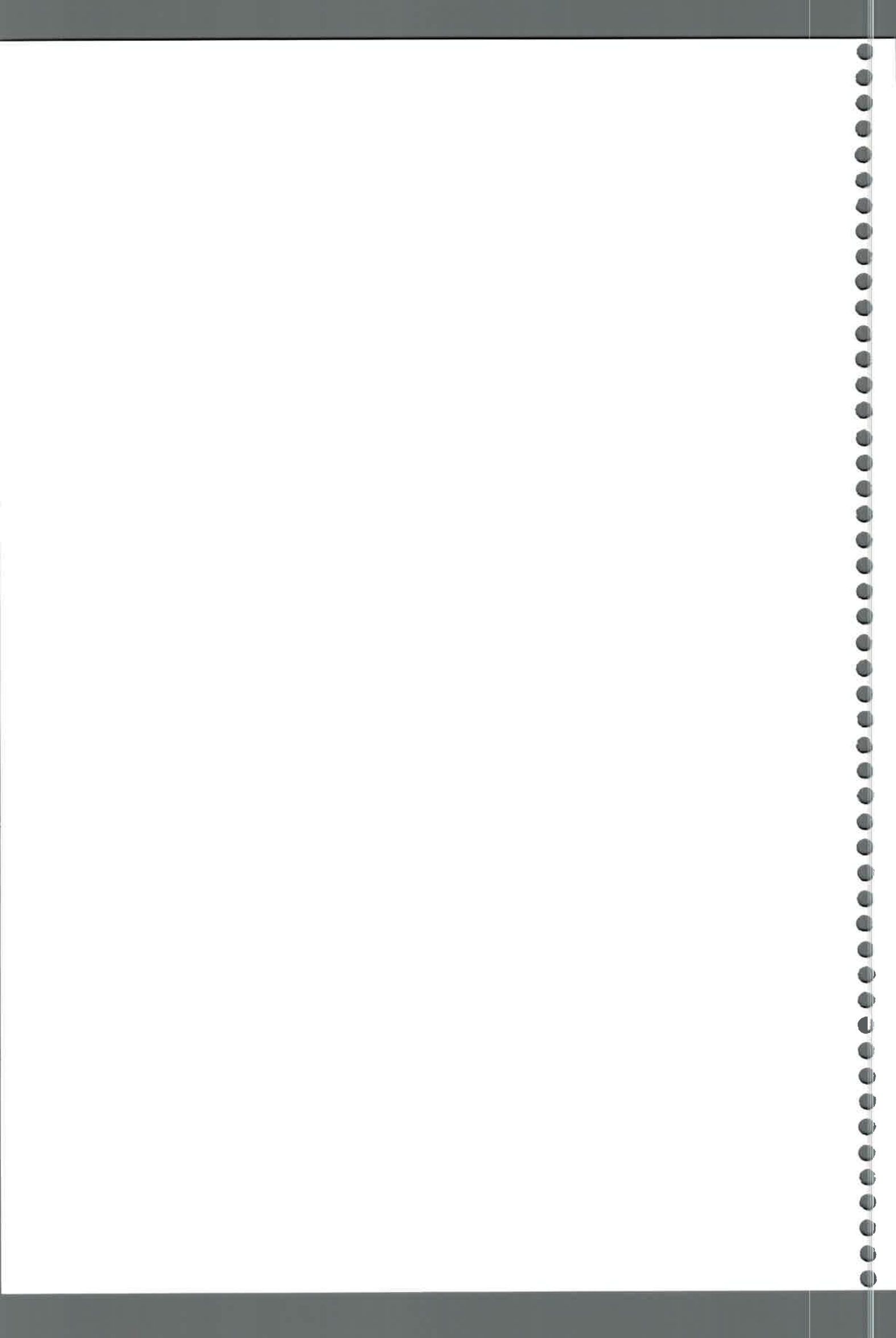


cambio, en la LR/SF/CP estaría vinculado a una menor densidad aparente y a una RM entre surco intermedia respecto a los demás tratamientos (Young *et al.*, 1989) que habrían favorecido una mayor infiltración. Este tratamiento en el período de evaluación presentó una baja velocidad infiltración al final del ciclo del cultivo y posterior al pastoreo. Se observa una relación negativa y marginalmente significativa entre la velocidad de infiltración y la RM entre surco, y considerando el sistema de labranza existe una alta relación positiva entre el escurrimiento y la RM. Además, el comportamiento del flujo estuvo posiblemente relacionado a variaciones temporales en las tasas de infiltración (Loague *et al.*, 1990; Castiglioni *et al.*, 2004).

5.4.1.4. Relación entre la pérdida de suelo y el escurrimiento

En la pendiente Pozo del Carril las pérdidas y el escurrimiento agrupadas (todas) por evento y ciclo muestran una baja correlación, mientras que con los valores totales la relación es aceptable. El sedimento y el volumen de flujo recogido por evento y ciclo presentaron una baja correlación, aunque considerando los niveles totales se verificó significativamente una mayor asociación. Por otro lado, se observó una baja correlación de las pérdidas de suelo y el escurrimiento por evento y ciclo, mientras que con los valores totales se verificó una buena asociación en el primer ciclo, aceptable aunque marginalmente significativa en el segundo ciclo y muy baja en el último período analizado.

En la siembra directa se verificó una asociación aceptable entre las pérdidas y el escurrimiento en el período estudiado, mientras que en los demás sistemas la correlación es baja. Sin embargo, considerando por tratamiento en la SD/CF/SP se observa muy alta correlación entre el sedimento y el escurrimiento, alta en las SD sin fertilización y baja y marginalmente significativa en la SD/CF/CP. En la LR sólo se observa correlación entre las pérdidas de suelo y el sedimento en la LR/CF/CP, mientras que se verifica en la LC/CF/SP una asociación aceptable pero marginalmente significativa.



5.4.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

5.4.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000

➤ Pérdida de suelo

La mayor pérdida media total del ciclo se registra en la loma alta y la menor en la loma plana y baja, mientras un nivel intermedio en la loma media. Las pérdidas de suelo en el primer y segundo evento no muestran diferencias significativas entre las secciones de la pendiente. Esto estaría asociado principalmente a las características de los eventos y a la cobertura vegetal del cultivo de maíz. Los eventos muestran baja intensidad aunque en el segundo es algo mayor ($19,2\text{mmh}^{-1}$) y la precipitación tiene mayor volumen (63,4mm) y duración (11 horas) que el primero (42,4mm y 6,75 horas), con lo cual el residuo sobre la superficie (por observación visual) y la cobertura vegetal habrían producido rugosidad y disipado en parte el impacto de la gota de lluvia (De Ploy, 1981). La menor cobertura en el primer evento posiblemente estuvo contrarrestada por una menor agresividad de la precipitación, mientras que, en el segundo un ligero incremento de la cobertura habría regulado la humectación de los agregados y las pérdidas de suelo.

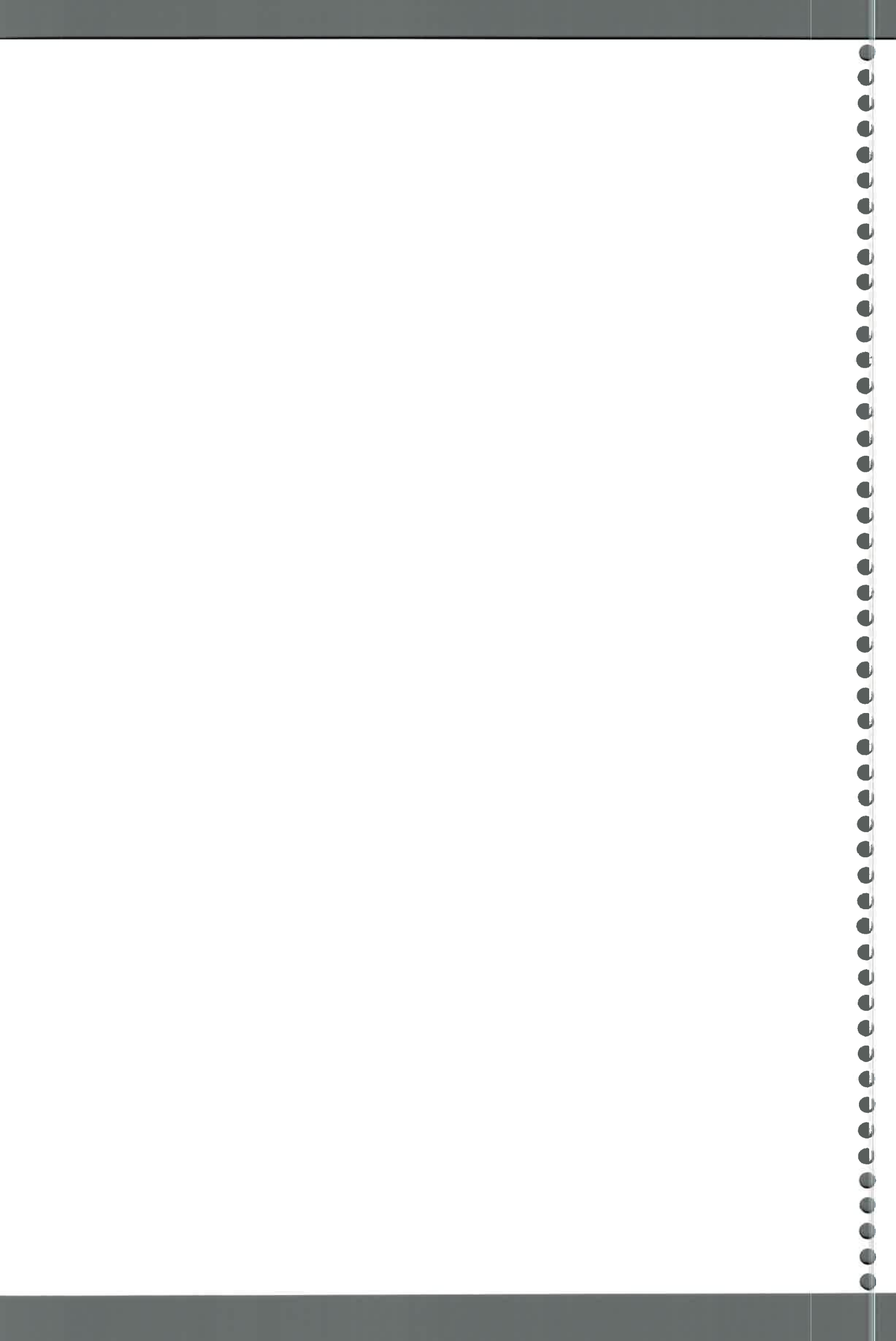
En el tercer evento la loma alta registra significativamente la mayor pérdida de suelo, mientras que las demás secciones no muestran diferencias. El evento fue de gran volumen (130,6mm), duración (80 horas) y compuesto por tres tormentas, comenzando la primera de ellas a las 8,5 horas (intensidad máxima $67,2\text{mmh}^{-1}$) con una separación de 4 horas la segunda tormenta (intensidad $68,8\text{mmh}^{-1}$), mientras que la última, de bajo volumen e intensidad, al final del evento. Si bien la cobertura fue ligeramente superior, respecto al evento anterior, no fue suficiente para regular el impacto de las sucesivas tormentas e impedir la desagregación de los agregados y consecuentemente la pérdida de suelo (Elwell y Stocking, 1976). En la loma alta la mayor pérdida se podría vincular a la estabilidad de agregados dado que muestran una menor cantidad de agregados mayores a 1mm de diámetro que habrían opuesto menor resistencia al desprendimiento. Esto coincide con lo señalado en numerosos estudios bajo lluvia simulada sobre el comportamiento de los

agregados frente a la energía de la gota de lluvia (Farres, 1987; Truman *et al.*, 1990, Chagas *et al.*, 1994).

En la pendiente la pérdida de suelo fue inferior en el cuarto evento en relación con los anteriores. La mayor pérdida la registró la loma alta, al igual que en el tercer evento, aunque se observan diferencias en las demás secciones, siendo inferior en la loma plana e intermedia en la loma media y baja. En este evento la cobertura fue máxima, sin embargo, debido a las características del mismo, bajo volumen e intensidad en la primera etapa (19 horas) y de alta precipitación (50mm) e intensidad ($98,4\text{mmh}^{-1}$) al final del evento, habría amortiguado parcialmente el impacto de la lluvia como para impedir la desagregación de los agregados y la pérdida de suelo. Estas pérdidas en la pendiente coinciden con lo observado por Bradford y Huand (1994) y De la Vega (2004) que indican que bajo siembra directa con buena cobertura vegetal se registran las menores pérdidas de suelo. En la loma alta se debería considerar el efecto de la estabilidad de agregados, como se mencionara en el tercer evento de este ciclo y además la mayor pendiente para esta sección que habría favorecido un incremento del escurrimiento y con ello las pérdidas de suelo. Numerosos autores indican que en la medida que aumenta la inclinación y longitud de la pendiente, se esperaría una mayor erosión como resultado del incremento en la velocidad y volumen del escurrimiento (Kirkby, 1969, Ahuja *et al.*, 1982; Naslas *et al.*, 1994; Barros *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2000; Truman *et al.*, 2001).

➤ **Escurrimiento**

El mayor escurrimiento medio total en este ciclo se registró en la loma alta, mientras que, en las demás secciones sin diferencia significativa los menores niveles. En el primer evento el mayor escurrimiento en la loma alta podría vincularse a la baja cobertura vegetal que no fue suficiente para amortiguar el impacto de las gotas de lluvia ante un evento con una precipitación media (42,4mm) aunque de baja intensidad ($15,2\text{mmh}^{-1}$) que en presencia de una mayor cantidad de agregados menores a 1mm habría



provocado el desagregado de los mismos y formación de sello, con lo cual se incrementó el escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993). En suelos similares en el área de la pendiente se determinaron niveles muy bajos de conductividad hidráulica del sello en siembra directa con pastoreo (Bricchi *et al.*, 2000). En la loma media y baja, posiblemente también se desarrolló el sello, aunque presenten mayor cantidad de agregados mayores a 1mm de diámetro y especialmente la loma media, por lo cual el escurrimiento es ligeramente inferior al máximo. En la loma alta a baja se debería considerar el efecto de la pendiente ya que la labranza se realizó a favor de la misma y con ello se habría favorecido el escurrimiento (Barros *et al.*, 1992; Naslas *et al.*, 1994, Liu *et al.*, 2000). En la loma plana el menor escurrimiento, se vincularía a una mayor posibilidad de infiltración del agua debida a la baja pendiente de la sección (Haggard *et al.*, 2005). Además, se debería considerar la compactación superficial que en general se observa en la pendiente, como un factor importante en el control del escurrimiento (Nearing *et al.*, 1990; Chagas *et al.*, 1994; Holt *et al.*, 1996).

El ligero incremento de la cobertura del maíz en el segundo evento habría resultado suficiente para regular el impacto de la gota de lluvia, permitiendo una lenta humectación e infiltración (Elwel y Stocking, 1976) y con ello favoreciendo un menor escurrimiento. En la loma plana se observa un nivel mayor de escurrimiento respecto a las demás secciones por lo que como se señalara en la caracterización climática (ítem 4.1.) se debería a una gran variabilidad espacial de las precipitaciones. Esto coincide con observaciones realizadas en pequeñas cuencas en ambientes semiáridos donde se indican variaciones temporales y espaciales de la precipitación (Sharon, 1970). En un estudio sobre erosión y producción de escurrimiento en la cuenca experimental Guadalperalón, penillanura del suroeste español, se señala que la variabilidad espacial de las precipitaciones apenas repercute en el balance anual de la cuenca, no obstante, algunos sucesos de lluvia en las zonas más altas por encontrarse más expuestas a los vientos puede mostrar incidencia sobre la respuesta hidrológica (Schnabel, 1997; Schnabel y Mateos Rodríguez, 2000).



En el tercer evento los escurrimientos estuvieron ligados principalmente a las características del mismo en interacción con la compactación superficial y la cobertura vegetal. Esta última no fue suficiente para disminuir la velocidad del flujo e impedir, en la medida que se desarrolló el evento, el desagregado de los agregados menos estables y la movilización de las partículas más finas (Farres, 1987) y consecuentemente la formación de sello e incrementar el escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993). Castiglione *et al.* (2004) atribuyen los incrementos en el escurrimiento en un Haplustol típico bajo diferentes tratamientos, a la formación del sello entre la primera y segunda tormenta simulada. En los sectores de alta y media loma el escurrimiento estuvo posiblemente favorecido por la pendiente (Nearing *et al.*, 1990).

En el cuarto evento con la máxima cobertura vegetal se registró un alto escurrimiento, a excepción de la loma media que muestra la menor lámina de flujo. Esto se podría asociar a una elevada densidad aparente por compactación superficial con reducción de los macroporos (Kladivko *et al.*, 1986; Grand y Lafont, 1993) que frente a un evento de bajo volumen e intensidad al comienzo y de alto volumen e intensidad al final del mismo, en una superficie con humedad antecedente, habría producido un flujo por saturación (Horton, 1940; Dunne y Leopold, 1978). El incremento de la DA provocaría la disminución de la velocidad de infiltración como fuera señalado por Azevedo *et al.* (1998) para suelos de lowa usando infiltrómetro de tensión. En el área de la presente investigación, en suelos bajo siembra directa sometidos a pastoreo se reporta una marcada disminución de la macroporosidad (Parra, 2006) y una mayor densificación en el horizonte superficial (Bricchi *et al.*, 2004).

5.4.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001

➤ Pérdida de suelo

La mayor pérdida media de suelo en la pendiente se registra en la loma alta, mientras que la menor en la loma baja. En el primer evento las pérdidas se vincularían principalmente a la baja cobertura del cultivo de soja (35%) en



coincidencia con una precipitación de larga duración (82 horas), alto volumen y compuesto por varias tormentas donde la de mayor erosividad (68mmh^{-1}) se produce al final del evento, momento en el cual el horizonte superficial se encontraba con humedad antecedente. La cobertura no fue suficiente para disminuir el impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados menos estables y poner a disposición del flujo una mayor cantidad de material (Young y Onstad, 1978; Farres, 1987). En la loma alta la mayor pérdida posiblemente se deba a la menor cantidad de agregados mayores a 2mm con lo cual la resistencia al desprendimiento fue menor.

En el segundo evento la mayor cobertura vegetal alcanzada por el cultivo (75%) habría sido suficiente para interceptar la energía de la tormenta, de moderado volumen (39,4mm), intensidad ($39,2\text{mmh}^{-1}$) y corta duración, disminuyendo el impacto sobre los agregados y provocando una baja pérdida de suelo (Wischmeier, 1975; Zanchi, 1983). En el tercer evento las pérdidas se deberían a la característica de la lluvia, tales como bajo volumen, intensidad y larga duración, ya que la cobertura vegetal era baja por encontrarse en etapa de llenado de grano (35%) su efecto impidió la desagregación de los agregados (Truman *et al.*, 1990).

Las bajas pérdidas de suelo en el último evento estarían vinculadas principalmente a que el mismo fue de larga duración y distribuido en varias tormentas de baja intensidad, ocurriendo en un período de baja humedad antecedente, con lo cual se habría generado una lenta humectación favoreciendo la infiltración y una menor pérdida de suelo (Sullivan *et al.*, 1996).

►Esgurrimiento

La loma baja registró el menor escurrimiento y la loma plana y alta los mayores niveles. Los altos escurrimientos en el primer evento estarían asociados a la baja cobertura vegetal en coincidencia con una precipitación de alto volumen, intensidad y larga duración, sobre una superficie densificada. La humedad antecedente al final del evento habría contribuido al escurrimiento. El



mayor escurrimiento en la loma alta se debería al impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados, provocando el desprendimiento de partículas que en parte contribuirían al proceso de formación de sello (Farres, 1987). La reducción de la velocidad de infiltración durante el desarrollo del evento favorecido por la pendiente (Liu *et al.*, 2000) habría incrementado el escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993; Torri *et al.*, 1999).

La mayor cobertura vegetal (75%) en el segundo evento no resultó eficiente para interceptar la precipitación de moderada intensidad, volumen y baja duración. El proceso de interceptación de la precipitación por la cobertura vegetal depende de las características de la tormenta, como así también, de otros factores climáticos adicionales, tales como la dirección del viento (Dunne y Leopold, 1978). El incrementado del escurrimiento se habría debido a la compactación del horizonte superficial y a la pendiente (Blackburn *et al.*, 1990). Los menores niveles registrados en la loma alta y media, se podrían asociar a alguna interrupción en la trayectoria del flujo laminar a lo largo de la sección, lo que habría afectado el registro en el colector (Schnabel, 1997).

En el tercer evento del ciclo 2000-2001 los incrementos en el escurrimiento estarían asociados principalmente a la baja cobertura vegetal y a la condición superficial del suelo, ya que la precipitación registrada es de bajo volumen e intensidad y de larga duración. La compactación superficial con la disminución de la porosidad total y de los macroporos habría provocado un decrecimiento de la velocidad de infiltración (Micucci *et al.*, 2000) e incrementado el escurrimiento (Nearing *et al.*, 1990; Bari *et al.*, 1995) a lo largo de la pendiente. En SD con pastoreo fue señalada la marcada disminución de la porosidad total y de los macroporos (Parra, 2004 y 2006) y la alta susceptibilidad a la compactación (Bricchi *et al.*, 2000, 2004) como condicionantes de los escurrimientos (Becker *et al.*, 2002b) en suelos del área pedemontana al suroeste de Córdoba.



El bajo escurrimiento en el último evento se debería a las características del mismo que si bien fue de un volumen total moderado a alto (64,8mm) y de larga duración, se desarrolló a través de varias tormentas e inclusive una de ellas con una moderada intensidad (41,6mmh⁻¹). Esto en coincidencia con una aceptable cobertura de residuo en superficie (por observación visual) y la baja humedad antecedente como ya fuera señalado, habrían favorecido la infiltración (Sullivan *et al.*, 1996) y con ello el menor escurrimiento. La importancia de la cobertura sobre el suelo, vegetación viva o muerta, retardando la velocidad de escurrimiento e incrementando la infiltración ha sido señalada por numerosos autores (Blackburn *et al.*, 1986; Meyer *et al.*, 1995; Ruan *et al.*, 2001).

5.4.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002

➤ Pérdida de suelo

Las pérdidas medias por erosión laminar en este evento fueron bajas en la loma alta y mayores en las demás secciones ($p > 0,05$). Las pérdidas de suelo en el primer evento se vincularían principalmente a la muy baja cobertura vegetal del sorgo (3%) en coincidencia con una precipitación total moderada (55,6mm) y compuesta por dos tormentas con escaso tiempo de separación. La primera es la más importante en relación con la erosividad. El impacto de las gotas al golpear sobre la superficie en la primera tormenta habría provocado la desagregación de los agregados y la movilización de los materiales, como así también, dejado material disponible para ser arrastrado por el flujo en la segunda precipitación y con ello incrementar la pérdida de suelo. Morgan (1997) informa sobre varios ejemplos donde se vincula la pérdida de suelo en relación con la precipitación anterior. Por otra parte, la condición superficial con un alto nivel de compactación en la pendiente habría favorecido el escurrimiento (Becker y Cantú, 2006) e incrementado la pérdida de suelo. En siembra directa sin cobertura vegetal y bajo lluvia simulada se ha reportado mayor concentración de sedimentos que la registrada en el suelo cubierto (De la Vega *et al.*, 2004).



En el segundo evento con una alta cobertura (80%) y una precipitación de 74,6mm compuesta por varias tormentas de baja intensidad (Imáx. 28,8mmh⁻¹) y gran duración (36h) se produjo una baja pérdida de suelo ($p>0,05$) en la pendiente. En los dos últimos eventos del ciclo las pérdidas totales en la pendiente fueron similares y ligeramente inferiores a las medidas en el segundo. En el tercero la mayor pérdida se registró en la loma plana y media, mientras que, el menor nivel en la loma alta y baja, con una cobertura del 60%, debida al pastoreo y a una lluvia de escaso volumen (20,4mm), intensidad (23,2mmh⁻¹) y duración (6h). El cuarto evento presenta una duración de 70h con una precipitación de 135mm, constituido principalmente por cuatro tormentas (Imáx. 71,2mmh⁻¹) y entre ellas precipitaciones intermitentes. La cobertura vegetal fue del 75% produciéndose la menor pérdida en la loma plana y la mayor en la loma media y baja ($p>0,05$).

Las pérdidas de suelo registradas del segundo al cuarto evento fueron inferiores a las registradas en el primero y se relacionarían fundamentalmente a la alta cobertura del cultivo de sorgo ($r=-0,95$ $p<0,05$) que aportó protección, aunque no totalmente suficiente para amortiguar el impacto de la energía de la gota de lluvia e impedir movilización de material, independientemente de las características de los eventos. Diversos autores señalan el efecto de la cobertura vegetal como agente protector del suelo atenuando las pérdidas de suelo, entre los que merecen citarse, Wischmeier, 1975; Laflen y Colvin, 1981; Hussein y Laflen, 1982; Zanchi, 1983; Morgan *et al.*, 1994, Albaladejo *et al.*, 1998, entre otros.

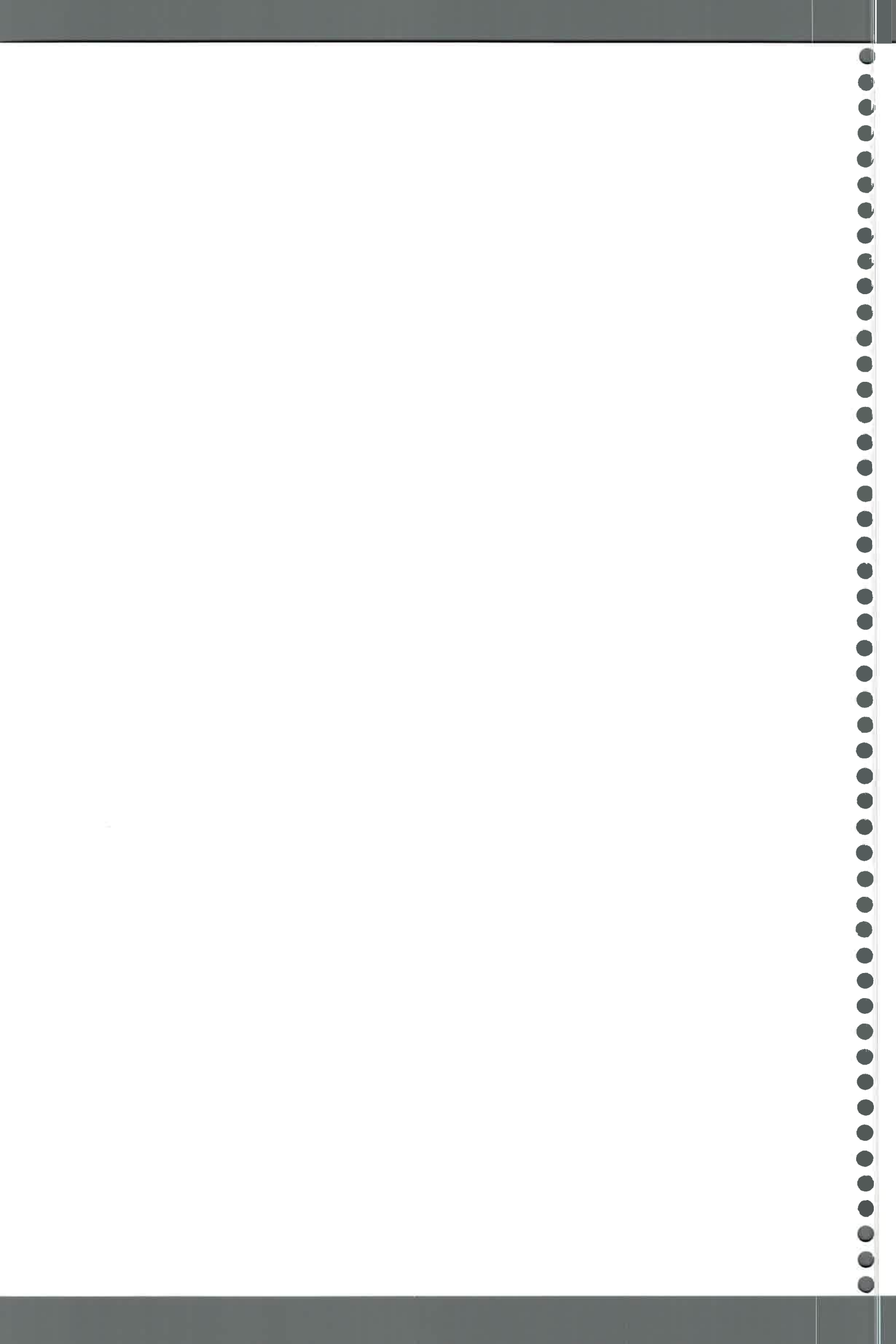
➤ **Escurrencimiento**

Los mayores escurrencimientos medios se registraron en la loma media y los más bajos en la sección más baja de la pendiente. En el primer evento los escurrencimientos medidos se deberían asociar a las características del mismo. La alta precipitación compuesta por dos tormentas, frente a la muy baja cobertura del sorgo, habría provocado un alto impacto sobre la superficie compactada. Los agregados más grandes resistieron a la desintegración, mientras que, los

más pequeños y las partículas desprendidas durante el desarrollo del evento se movilizaron y depositaron, formando un sello con disminución de la velocidad de infiltración e incremento del escurrimiento. Fox y Le Bissonnais (1998) durante un ensayo con simulador de lluvia en Alfisoles, franco limosos y limo arcillosos de origen eólico, señalan que la influencia más importante de la formación del sello fue el impacto sobre el escurrimiento.

La cobertura vegetal en el segundo evento presentó el máximo porcentaje (80%), sin embargo, no habría sido suficiente para reducir la velocidad del flujo frente a un evento con un alto volumen de precipitación y compuesto por varias tormentas de baja intensidad. La tormenta más importante se produjo a 1,45 horas de iniciado el evento alcanzando una intensidad máxima ($28,8\text{mmh}^{-1}$) en forma abrupta y luego de transcurridas 7 horas, se producen varias tormentas con intensidades menores a la máxima registrada. En la primera etapa del evento se habría formado sello superficial y con ello incrementado el escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993; Fox y Le Bissonnais, 1998; Torri *et al.*, 1999). Por otra parte, la compactación superficial de las diferentes secciones contribuyó a favorecer el escurrimiento. La densificación se manifiesta a través de la presencia dominante de agregados mayores a 2mm de diámetro en relación positiva con la DA y negativa con la velocidad de infiltración. Carter (1990) menciona que en el proceso de compactación los poros y principalmente los macroporos son los más afectados, y se relaciona a estos como los reguladores del flujo saturado (Horton *et al.*, 1994; Lipiec y Hatano, 2003).

En el tercer evento la cobertura del sorgo fue ligeramente inferior (60%) a la presentada en el segundo evento, debido a un pulso de pastoreo intensivo, aunque, aceptable de acuerdo a numerosos autores (Elwell y Stocking, 1976, Dunne *et al.*, 1978; Lang y McCaffrey, 1984). Esta no habría sido suficiente como para disminuir la velocidad del flujo en una superficie densificada y provocar escurrimiento ante una precipitación de bajo volumen e intensidad. En SD el tráfico de la maquinaria y el pisoteo animal en ausencia de remoción



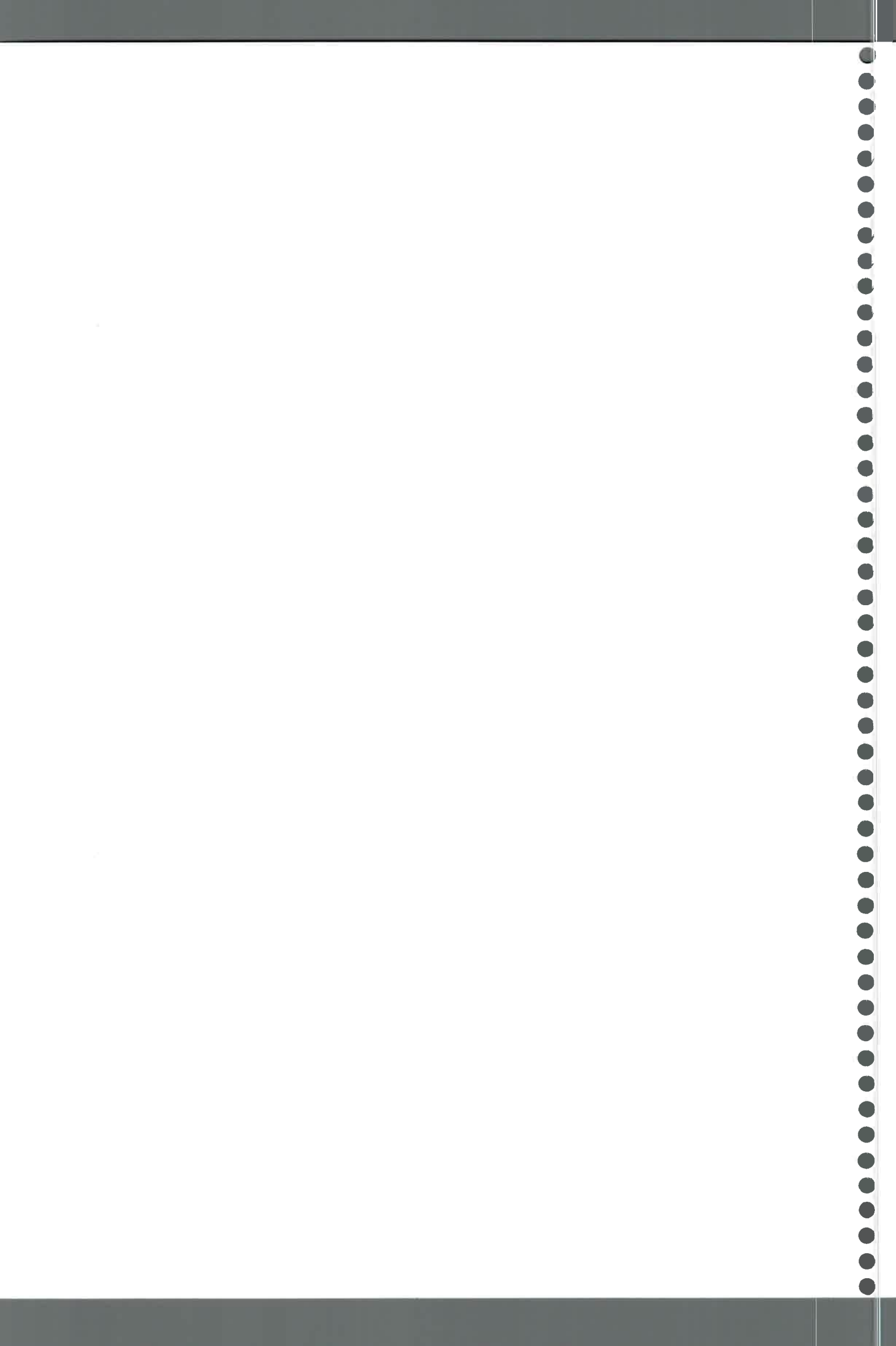
genera compactación del suelo con reducción de la velocidad de infiltración e incremento del escurrimiento (Busby y Gifford, 1981; Nearing *et al.*, 1990; Liebigh *et al.*, 1993; Chagas *et al.*, 1994; Holt *et al.*, 1996).

Por otra parte, en el último evento del ciclo 2001-2002 se registra un bajo escurrimiento que estaría vinculado principalmente a la cobertura vegetal (75%) y a la protección del suelo por la presencia de malezas y residuo seco (por observación visual). Esto habría sido muy eficiente para retardar la velocidad del flujo y favorecer la infiltración, frente a un evento de alto volumen de precipitación (135mm) de gran duración (70 horas) y compuesto por varias tormentas en orden decreciente de intensidades. El rastrojo fue indicado como un efecto importante para incrementar la infiltración (Bradford y Huang, 1994). En Argiudoles de la región pampeana bajo SD se ha reportado una mayor infiltración y menor escurrimiento en tratamientos con buena cobertura (De la Vega *et al.*, 2004).

5.4.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003

➤ Pérdida de suelo

La mayor pérdida media de suelo por erosión hídrica laminar en el ciclo se presenta en la loma media y baja ($p > 0,05$) mientras la menor en la loma plana y alta. El ciclo se inició con un evento de 101mm constituido principalmente por tres tormentas. La primera se produce a 2h de comenzada la precipitación (volumen=62,8mm) y 24h después se produce la segunda (volumen=29mm) de menor intensidad ($54,4\text{mmh}^{-1}$), para finalizar con una tormenta de muy bajo volumen e intensidad ($I_{\text{máx}}=16,8\text{mmh}^{-1}$). Con una cobertura de soja del 4% se registró significativamente la mayor pérdida de suelo en la loma media y la menor en la loma plana y alta ($p > 0,05$). El segundo evento constituido por una sola tormenta (volumen=35mm) alcanzó su máxima intensidad ($63,2\text{mmh}^{-1}$) a los 30 minutos hasta finalizar asintóticamente. La mayor pérdida de suelo del evento la presentó significativamente la loma media y baja con una cobertura del 5%. En el tercer evento, con cobertura del 75%, y constituido por una sola tormenta con precipitación de 23,4 mm e intensidad

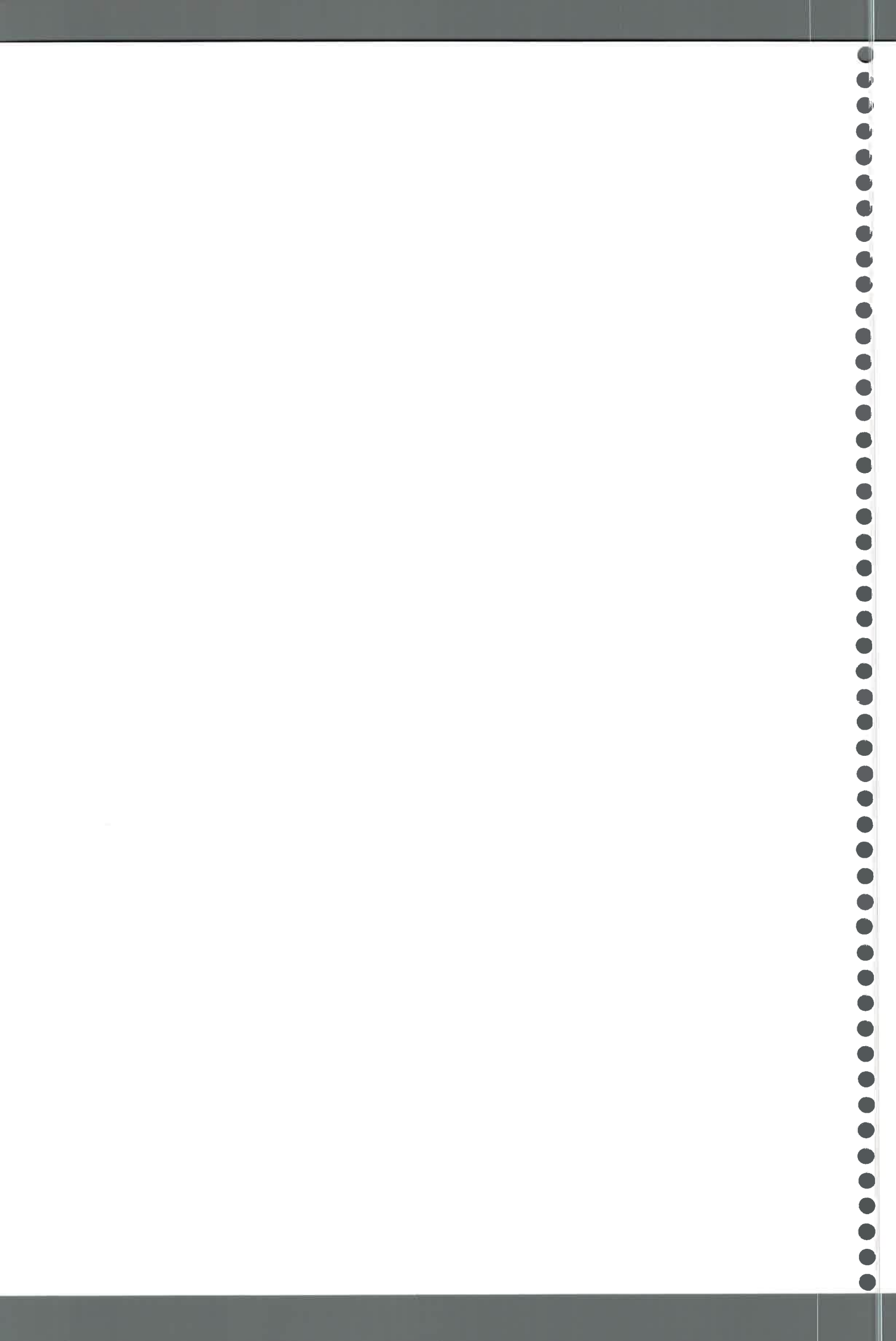


máxima ($40,8\text{mmh}^{-1}$), se observó el nivel más alto de pérdida en la loma plana y baja ($p>0,05$), y menor en las otras secciones. En el último evento del ciclo con la máxima cobertura (85%) y compuesto por una única tormenta de 31mm de precipitación e intensidad máxima de 52mmh^{-1} alcanzada a los 15 minutos de comenzado el evento, se registró significativamente la mayor pérdida de suelo en la loma media.

Las pérdidas de suelo en el primer evento, se asociarían al impacto de las gotas de lluvias sobre la superficie con baja cobertura vegetal que habría provocado la desagregación de los agregados, principalmente aquellos de 0,5 a 0,1mm de diámetro, dejando material para ser removido por el flujo e incrementado con ello la pérdida de suelo (Truman *et al.*, 2001). Esto lo confirmaría la relación positiva de los agregados menores con la pérdida de suelo.

En el segundo evento con una precipitación de menor agresividad que el primero, las pérdidas de suelo fue aproximadamente la mitad en relación con el evento anterior. Posiblemente, la mayor pérdida en la loma media y baja en los dos eventos haya estado potenciada por la pendiente que favoreció el arrastre por escurrimiento (Kirkby, 1969). Las diferencias en los niveles de pérdidas se deberían a cambios en el gradiente de la pendiente entre la loma baja y el pie de loma (1,8 a 1%) lo que habría determinado que en la loma baja al perder velocidad el flujo se produjera sedimentación parcial antes de llegar al colector (observación visual).

Las pérdidas en la pendiente en el tercer evento son ligeramente mayores a las del segundo, aun con alta cobertura, por lo que, el impacto sobre la superficie fue suficiente ($r=-0,50$, $p>0,05$), generando la disgregación de los agregados y la puesta en movimiento de los mismos por el flujo, aun con baja precipitación. De acuerdo a lo señalado, por observación de campo, con una precipitación de 15mm se produce erosión, coincidiendo con otros autores (Sirvent *et al.*, 1992, 1993) que además reseñan que se incrementa la pérdida



de suelo cuando las intensidades se acercan a 50mmh^{-1} . La mayor pérdida en la loma plana y baja estaría asociada a un menor gradiente que favorecería una baja velocidad de flujo y el arrastre de material a distancias más cortas. Las menores pérdidas en la loma alta y media, posiblemente, se debieron a la menor densidad aparente que favoreció el incremento de la infiltración aun con una mayor pendiente, como así también; a cambios locales de la rugosidad superficial por acción de la lluvia natural (Peleretegui *et al.*, 2003) que habría provocado una disminución de la velocidad del flujo e impedido el arrastre de material en estas secciones.

Las menores pérdidas de suelo en el cuarto evento se asociarían a la interceptación de la precipitación por la alta cobertura vegetal que habría favorecido la infiltración con disminución de la velocidad del flujo y la pérdida de suelo. Esto coincide con lo reportado por otros autores en investigaciones realizadas en siembra directa bajo diferentes coberturas (Bradford y Huang, 1994; Sanzano *et al.*, 2000; De la Vega *et al.*, 2004).

➤ **Escurrimiento**

La loma media y baja registraron el mayor escurrimiento medio y la menor en la loma alta en la pendiente. En el primer y segundo evento los escurrimientos estuvieron relacionados a la compactación superficial, como así también, a la formación de sello durante el desarrollo de las precipitaciones que propendieron a una menor infiltración y con ello al incremento del escurrimiento (Le Bissonnais y Singer, 1993; Saoane y van Ouwerkerk, 1994) coincidiendo con una muy escasa cobertura del suelo. En el primer evento los menores escurrimientos en la loma alta y media posiblemente estuvieron asociados a un mayor espesor de la lámina de agua con un régimen del flujo de laminar a turbulento lo que frecuentemente se produce como consecuencia de turbulencias (transitorias o alteradas) asociadas al flujo por impacto de la gota de lluvia (Morgan, 1997). Esto habría facilitado la dispersión de agua en la pendiente y la recolección de un volumen inferior. En investigaciones de hidrología superficial donde se utilizaron colectores para las mediciones de



escurrimiento y pérdida de suelo se reportan limitaciones en la recolección en precipitaciones extraordinarias (Schnabel, 1997; Schnabel *et al.*, 1999). En el segundo evento la distribución del escurrimiento en la pendiente estaría controlada por la magnitud y la forma de la pendiente.

En el tercer y cuarto evento si bien la cobertura de la soja fue alta, el escurrimiento estaría vinculado a la compactación superficial (Nearing *et al.*, 1990; Liebig *et al.*, 1993; Holt *et al.*, 1996) y al tipo de tormenta. En el primero de ellos, el mayor escurrimiento en la loma plana, como ya se mencionó en el análisis de las pérdidas de suelo, se debería al menor gradiente que favoreció una mayor concentración y el incremento del espesor del flujo laminar. El cuarto evento esta compuesto por una sola tormenta de moderado volumen con un ascenso y descenso abrupto resuelta con dos intensidades en 30 minutos. El escurrimiento fue acumulativo a lo largo de la pendiente hasta la loma media alcanzando el máximo valor. El cambio del gradiente entre la loma media y baja produjo una disminución de la velocidad del flujo y la dispersión del escurrimiento.

5.4.2.5. Relación entre la pérdida de suelo y el escurrimiento

En la pendiente El Vertedero se verificó solamente una buena correlación positiva y significativa entre la pérdida de suelo y el escurrimiento en el ciclo 2000-2001, mientras que muy baja y marginalmente significativa en los ciclos 1999-2000 y 2002-2003. En el ciclo 2000-2001 la cobertura vegetal habría actuado interceptando la energía del impacto de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo y con ello regulado la pérdida de suelo, como así también, el escurrimiento por incremento en el tiempo de inicio del mismo. Esto coincide con lo señalado por Albert y Neibiling (1994) en el efecto de cobertura y los residuos de cultivo sobre la erosión y el escurrimiento.

En los demás ciclos el proceso de erosión y escurrimiento de la pendiente estuvo controlado por una multiplicidad de factores que interactuaron entre sí. En la pendiente el proceso estuvo regulado por un agente externo muy



importante como la precipitación y los diferentes tipos de tormentas (Nearing *et al.*, 1990), y agentes internos, como la condición superficial con una alta compactación acumulativa y estabilidad de agregados, en combinación con la cobertura vegetal, a través de los diferentes estados fenológicos del cultivo y los niveles de pastoreo (Thurow *et al.*, 1988) a lo largo de los diferentes gradientes.

5.5. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS POR EROSION HIDRICA Y TASA DE ENRIQUECIMIENTO

La composición granulométrica de los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar, en los diferentes tratamientos de las pendientes Pozo del Carril y El Vertedero, en todos los ciclos evaluados presenta un amplio dominio de la fracción arena muy fina y menores contenidos y en forma decreciente limo, arcilla, arena fina y arena media. Esto estaría vinculado a una distribución semejante de estas fracciones en el suelo como lo indica la granulometría de los mismos (ítem 4.4.1. y 4.4.2.). En todos los eventos evaluados se registró la presencia en los sedimentos de la composición granulométrica señalada anteriormente y de carbono orgánico.

Es de destacar que la distribución de los componentes analizados en los sedimentos recolectados en los diferentes tratamientos de la pendiente Pozo del Carril presenta una gran dispersión. Esto podría deberse a la multiplicidad de las variables intervinientes en el proceso de erosión en ésta pendiente, tales como el clima, la vegetación, las características del suelo, los sistemas de labranzas utilizados y los diferentes tratamientos considerados en cada uno. Las variables incluidas en cada sistema de labranza determinaron el comportamiento de otras variables, como las del suelo, la rugosidad superficial, la humedad antecedente y la cobertura vegetal, que a su vez condicionaron el efecto del impacto de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo. Además, esto determina el espesor de la lamina de flujo, lo que afecta a su vez, la movilidad y transporte de las partículas. Las interrelaciones de estos factores han dificultado el análisis estadístico de los sedimentos recolectados, que aun



efectuando un análisis multivariado, no se pudieron encontrar relaciones estadísticas válidas. En El Vertedero las variables intervinientes son menores por tratarse de una pendiente con el mismo sistema de labranza e igual vegetación a lo largo de las diferentes secciones, por lo que las interacciones con otras variables como la pendiente, el clima, la condición superficial, entre otras, resultaron menos complejas. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de las ANOVAS, correlaciones y observación de campo se han analizado los sedimentos producidos por erosión laminar por ciclo.

En la primera etapa de la evaluación del sedimento recolectado siempre se observó la presencia de pequeños agregados, por lo cual, es posible que una proporción sustancial del material se haya desprendido y movilizado como agregado. En una investigación realizada por Martínez-Mena *et al.* (1999) sobre la distribución del tamaño de partícula bajo precipitación natural en un ambiente semiárido, estos autores señalaron que la distribución de tamaño efectiva fue más gruesa que la distribución de tamaño de partícula del sedimento debido a que este fue transportado en forma de agregado en el 70% de los eventos en un suelo disturbado y en un 100% en una situación natural.

5.5.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

5.5.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001

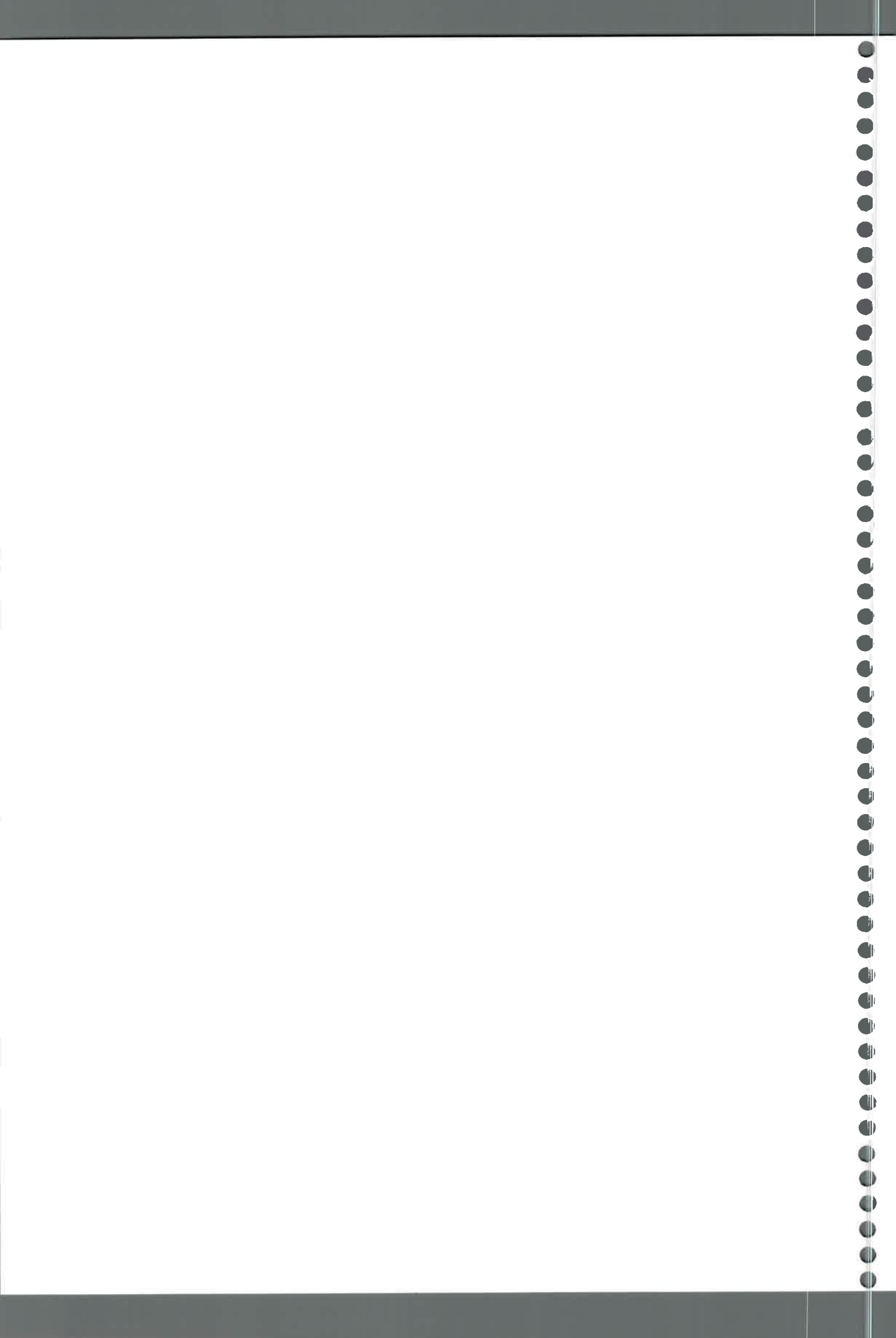
En los sedimentos recolectados en el primer evento del ciclo las mayores pérdidas de carbono orgánico registradas en SD sin fertilización y la LR/SF/SP podrían atribuirse a la menor cobertura de girasol. Esta no habría sido suficiente para impedir la movilización de carbono orgánico y principalmente de la fracción más lábil y de baja densidad, en un evento de larga duración y compuesto por varias tormentas. Es importante señalar que en siembra directa y en menor grado en la labranza reducida se produce estratificación del carbono en el horizonte superior (Chagas *et al.*, 1995; Galantini *et al.*, 2004; Musso *et al.*, 2004) con lo cual este estaría disponible para ser movilizado por el flujo. En la SD/SF/SP existió una relación positiva aunque marginalmente significativa, entre el carbono orgánico del sedimento y



la cobertura vegetal que indicaría la importancia de las características del evento en la movilización del carbono (Avnimelech y McHenry, 1984). En la SD/SF/SP se observó una asociación positiva y significativa entre carbono y arcilla, y altamente significativa entre limo y arcilla. Esta última asociación también se observó en la SD/SF/CP y LR/SF/SP. En estos tratamientos se esperaría que el carbono se haya desplazado en forma individual o como pequeños agregados asociado a la arcilla y limo (Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004) principalmente en la SD/SF/SP.

Por otra parte, la menor pérdida de carbono en la LR con fertilización en el primer evento estaría asociada principalmente a la alta cobertura que habría amortiguado el impacto de la gota de lluvia en una superficie con mayor rugosidad favoreciendo una menor movilidad. Mientras que en el caso de la LC/SF/SP el menor contenido de CO encontrado en los sedimentos, posiblemente, se vincularía al bajo contenido del mismo en el suelo en este ciclo, debido a las características de la labranza que favorecen la acumulación subsuperficial asociada a la materia mineral. Musso *et al.* (2004, 2006) en un estudio efectuado en esta pendiente señalan que el CO en la LC/SF/SP aumenta con la profundidad.

La mayor pérdida de arena muy fina en la SD con fertilización, LR/CF/SP y LR/SF/CP posiblemente este asociada a las características del primer evento. En la segunda parte del evento cuando se produjo el mayor volumen e intensidad de la tormenta, en coincidencia con un horizonte superficial con humedad antecedente, se habría incrementado el escurrimiento favoreciendo la movilización de las partículas mayores y agregados del suelo como carga de fondo y en menor proporción las partículas más finas en suspensión (Morgan, 1997). Las relaciones inversas y significativas entre la arena muy fina con el limo y la arcilla indicarían este comportamiento, como así también, las asociaciones positivas entre arcilla y limo que permitirían manifestar que la mayoría de los materiales se habrían movilizadado en forma conjunta (Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004).



En los sedimentos recolectados en la labranza convencional la arena muy fina presenta los menores valores esto estaría vinculado a la proporción de esta fracción en el horizonte superficial y a la capacidad de transporte del flujo superficial, asociada principalmente esta última a las características del evento, a la baja cobertura y la condición superficial. La alta relación negativa y significativa entre la arena muy fina-limo y arena muy fina-arcilla, como así también, la asociación alta e inversamente significativa entre el limo y arcilla con el escurrimiento, indicarían que estas partículas se movilizarían en forma selectiva (Albert y Moldenhauer, 1981; Govers, 1985) como partículas individuales y pequeños agregados (Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004). En períodos con mayor capacidad de transporte del flujo y controlado por la rugosidad de la superficie, se habría producido la movilización como carga de fondo, las partículas mayores y los pequeños agregados liberados por salpicadura, dependiendo de la disponibilidad y del estado de agregación. Mientras que, los sedimentos más pequeños procedentes del desprendimiento por el flujo como carga en suspensión (Kinnel, 1990). A esto último se sumarían aquellas partículas generadas principalmente por la rotura de los agregados durante el transporte (Stoltenberg y White, 1953; Albert y Moldenhauer, 1981).

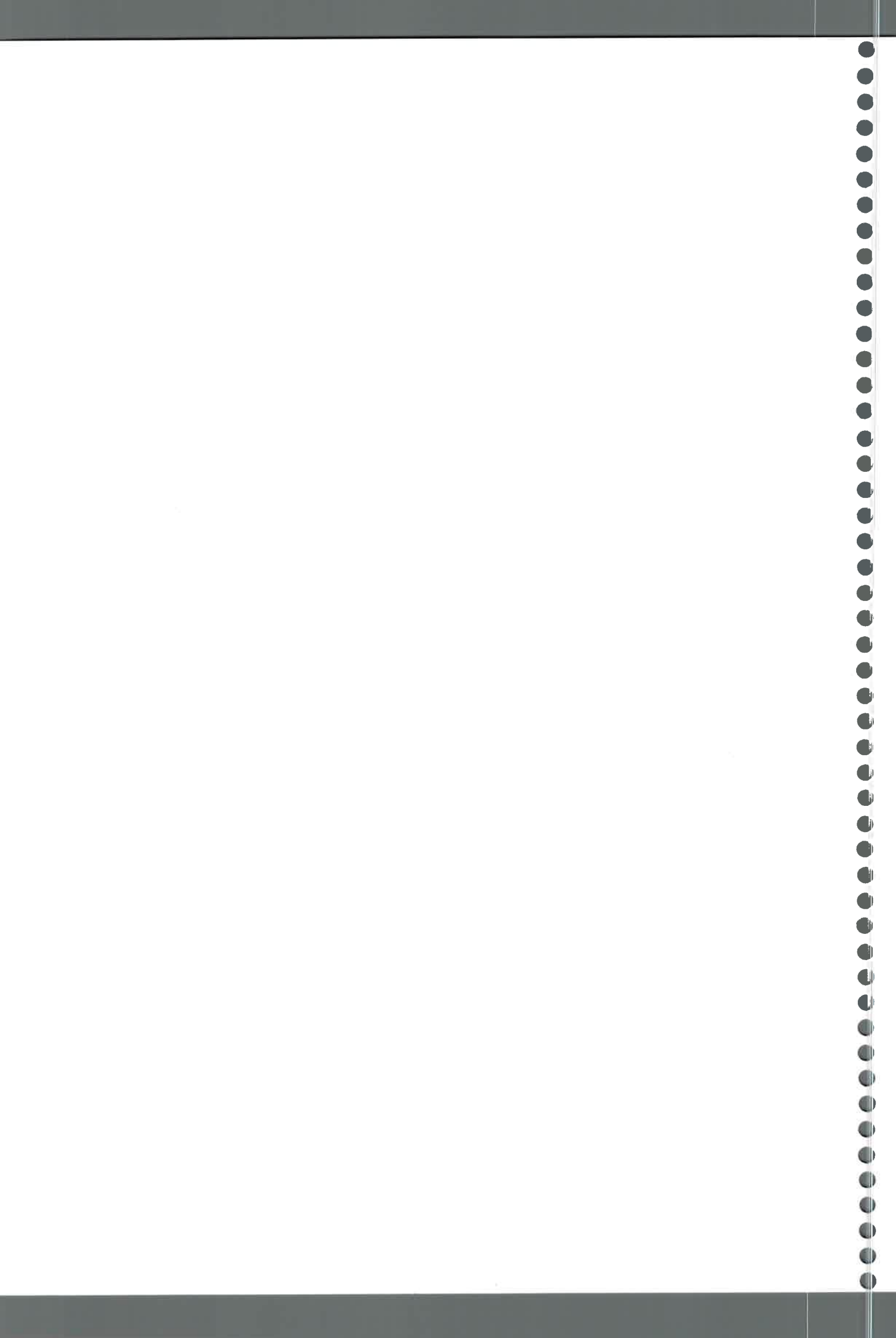
La mayoría de los tratamientos en el segundo evento del ciclo muestran proporciones significativas de carbono orgánico en los sedimentos recolectados. Esto estaría asociado principalmente a la disponibilidad del CO en el suelo ya que en aquellos tratamientos en los cuales hay una menor proporción en el suelo la recolección fue menor y viceversa. Mathan y Kannan (1993) indican que la pérdida de nutrientes esta directamente relacionada con la concentración inicial en el suelo de origen de los mismos, la precipitación, y el escurrimiento. Por otra parte, la menor cobertura, respecto al primer evento con una tormenta de muy corta duración aunque con un volumen importante e intensidad al pico muy baja no habría sido suficiente para amortiguar el impacto por salpicadura y con ello contribuido a través del escurrimiento a la puesta en movimiento de los componentes orgánicos. La presencia de una buena



cobertura vegetal reduce la velocidad del escurrimiento y disminuye la pérdida de sedimentos (Meyer *et al.*, 1995) y nutrientes (Lee *et al.*, 2001).

En el segundo evento la mayoría de los tratamientos de la LR muestran mayor proporción de arena muy fina mientras que menores cantidades de limo en los no pastoreados y de arcilla en los pastoreados. Las características en la primera etapa de la tormenta, en coincidencia con una menor cobertura, habrían producido un flujo con energía suficiente para la movilización de las partículas más grandes y agregados como carga de fondo, y en suspensión los agregados más pequeños y partículas. Esto estaría evidenciado por las altas correlaciones negativas y significativas de la arena muy fina con limo y arcilla, y por otra parte, las relaciones positivas entre limo y arcilla. En general la distribución de los agregados estables al agua en este sistema indicaría que en la medida que se desarrolla el evento se desintegrarían los mismos dejando disponible principalmente agregados entre 2 y 0,1mm y en menor proporción entre 0,1-0,074mm para ser movilizados por el flujo, e inclusive estos podrían sufrir destrucción durante el transporte en el flujo. Con lo cual la destrucción de los agregados más grandes generaría posiblemente liberación de las partículas tamaño arena muy fina y en menor proporción las partículas más finas. Foster *et al.* (1985) en un estudio sobre la composición del sedimento erosionado encontraron que la concentración de partículas tamaño arena en los sedimentos era mayor al comienzo del muestreo debido principalmente a la capacidad de transporte del flujo.

En la labranza convencional sin pastoreo las menores pérdidas de arena muy fina y mayores de limo y arcilla se deberían posiblemente a la mayor rugosidad superficial del sistema de labranza, que en la primera etapa de la tormenta impidió un fuerte escurrimiento y recién al alcanzar un espesor suficiente se movilaron las partículas mayores y los agregados. Estos últimos estarían compuestos principalmente por limo y arcilla, aunque también podrían estar constituidos por arena muy fina, ya que es uno de los constituyentes más importantes de estos suelos. Por otro lado, la estabilidad de agregados en



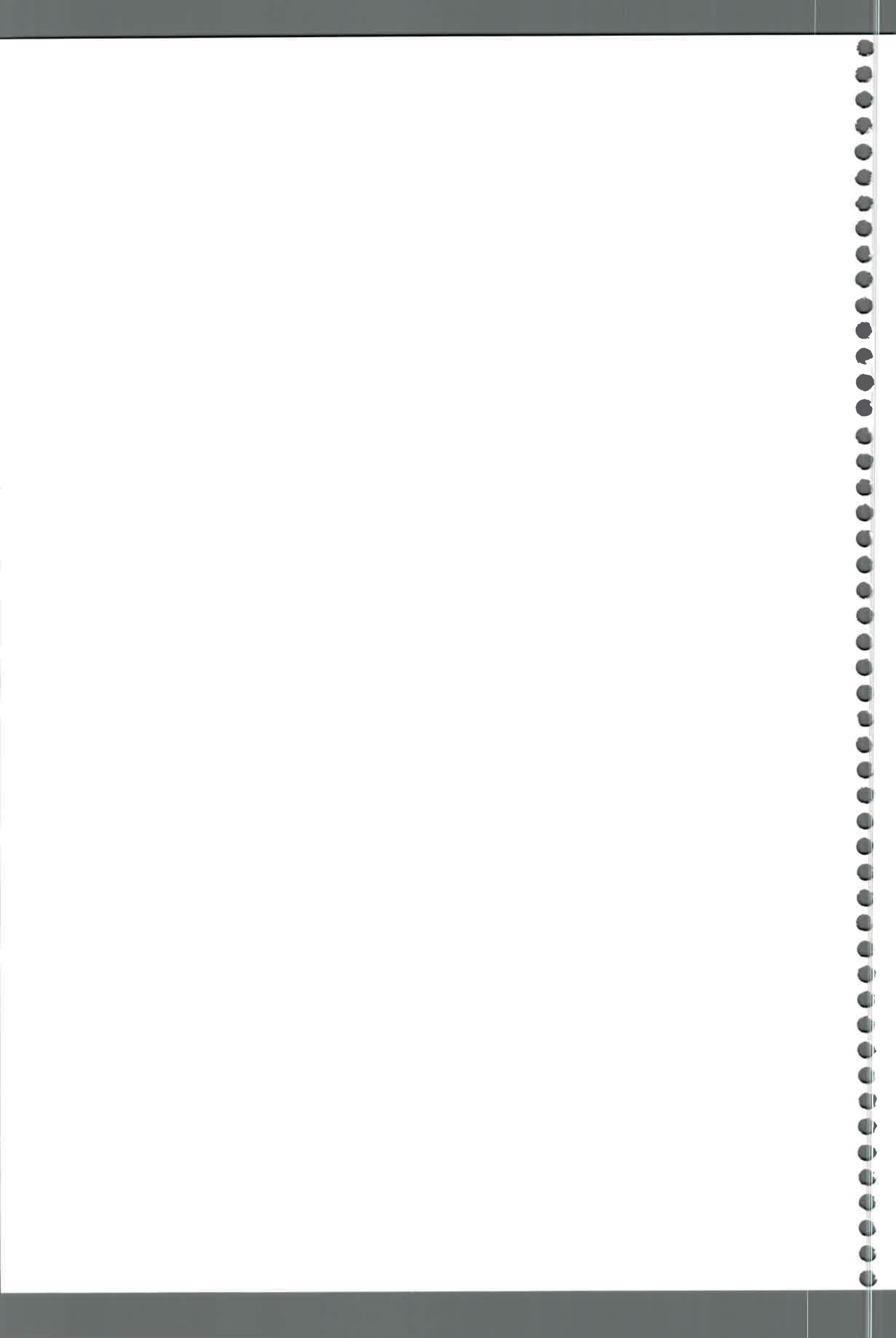
estos tratamientos con una distribución muy similar entre los diferentes tamaños, donde se distingue una mayor proporción de los agregados entre 0,5-0,1mm, indicaría que en general tienden a quedar como pequeños agregados frente al impacto de la gota de lluvia. Además, estos agregados más finos de acuerdo a lo observado por Tisdall y Oades (1982) estarían compuestos por partículas primarias asociadas a la fracción de la materia orgánica más estable, con lo cual se esperaría una mayor resistencia a sufrir desintegración y desprender sus partículas.

En el tercer evento las mayores concentraciones de carbono orgánico en los sedimentos de la SD/SF/CP, LC/CF/SP y LR/SF/CP posiblemente estén vinculadas a la combinación de una baja cobertura y al impacto de las gotas de lluvias de la primera tormenta erosiva aun con baja intensidad pero con una superficie con humedad antecedente. Esto habría favorecido la disgregación de los agregados liberando el componente orgánico y las partículas minerales. En la SD y LR sin fertilización y con pastoreo la mayor concentración de arena muy fina y de carbono orgánico, respecto a los demás tratamientos de ambos sistemas podría asociarse a que en estos tratamientos habría agregados donde participan la arena muy fina y el carbono, aunque no hay correlación estadística. Mientras que en la LC/CF/SP se produce la menor pérdida de arena muy fina y la mayor proporción de CO, limo y arcilla. Las altas correlaciones y significativas entre CO-limo y limo-arcilla indicarían que estos últimos componentes estarían asociados como agregados muy pequeños y migrarían conjuntamente (Becker *et al.*, 2004). En la SD/SF/CP la relación inversa y marginalmente significativa entre CO y la intensidad de las precipitaciones indicaría que en este tratamiento la pérdida de carbono orgánico ocurriría aun con precipitaciones de baja intensidad. Por otra parte, en este tratamiento se ha encontrado una asociación negativa entre el contenido de CO de los sedimentos y el volumen de material perdido por erosión. Esto coincide con lo reportado en investigaciones realizadas por otros autores sobre la evaluación de los sedimentos en diferentes partes del mundo (Barrow y Kilmer, 1963; Avnimelech y McHenry, 1984; Adema *et al.*, 2001).



En el último evento del ciclo con una cobertura de girasol muy baja en todos los tratamientos, y frente a una precipitación con alto volumen e intensidad, los tratamientos muestran una pérdida importante de carbono orgánico con niveles muy relevantes en la SD/CF/SP y la LR/SF/SP. En estos tratamientos posiblemente la mayor concentración estuvo relacionada a la labilidad del CO que habría favorecido la movilización por el escurrimiento. Probablemente en la primera etapa del evento se ha producido, un incremento paulatino del espesor del flujo que en la segunda tormenta determinó la movilización de las partículas más gruesas y de agregados como carga de fondo, y dentro del flujo los agregados más pequeños y las partículas individuales en suspensión. Adema *et al.* (2001) señalan que en ausencia de cobertura vegetal y con precipitaciones de alta intensidad se incrementó notablemente la pérdida de sedimentos, como así también, una relación inversa entre la pérdida de nutrientes con el porcentaje de cobertura.

En este ciclo se observa que en el primer evento la cobertura vegetal habría reducido en parte la pérdida de carbono orgánico en la mayoría de los tratamientos en un evento de alta duración, volumen y compuesto por varias tormentas. Sin embargo, se produce una tasa de enriquecimiento (TE) de CO en la SD, LR/SF/SP; LC/CF/SP y la LC con pastoreo, siendo el más relevante la SD/SF/CP donde el contenido fue casi una vez y media mayor respecto al suelo. El enriquecimiento en la SD/SF/CP coincide con lo observado por Becker *et al.* (2006) en otros sitios con este tratamiento en el área de estudio. Mientras que en el último evento con una muy baja cobertura y un volumen similar al primer evento con menor intensidad y duración, todos los tratamientos muestran un incremento de las pérdidas de CO y una tasa de enriquecimiento positiva en los sedimentos, donde la tasa en la SD/CF/SP se duplica. Por otra parte, en el segundo y tercer evento compuesto por una sola tormenta y coberturas medias a bajas respectivamente, se producen las mayores pérdidas de CO en la mayoría de los tratamientos. En el segundo evento se destacan la tasa de enriquecimiento en la SD/SF/CP donde se triplica y en la SD/CF/CP, LR/SF/SP y LC/CF/SP se duplica. En el tercer evento la TE de CO se triplica en



la LC/CF/SP y se duplica en la SD/SF/CP. En todos los tratamientos de estos dos eventos, excepto en la SD/SF/SP en el segundo, se produjo una tasa de enriquecimiento positiva de CO. La tasa negativa en la SD/SF/SP podría estar vinculada principalmente a su menor concentración en el suelo como fuera señalado por Mathan y Kannan (1993).

En el ciclo 2000-2001 el carbono orgánico se incrementó en los sedimentos recolectados por erosión hídrica laminar en todos los tratamientos analizados, mostrando altas tasas de enriquecimiento como se observó en la SD/CF/SP (1,75) y LC/CF/SP (1,93) llegando en la SD/SF/CP a duplicarse su concentración promedio respecto al horizonte superficial del suelo (2,2). Estos niveles de enriquecimiento coinciden con los obtenidos por Adema *et al.* (2001) en Haplustoles bajo vegetación natural del Caldenal pampeano. Asimismo, Santanatoglia *et al.* (1996) en un estudio sobre las características de los sedimentos producidos por erosión hídrica en una microcuenca del Arroyo del Tala (Provincia de Buenos Aires) encontraron un enriquecimiento significativo de carbono orgánico de respecto a los suelos.

En este ciclo la arena muy fina, fracción ampliamente dominante en los sedimentos recolectados, muestra enriquecimiento en la mayoría de los tratamientos, aunque nunca llega a duplicar su valor respecto al suelo. Esto estaría relacionado principalmente a la proporción dominante en el suelo de esta fracción con lo cual estaría disponible para ser movilizado por el flujo en el proceso de erosión. Sin embargo, el desprendimiento y movilización se produciría en periodos en los cuales el flujo presenta suficiente energía para el transporte de las partículas individuales o formando parte de los agregados. Foster *et al.* (1985) en un ensayo de laboratorio señalan que la mayor concentración de las fracciones más gruesas se produce al comienzo de la lluvia. En parte se coincide con estos autores principalmente en aquellas lluvias naturales con alto volumen e intensidad al comienzo del evento. En eventos donde los mayores volúmenes e intensidades se producen en cualquier otra etapa, el flujo para transportar el material se produciría en ese momento

dependiendo de las características superficiales del suelo y de la cobertura vegetal.

El limo solo presenta enriquecimiento positivo en el sedimento recolectado en la SD/CF/SP, LR/SF/SP, LC/CF/SP en los tres primeros eventos del ciclo, mientras que en el último en la LR/SF/SP, LR/CF/CP y la LC/CF/SP. En todo el ciclo, la tasa de enriquecimiento de limo es positiva solo en LR/SF/SP, LR/CF/CP y la LC/CF/SP. Por otro lado, la arcilla muestra enriquecimiento en los sedimentos recolectados en la SD/SF/CP, LC/CF/SP y LC/SF/CP en la mayoría de los eventos y como promedio del ciclo. Es importante destacar que en la arcilla sólo se duplica el enriquecimiento en el cuarto evento en la LC/SF/CP. La tasa de enriquecimiento de arcilla y limo señalaría que el aporte de estas fracciones más finas a los sedimentos erosionados es menor y podría asociarse a una tasa de enriquecimiento negativo de estas fracciones en el suelo debido a la muy baja reposición por procesos de rejuvenecimiento del horizonte superficial (Becker, 1987).

5.5.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002

La alta concentración de carbono orgánico en los sedimentos en el primer evento de la SD, LR y LC con fertilización y sin pastoreo, siendo más relevante en la SD/CF/SP, podrían asociarse a la baja cobertura que no fue suficiente para impedir el impacto de la gota de lluvia y la movilización del componente orgánico en tratamientos que presentan en el suelo los mayores porcentajes. En la SD/CF/SP el importante registro en los sedimentos se debería asociar a la estratificación de la materia orgánica en el horizonte superficial (Chagas *et al.*, 1995; Buschiazzo y Panigatti, 1996; Galantini *et al.*, 2004; Musso *et al.*, 2004, 2006) en el cual la mayor parte de la materia orgánica tiene un corto ciclado y no está protegida por las partículas minerales (Gregorich, 1996). El impacto de las gotas provocaría la movilización del CO y su enriquecimiento en los sedimentos. Por otro lado, las menores pérdidas registradas en la LC con pastoreo y la LC/SF/SP estarían vinculadas a la baja disponibilidad del CO en el suelo en este ciclo.



En este evento los sedimentos presentan una importante tasa de enriquecimiento de CO en la SD, LR/CF/SP, y LC sin pastoreo en los sedimentos recogidos. Sin embargo, es relevante en la SD/CF/SP ya que en este tratamiento se quintuplicó en los sedimentos su concentración respecto al contenido en el suelo, mientras que, en la LC/CF/SP casi se cuadruplicó y en la LR/CF/SP se triplicó. Numerosos autores entre los que destacan Massey (1956), Barrow y Kilmer (1963), Avnimelech y McHenry (1984), Sharpley (1985) señalan que los sedimentos erosionados contienen mayor proporción de materia orgánica que la presente en el suelo de donde provienen.

En la mayoría de los tratamientos en el primer evento se observa una importante concentración de la arena muy fina. Esto posiblemente estuvo muy relacionado a la baja cobertura vegetal y la condición superficial con humedad antecedente que habrían regulado el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento. El flujo habría alcanzado el espesor suficiente durante el desarrollo de la primera tormenta, con un alto volumen e intensidad, para movilizar las partículas más gruesas y los agregados como carga de fondo, mientras que los tamaños más finos como carga en suspensión dentro del flujo (Kinnel, 1990). En la medida que el espesor del flujo disminuyó y había sedimento en suspensión, las partículas gruesas y una alta proporción de agregados se habrían movilizadado como carga sobre el lecho (Morgan, 1997). Los menores contenidos de arcillas, excepto en la SD/CF/SP, LR/CF/SP, LC sin pastoreo, indicarían que parte de ella habría migrado asociada al limo como lo indica la asociación positiva y muy significativa entre ellas. Además, la relación positiva ($p < 0,0001$) entre carbono orgánico y limo sugeriría la movilización conjunta como agregados. Aunque no se encontrara relación estadística entre carbono orgánico y arcilla no se debería desechar esta asociación en la conformación de los pequeños agregados. Numerosos autores (Albert y Moldenhauer, 1981; Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004) indican que la mayoría de los sedimentos se mueven en forma de agregados en el flujo. Por otra parte, los menores contenidos de arena muy fina en la SD/CF/SP, LR/CF/SP, LC sin pastoreo, podrían asociarse a la presencia de

agregados compuestos principalmente arcilla-limo-carbono orgánico con escasa participación de la fracción más gruesa.

En el segundo evento los mayores registros de CO en los sedimentos de la SD sin pastoreo y en la LR/CF/SP se podrían vincular al evento de alto volumen, aunque de baja intensidad, que aun con mayor cobertura vegetal, al impactar sobre una superficie compactada habría provocado la movilización del componente en sistemas con estratificación de CO (Chagas *et al.*, 1995; Buschiazzi y Panigatti, 1996; Musso *et al.*, 2004, 2006). En este evento todos los tratamientos muestran una tasa de enriquecimiento positiva, aunque se destaca la SD/CF/SP donde el valor se cuadruplicó respecto a la concentración en el suelo.

La mayor cobertura del cultivo de maíz en el segundo evento no habría sido suficiente en la mayoría de los tratamientos para amortiguar el impacto de la gota de lluvia y retardar la movilización de sedimentos. La cobertura vegetal de acuerdo a sus características y la intensidad del pastoreo puede provocar cambios estacionales en las pérdidas de sedimentos como fuera señalada por Wood *et al.* (1986). Sin embargo, se observan importantes concentraciones de arena muy fina como en el primer evento en los tratamientos pastoreados. La superficie en estos tratamientos presenta una fina lámina de materiales sueltos con un predominio de arena muy fina (por observación visual). En un evento de gran volumen, aunque compuesto por varias tormentas de baja intensidad, se habría generado una delgada capa de flujo suficiente para movilizar en la primera parte de la tormenta, como carga de fondo, las partículas más grandes y agregados. Posiblemente estos últimos estarían compuestos principalmente por arcilla y limo con participación de arena muy fina y carbono orgánico. En la medida que se incrementa el volumen de la tormenta se habrían incorporado a la lámina los sedimentos provenientes del desprendimiento por el flujo como carga en suspensión (Kinnel, 1990), aunque es probable que las arenas muy finas próximas al colector hayan llegado como carga de fondo. Los menores valores de arena muy finas en la mayoría de los sistemas sin pastoreo se



deberían a la menor participación de esta fracción en la conformación de agregados, como así también, a la condición superficial que habría interrelacionado en el desprendimiento y movilización de las partículas y agregados.

En el tercer evento, en la mayoría de los tratamientos de la SD, es relevante la concentración de carbono orgánico en el sedimento recolectado por el proceso de erosión laminar, en un evento de bajo volumen. La siembra directa conlleva a una renovación anual muy alta del carbono orgánico, en las formas más lábiles y en los primeros centímetros del suelo (Galantini *et al.*, 2004), con lo cual no habría tiempo suficiente para la maduración y la asociación con el material mineral. Por ello, el carbono orgánico quedaría disponible para ser movilizado junto con los nutrientes asociados, aun con altas coberturas y frente a un evento como el presente. Un aspecto importante es la tasa de enriquecimiento positiva de carbono orgánico que presentan la mayoría de los tratamientos. Siendo esta muy alta en la SD con fertilización donde se septuplica y en la SD/SF/CP donde se quintuplica. En el ámbito internacional y nacional se ha señalado una tasa de enriquecimiento positiva de CO en los sedimentos producidos por erosión hídrica (Avnimelech y McHenry, 1984; Sharpley, 1985; Santanatoglia *et al.* 1995; Adema *et al.* 2001; Rienzi y Grattone, 2002; Schiettecatte *et al.* 2002; Becker *et al.* 2004, 2006), los valores registrados en la mayoría de los tratamientos de la SD en esta investigación superan ampliamente las tasas indicadas por estos autores.

En el tercer evento, la baja capacidad del flujo por el escaso volumen de la lamina de lluvia y la alta cobertura de maíz en la mayoría de los tratamientos habría sido la responsable de la menor concentración de arena muy fina, siendo esta mucho menor en la SD y en la LC/CF/SP. Posiblemente las mayores concentraciones de arena muy fina en la LR/SF/CP y en la LC/CF/CP estén vinculadas a la baja estabilidad de los agregados que habría provocado una mayor desagregación (Buschiazzo *et al.*, 1995) en combinación con una menor cobertura vegetal. Esto determina una remoción selectiva del material



(Albert y Moldenhauer, 1981; Wan y El Swaify, 1998) asociada a las características del evento (Texeira y Misra, 1987). Las altas correlaciones observadas entre el limo y arcilla indicarían que estos componentes se movilizarían en parte como pequeños agregados (Martínez-Mena *et al.*, 1999).

La mayoría de los materiales recogidos en el último evento registran una alta concentración de CO, siendo relevante en la LC/CF/SP. Esto se podría relacionar a la baja estabilidad estructural ($DMP=0,71$) de este tratamiento que frente al impacto de las gotas de lluvias, aun con cobertura vegetal, no habría sido suficiente para impedir la disgregación y movilización de la materia orgánica del suelo e incrementado su proporción en los sedimentos. Las menores concentraciones en la SD/SF/CP y la LR con pastoreo podrían asociarse a la mayor cantidad de material erosionado en estos tratamientos que presentan, al menos en la SD/SF/CP, una relación inversa y marginalmente significativa con el contenido de carbono orgánico. Adema *et al.* (2001) al evaluar el CO de los sedimentos producidos por erosión hídrica en un Haplustol del Caldenal pampeano señala la relación inversa existente entre el CO y el volumen de sedimentos. La tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en los materiales es positiva en la mayoría de los tratamientos y relevante en la LC/CF/SP donde casi triplicó y en la SD/CF/SP donde se duplicó respecto al nivel en el horizonte superior del suelo.

En el cuarto evento las mayores concentraciones de arena muy fina y menores proporciones relativas de las partículas más finas, estarían relacionadas a las características del evento y al estado de agregación (Texeira y Misra, 1997; Shiettecatte *et al.*, 2002; Rienzi y Grattone, 2002) en combinación con una menor cobertura vegetal, como en la SD/SF/SP, la SD con pastoreo, LR/CF/SP. Esto habría provocado una desagregación y movilización de las partículas y agregados que dependiendo de la capacidad del flujo y de la condición superficial, generaría una remoción selectiva del material durante el transporte (Govers, 1985; Millar y Baharuddin, 1997; Wan y El Swaify, 1998) como así también, una depositación selectiva del sedimento



desprendido (Proffitt y Rose, 1991; Rienzi *et al.*, 2004). En los tratamientos donde hay un incremento en el contenido de partículas finas, esto se vincularía al dominio de agregados menores a 0,5 mm.

En el ciclo 2001-2002 la mayoría de los tratamientos muestran una tasa de enriquecimiento positiva de CO en los sedimentos, llegando en la SD/CF/SP casi a quintuplicarse, en la SD/CF/CP casi a triplicarse, y en la SD/SF/CF; LR/CF/SP y LC/CF/SP a duplicarse. En este ciclo, al igual que en el anterior, se produce en la mayoría de los tratamientos un enriquecimiento positivo de arena muy fina y se relacionaría principalmente a la proporción dominante de esta fracción en el suelo. Por otra parte, el limo sólo presenta enriquecimiento positivo en algunos tratamientos, como por ejemplo, la SD/CF/SP en todos los eventos, la SD/SF/SP, LR/CF/SP y LC/CF/SP en el segundo y tercero, y la LR/CF/SP en el último. Mientras, la arcilla también presenta enriquecimiento positivo en algunos eventos, como en el primero en la SD, LR, LC con fertilización y sin pastoreo, en el tercero la mayoría de los tratamientos de la SD, la LC/CF/SP y LC/SF/CP, y en el último la LC y la SD/SF/CP. Aunque considerando todo el ciclo, solo habría enriquecimiento de limo en los sedimentos recogidos en SD/CF/SP y LR/SF/SP, y de arcilla en la SD/SF/CP y en la mayoría de los tratamientos de la labranza convencional. En general tasas de enriquecimiento relativamente bajas indicarían la disminución en el aporte de estas fracciones más finas a los sedimentos erosionados, y como fuera señalado podría vincularse, por un lado, a la tasa de enriquecimiento negativo que presentan estas fracciones en la mayoría de los suelos de los tratamientos, y a la muy baja reposición por procesos de rejuvenecimiento (Becker, 1987).

5.5.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003

En el primer evento del ciclo la mayoría de los tratamientos muestran alta concentración de carbono orgánico en los sedimentos, con niveles importantes de pérdida en la SD/CF/SP y LR/CF/SP. La combinación de una baja cobertura del cultivo de maíz y las características del evento, gran



volumen, intensidad y duración, habría generado la movilización del componente orgánico. El nivel relevante de CO en la SD/CF/SP y LR/CF/SP podría asociarse a la estratificación de la materia orgánica en el horizonte superficial caracterizada por una alta labilidad de los componentes en estos tratamientos (Musso *et al.*, 2004 y 2006) con lo cual, el impacto de las gotas provocaría la movilización y el enriquecimiento de CO en los sedimentos (Becker y Cantú, 2006). Los menores contenidos en la LC con pastoreo estarían asociados a la baja disponibilidad del CO en el suelo. La tasa de enriquecimiento es positiva en todos los tratamientos, excepto en la LC con pastoreo, cuadruplicándose en la SD/CF/SP y duplicándose en la LR/CF/SP. Este último valor coincidiría con lo observado por otros autores (Adema *et al.* 2001, Rienzi y Grattone, 2002) aunque hasta el momento no se ha encontrado reporte similar a la tasa de enriquecimiento encontrada en la SD/CF/SP.

En este evento los diferentes tamaños de partículas analizados en los sedimentos recolectados por el proceso de erosión laminar en la mayoría de los tratamientos presentan altos contenidos de arena muy fina aunque con una alta dispersión entre ellos. Probablemente, ello se vincularía a las características del evento, donde es relevante la variación de volumen e intensidad de las tormentas, en combinación con la baja cobertura que habría provocado un alto impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie y el desprendimiento material. La energía del impacto de la lluvia, en la medida que se desarrollaban las diferentes tormentas, habría provocado períodos de turbulencia en el flujo, por lo que la mayor parte de la movilización y transporte de los materiales, se habría desarrollado en un flujo transitorio o alterado, fuertemente controlado por la condición superficial, con una escasa selectividad del material recolectado en los diferentes tratamientos.

Bradford *et al.* (1986) en un estudio sobre los procesos de erosión laminar en suelos de textura arenosa a arcillosa indican que la energía del impacto es responsable de la mayoría del material transportado por el flujo laminar. Sin embargo, el proceso de desprendimiento esta influenciado por los



cambios temporales en las propiedades superficiales del suelo durante las sucesivas tormentas con desarrollo de sello como fuera reportado por Bradford *et al.* (1987) bajo lluvia simulada. Bricchi *et al.* (2000) en estudios de laboratorio realizados en estos tratamientos reseña una alta susceptibilidad a la formación de sello en todos los sistemas. Emmett (1990, citado por Morgan, 1997) señala que en el flujo laminar, frecuentemente, como consecuencia de turbulencias ocasionadas en el flujo por el impacto de la lluvia, se produce un flujo transitorio o alterado. Por otra parte, la asociación positiva entre limo-arcilla ($p < 0,0001$) indicaría que una parte de estos componentes se habría movilizado como agregados en el flujo (Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004).

En el segundo evento la mayoría de los tratamientos muestran elevados contenidos de carbono orgánico de los sedimentos recolectados en el proceso de erosión laminar, con valores relevantes en la SD con pastoreo, LR/CF/CP y LC/SF/CP. Las características del evento, constituido por una sola tormenta de alta intensidad y volumen con un tiempo al pico muy pequeño, en coincidencia con una baja cobertura habría favorecido la movilización. Posiblemente, las mayores pérdidas en la SD con pastoreo estarían relacionadas a la degradación superficial de los tratamientos que habrían posibilitado una mayor movilización del componente orgánico. Mientras que en la LR/CF/SP y LC/SF/CP estaría asociada, además, a la estabilidad de agregados (Texeira y Misra, 1997; Shiettecatte *et al.* 2002; Valmis *et al.* 2005).

Las mayores concentraciones de arena muy fina y menores proporciones relativas de las partículas más finas, en todos los tratamientos del segundo evento, excepto en la LR/CF/CP y LC/CF/CP, se podrían asociar a la interacción de la baja cobertura que no habría sido suficiente para amortiguar el impacto de la lluvia y a la condición superficial. En aquellos tratamientos donde dominan los agregados menores a 1mm de diámetro, estos serían más susceptibles a la desagregación y con ello a la mayor movilización como pequeños agregados y partículas. Esto podría explicarse por las relaciones positivas entre los agregados en el rango 1-0,1mm ($p < 0,002$) y marginalmente



significativa entre 0,1-0,074mm, como así también, entre los agregados de 1-0,5mm y la pérdida de suelo ($p < 0,03$). Además, las diferencias observadas en los contenidos granulométricos se podrían deber a cambios en la condición superficial, debido a la formación de sello por impacto de la gota de lluvia, que habría condicionado el desprendimiento y el escurrimiento del material, como así también, la selectividad. Roth y Eggert (1994) en un estudio sobre los mecanismos de agregación involucrados en la pérdida de suelo indican que el incremento en la susceptibilidad a la formación de sello tiene consecuencias sobre la cantidad y distribución de tamaño de partículas en cada evento erosivo. Rienzi y Kvolek (2001, 2003) señalan que los cambios en los tamaños de agregados en la superficie del suelo aumentan la selectividad en los subprocesos de salpicadura y escurrimiento.

En el tercer evento todos los tratamientos presentan pérdida de carbono orgánico de los sedimentos recolectados, aunque en general algo inferior al evento anterior. Esto estaría vinculado principalmente a las características de la tormenta, bajo volumen y moderada intensidad, en coincidencia con una alta cobertura. Las mayores concentraciones de CO en los sedimentos, posiblemente en la SD/SF/SP se podrían relacionar a la menor cobertura que no fue suficiente para impedir el impacto de la lluvia sobre una superficie compactada. Esto habría incrementado el escurrimiento y con ello la mayor movilización del componente orgánico. En la SD/SF/SP el sedimento recolectado muestra una asociación positiva con el escurrimiento ($p = 0,03$) y marginalmente significativa con la intensidad de las precipitaciones. Los mayores contenidos de CO en los sedimentos de la LR/SF/CP se asociarían al menor contenido del coloide orgánico en el suelo en este ciclo que habría provocado una mayor desagregación (Buschiazzo *et al.*, 1995) y con ello mayor concentración de CO. En la LR/SF/CP la relación inversa entre el diámetro medio ponderado y la pérdida de suelo corrobora la baja estabilidad estructural del tratamiento. La mayoría de los tratamientos muestra una tasa de enriquecimiento positiva mostrando más del doble en la LR/SF/CP. Estos resultados coinciden con los expresados por Avnimelech y McHenry (1984)



quienes indican que los suelos más pobres en CO tienen una tasa de enriquecimiento mayor en los sedimentos.

En términos generales la mayoría de los tratamientos en el tercer evento muestran alta concentración de arena muy fina, excepto la LR/CF/SP. La alta cobertura de maíz no habría sido suficiente para amortiguar el impacto de la precipitación, de bajo volumen e intensidad media a alta, y provocó la movilización y transporte del material. Posiblemente, la condición superficial del suelo en los distintos tratamientos, vinculado principalmente a la estabilidad estructural con la formación del sello, habría disminuido el desprendimiento de material al menos al comienzo de la tormenta. Posteriormente, el escurrimiento habría alcanzado el equilibrio y transportado los materiales más gruesos como carga de fondo y en suspensión los más finos (Kinnel, 1990). Como ya fuera señalado en la mayoría de los eventos de este estudio, las altas correlaciones observadas entre el limo y arcilla indicarían que estos componentes se movilizarían en parte como pequeños agregados (Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004; Becker y Cantú, 2006).

Si bien en este estudio no se efectuó un análisis de la formación de sello, de acuerdo a lo señalado por Brichi *et al.* (2000) los tratamientos de esta pendiente, muestran una alta susceptibilidad a la formación del mismo. Rienzi *et al.* (2004) luego de una hora de lluvia simulada sobre un suelo bajo diferentes texturas, manifiestan el efecto del sello superficial en algún momento después de iniciado el ensayo sobre la selectividad en los subprocesos salpicadura y escurrimiento en la erosión entre surcos. Además, estos autores señalan la presencia de umbrales de ruptura gobernados por las diferencias en la estabilidad estructural.

En el cuarto evento los sedimentos recolectados presentan altos contenidos de CO en todos los tratamientos, aunque se destaca el menor contenido en la LC/CF/SP. En la SD/CF/CP y en la LR sin fertilización se observa una importante pérdida de carbono orgánico. En el primer caso se



debería relacionar a la mayor acumulación de CO en el horizonte superficial en este ciclo asociado principalmente a los agregados de 4-2mm ($r=0,89$ $p<0,0009$) y 2-1mm ($r=0,90$ $p<0,0008$). Lo cual indicaría que esta materia orgánica considerada más lábil (Gregorich *et al.*, 1994; Moreno *et al.*, 2001; Verri, 2004) asociada a los agregados más grandes y menos estable estaría sujeta a la movilización, con lo cual se habría incrementado la concentración en los sedimentos. En la LC/CF/SP se observa una marcada disminución de CO en el horizonte Ap correspondiente a este ciclo, con lo cual la cantidad de CO perdido habría provocado una mayor desagregación (Buschiazzo *et al.*, 1995) y en consecuencia durante su movilización y transporte incrementado la concentración en los sedimentos. Los tratamientos en este evento presentan una tasa de enriquecimiento positiva siendo en la SD/CF/CP tres veces y media mayor la cantidad presente en el suelo, como así también, casi el triple en la LR/SF/CP, y superando el doble en la SD/CF/SP y LR/SF/CP. En investigaciones realizadas por Sharpley (1985), Watson *et al.* (2000), Adema *et al.* (2001); Rienzi y Grattone (2002), Schiettecatte *et al.* (2002), Becker y Cantú (2006), se han reportado enriquecimientos de CO en los sedimentos recolectados por erosión hídrica, aunque en ninguno de ellos se menciona un enriquecimiento superior al triple.

En este último evento la mayoría de los tratamientos presentan altos contenidos de arena muy fina, aunque es algo menor en la SD sin pastoreo y LR con fertilización. En estos tratamientos posiblemente la alta cobertura de maíz y el residuo en superficie habría sido suficiente para proteger en parte el impacto de las gotas de lluvia, y retardar la movilización y transporte del material. Por otro lado, los mayores contenidos de la fracción arena muy fina en la LR sin fertilización y en la mayoría de las LC, estarían asociados principalmente a la combinación de una cobertura que aparentemente no fue suficiente para amortiguar el impacto de una precipitación de alta intensidad sobre una condición superficial que presenta una distribución de agregados con un alto incremento de agregados menores a 0,5mm. La alta susceptibilidad a la formación de sello en la mayoría de los sistemas (Brichi *et al.*, 2000) habría

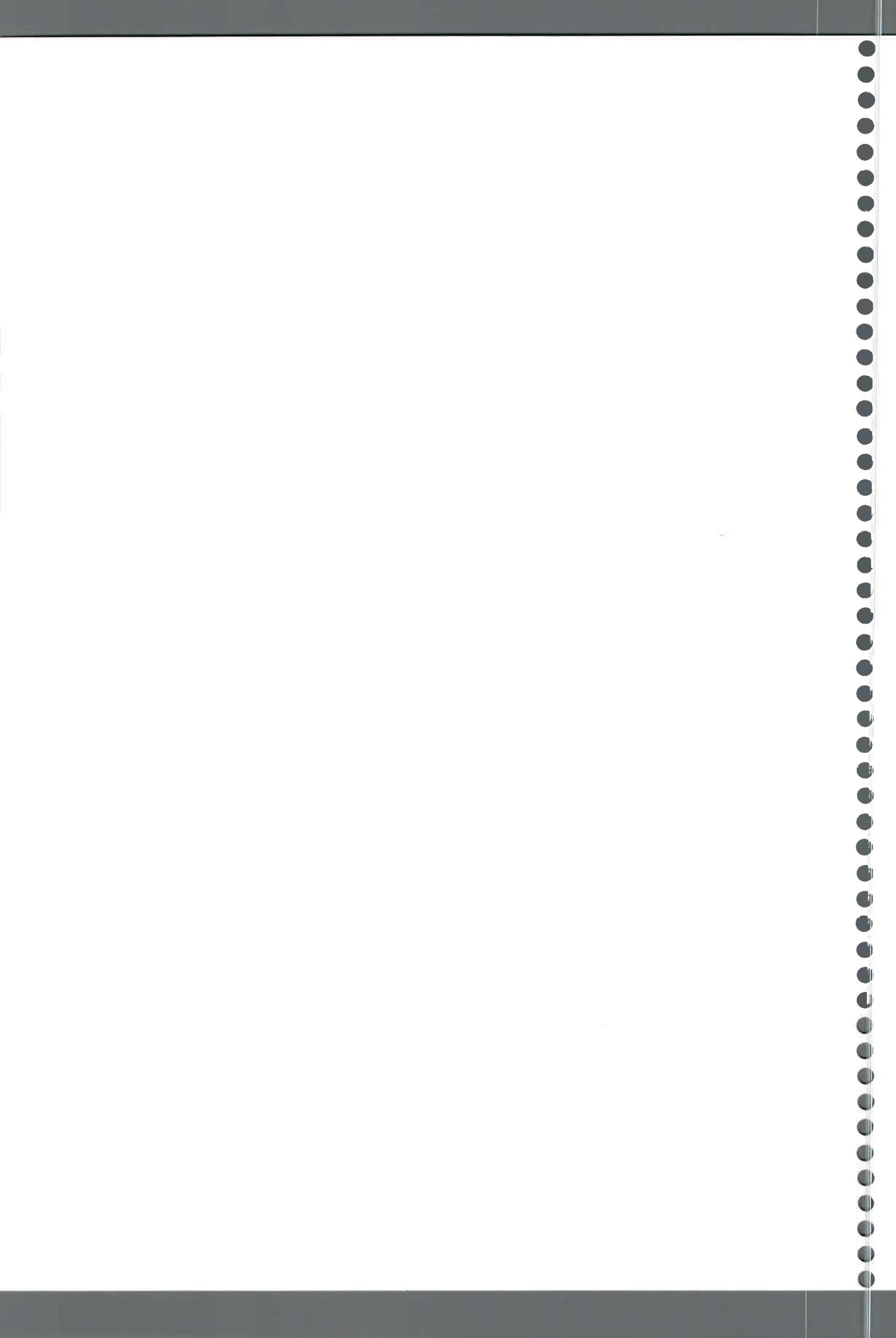


regulado en parte el desprendimiento de partículas y agregados, aunque superado un umbral de ruptura (Rienzi *et al.*, 2004) se produciría la movilización y transporte de las partículas y agregados (Albert y Moldenhauer, 1981). Las altas asociaciones positivas ($p < 0,0001$) entre limo-arcilla indicarían que estos componentes se movilizarían en parte como pequeños agregados (Martínez-Mena *et al.*, 1999; Becker *et al.*, 2004; Becker y Cantú, 2006).

En general en el período evaluado se ha observado en los sedimentos una alta relación positiva ($p < 0,0001$) entre arena media y fina, como así también una asociación negativa entre arena fina y arena muy fina, que indicaría que los componentes de mayor tamaño se movilizarían en parte en conjunto. Sin embargo, la arena media y fina son de escasa importancia debido a la baja proporción que representan tanto en el suelo como en los materiales recolectados por erosión hídrica laminar (Becker *et al.* 2004; Becker y Cantú, 2006).

En el ciclo 2002-2003 en todos los tratamientos la tasa de enriquecimiento de carbono orgánico es positiva en los sedimentos por erosión hídrica, con relevantes niveles en la SD con fertilización. Por otra parte, en la mayoría de los tratamientos la tasa de enriquecimiento de arena muy fina es positiva, lo que indicaría la influencia de la textura del suelo en los materiales erosionados. El limo y la arcilla muestran una tasa de enriquecimiento negativo en la mayoría de los sistemas. Gabriels y Moldenhauer (1978) reportaron que el material erosionado, en suelos de Bélgica y Iowa, estaba influenciado por la textura y la agregación del suelo original. Asimismo, Rienzi *et al.* (2004) en un estudio sobre la variación temporal y selectividad de la erosión entre surcos en suelos con diferente textura superficial, bajo lluvia simulada, indican que la calidad del sedimento esta fuertemente definida por la condición textural.

La evaluación del período 2000-2003 indica que la tasa de enriquecimiento es positiva en todos los tratamientos respecto a carbono orgánico y arena muy fina, y en la mayoría de los tratamientos de arena fina.



Mientras que, negativa en la mayoría de los tratamientos en relación con la arena media, el limo y arcilla. El importante enriquecimiento relativo de carbono orgánico en la mayoría de los tratamientos de la SD estaría asociado a los residuos sobre la superficie, que facilitaron el secuestro del carbono (Buschiazzo y Panigatti, 1996) aunque la mayor parte de la materia orgánica más joven o lábil tendría un corto tiempo de ciclado y no estaría protegida por las partículas minerales (Gregorich, 1996). Por ello, el impacto de las gotas de lluvia provocaría la movilización de la materia orgánica y su enriquecimiento en los sedimentos por procesos de erosión hídrica laminar.

La tasa de enriquecimiento de la arena muy fina se relaciona con el contenido dominante de esta fracción en el suelo y el estado de agregación de los horizontes superficiales, lo que determina la mayor disponibilidad de la misma. La tasa de enriquecimiento negativa de la arcilla y el limo estaría vinculada con la participación de estas fracciones en los agregados más pequeños del suelo y con la baja reposición por procesos de rejuvenecimiento (Becker, 1987).

5.5.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

5.5.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000

En el sedimento recolectado en la pendiente se observa en el primer y tercer evento la mayor proporción de carbono orgánico, como así también, de limo y arcilla. El primer evento estuvo caracterizado por una precipitación de volumen intermedio y de baja intensidad que en coincidencia con una baja cobertura vegetal, habría provocado por salpicadura el desprendimiento de material, tanto de partículas individuales como agregados. La movilización sería por arrastre, como carga de fondo, en una delgada lámina de flujo y en menor proporción las partículas más finas por suspensión. Morgan (1997) en estudios de transporte de partículas del suelo con flujos de poco espesor no canalizados, indica que mientras haya sedimento en suspensión, las partículas más gruesas y una alta proporción de agregados del suelo se mueven como carga sobre el lecho.



En el tercer evento con un mayor volumen de precipitación y duración del mismo, con dos tormentas muy importantes en intensidad y lluvia caída que ocurrió en un período donde la cobertura vegetal era mayor. La interceptación posiblemente disminuyó el efecto por salpicadura aunque en los períodos de alta intensidad de la precipitación se habría generado mayor velocidad del flujo y el movimiento de las partículas más grandes y agregados. En este evento con respecto al primero, hay una menor proporción de limo que podría deberse a que parte del carbono orgánico y la arcilla se movieron en suspensión desprendidos por el flujo. Kinnel (1990) considera que los sedimentos en el flujo superficial procedentes del impacto de la gota de lluvia se mueven como una carga de fondo y que los sedimentos procedentes del desprendimiento por el flujo se mueven como carga en suspensión dentro del flujo.

En ambos eventos, el compuesto orgánico habría migrado asociado a la arcilla y al limo, principalmente como agregado, evidenciado por la alta correlación positiva del carbono orgánico con el limo y la arcilla. Posiblemente, la materia orgánica se habría movilizó en asociación con la arcilla, y en menor grado con el limo, debido a una mejor correlación entre carbono orgánico y arcilla que con el limo. Avnimelech y McHenry (1984) reseñan que en el proceso de erosión hídrica los materiales se movilizan como agregados y partículas individuales. Como así también, numerosos autores (Miller y Baharuddin, 1987; Walling, 1990; Slattery y Timothy, 1997; Martínez-Mena *et al.*, 1999) indican que los sedimentos se mueven en forma de agregados más que como partículas individuales.

En la composición granulométrica de los sedimentos es dominante la proporción de arena muy fina en el segundo y cuarto evento. El segundo evento (alto volumen, intermedia duración y baja intensidad máxima) desarrollado en varias tormentas con un tiempo al pico rápido (45 minutos), en una superficie con baja cobertura, aunque con residuo, no fue suficiente para disipar el impacto de la gota de lluvia sobre los agregados y provocar el desprendimiento y el transporte de material. El flujo presentó la energía



suficiente para arrastrar las partículas tamaño arena muy fina y agregados, y en suspensión las más finas. En el cuarto evento (alto volumen, duración y muy alta intensidad) con mayor cobertura vegetal, posiblemente, el mayor escurrimiento producido al final del evento (tiempo al pico muy grande) habría presentado mayor capacidad de arrastre y con ello contribuido al desplazamiento del sedimento de mayor tamaño, y en suspensión dentro del flujo los más pequeños (Kinnel, 1990).

En los eventos analizados se evidencia una remoción selectiva de las partículas. Esto fue observado tanto en procesos de salpicadura como en el escurrimiento (Swanson, 1965; Govers, 1985; Millar y Baharuddin, 1987; Wan y El Swaify, 1998) dependiendo del estado de agregación (Texeira y Misra, 1997; Shietecatte *et al.*, 2002), las características del evento y la capacidad de la esorrentía para poner en movimiento los diferentes tamaños de partículas (Stoltenberg y White, 1953; Albert y Moldenhauer, 1981).

5.5.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001

En el primer evento se registra la mayor concentración de carbono orgánico de los sedimentos y del limo. En este evento la baja cobertura en coincidencia con una precipitación de gran importancia (volumen, intensidad y duración) habría generado material por la energía de la gota de lluvia. Principalmente, al final del evento favorecido por la humedad antecedente, el escurrimiento habría arrastrado el sedimento liberado por salpicadura, y movilizó como carga de fondo y en suspensión dentro del flujo los demás materiales (Kinnel, 1990). La correlación entre limo y carbono orgánico sugeriría que, en parte, estos componentes se desplazaron como pequeños agregados. También se podría esperar la participación de la arcilla en los agregados, aunque estadísticamente no fuera verificada en este ciclo. En una investigación sobre la influencia de la cobertura vegetal en la distribución de tamaños de partículas del sedimento erosionado, bajo precipitación natural, en un ambiente semiárido del sur-este Español, Martínez-Mena *et al.*, (1999) reportaron que el sedimento fue transportado en forma de agregado en la mayoría de los eventos



en el suelo disturbado y en todos los eventos en el sitio bajo vegetación natural.

En el tercer evento la cobertura vegetal es similar al primero aunque la precipitación fue de bajo volumen e intensidad con lo cual se esperaría una menor energía del impacto de la lluvia. La condición superficial favoreció el escurrimiento del flujo a través de una delgada lamina al final del evento suficiente para transportar en suspensión las partículas más pequeñas y arrastrar los materiales más gruesos (Morgan, 1997). Estos estarían compuestos principalmente por la arena muy fina, por encontrarse una mayor proporción en este evento, y una proporción de pequeños agregados de materia orgánica y limo aunque sin desechar la participación de la arcilla. Observaciones de campo en períodos prolongados de sequía donde la superficie del suelo tiene una baja humedad, principalmente entre eventos, se apreció material suelto y muy disperso, compuesto principalmente por partículas de tamaño arena muy fina y limo. Con lo cual este material en presencia de un evento de baja precipitación podría ser arrastrado fácilmente por un flujo de baja capacidad de energía.

En el último evento del ciclo la cobertura vegetal es aun inferior al primero, aunque estaría compensada por la cobertura de residuo, sin embargo, no fue suficiente para impedir la movilización del material más grueso en un evento de alto volumen caracterizado por varias tormentas.

En el primer evento el alto escurrimiento provocó el desplazamiento de la fracción arena muy fina, aunque ligeramente inferior a los del tercer y cuarto evento, y la mayor movilización de limo y carbono orgánico, y en menor magnitud la concentración de arcilla. La alta relación negativa entre el contenido de arena muy fina y el limo, y la asociación positiva entre limo y carbono orgánico, posiblemente esta vinculada a la capacidad de transporte del flujo de escurrimiento en este ciclo. Cuando la energía es suficiente para suspender en el flujo las partículas mayores habría una movilización de las mismas, y cuando la energía de la escorrentía disminuye generaría una

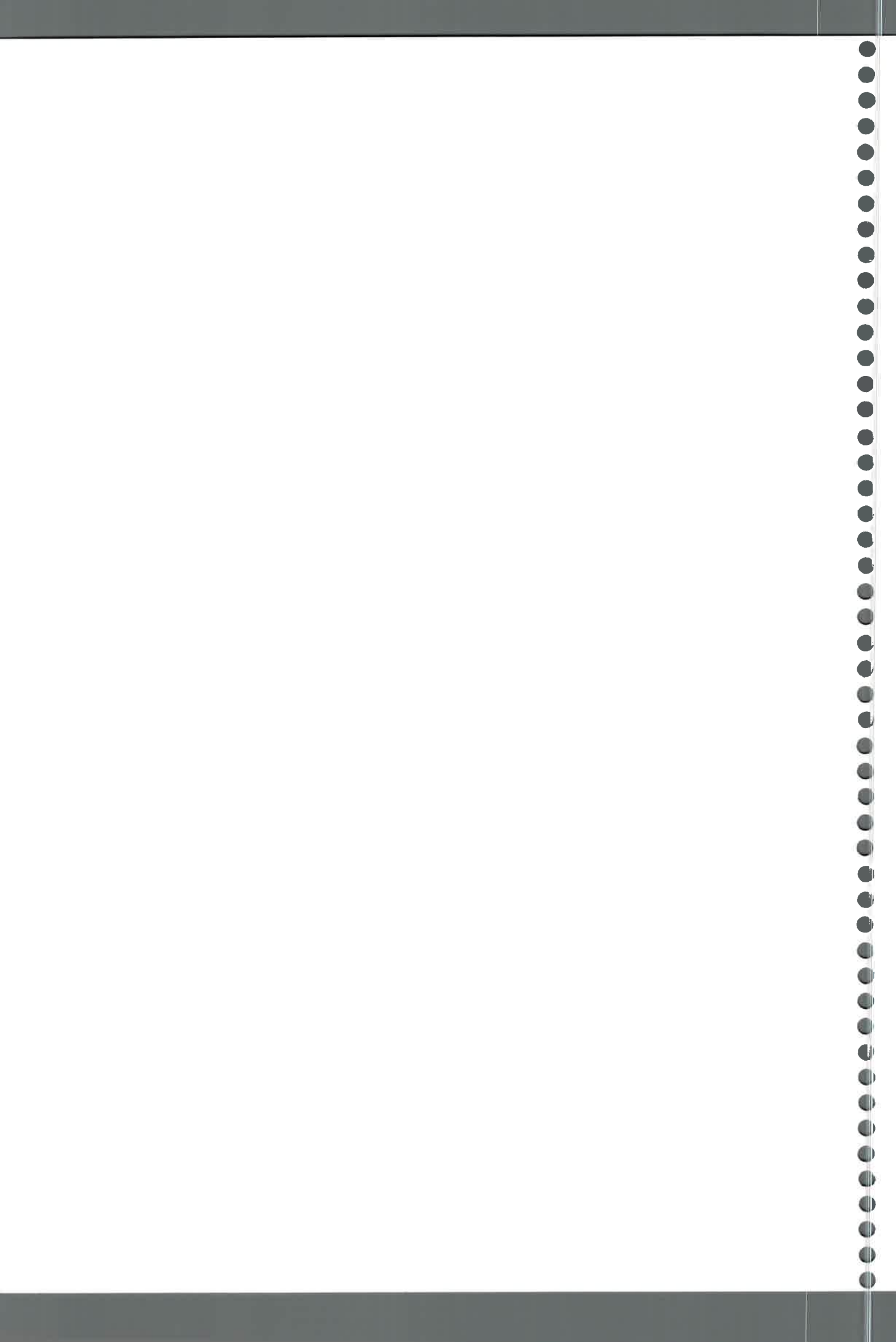


remoción selectiva de las partículas más finas. Esto coincide con lo expresado por Albert y Moldenhauer (1981) en investigaciones con lluvia simulada en un Argiudol típico limoso fino de Indiana (Estados Unidos) bajo distintos tratamientos. Además, estaría vinculado a una remoción selectiva de las partículas asociada a las características del evento (Texeira y Misra, 1997).

5.5.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002

La mayor concentración de carbono orgánico en el sedimento en el tercer evento y con un nivel ligeramente inferior en el cuarto, estaría relacionada al escurrimiento debido a la alta compactación por el pastoreo intensivo como se explicara anteriormente (item 5.4.2.3.). En el tercer evento la precipitación fue de bajo volumen aunque caracterizada por dos tormentas muy similares y separadas por escaso tiempo (30 minutos) en coincidencia con una menor cobertura por el pastoreo del sorgo. Mientras que el último evento, compuesto por varias tormentas separadas por precipitación intermitente, frente a una mayor cobertura vegetal que habría interceptado el impacto de la gota de lluvia y la velocidad del flujo del escurrimiento resultó suficiente para movilizar los compuestos orgánicos individuales o asociados en pequeños agregados (Avnimelech y McHenry, 1984; Miller y Baharuddin, 1987; Walling, 1990). La relación positiva del CO con el limo y arcilla podría vincularse a una movilización conjunta en forma de pequeños agregados compuestos por el coloide orgánico y la fracción mineral más fina.

La arena muy fina fue recogida en mayor proporción en el segundo evento, y con una cantidad ligeramente inferior en el primero. En este último evento la menor cobertura del sorgo asociada a un evento de alta precipitación, formada por dos tormentas al final del mismo, habría provocado un alto impacto sobre la superficie e incrementado el transporte del material más grueso. En el segundo evento, si bien la cobertura es la mayor del ciclo, con una tormenta de gran volumen y compuesta principalmente por una precipitación al comienzo del evento, se habría generado un incremento de la lámina del flujo como para arrastrar la arena muy fina.



Los sedimentos totales muestran la tendencia observada aunque en la arena muy fina y la arcilla no hay diferencia significativa entre las secciones, mientras que el limo en la loma plana y alta muestra la mayor proporción. El carbono orgánico presenta la menor pérdida en la loma alta y baja.

5.5.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003

En este ciclo el mayor contenido de carbono orgánico en los sedimentos se registró en el primer evento, seguido con un nivel inferior en el tercer evento. Esta relevante pérdida de carbono en el primer evento estaría vinculada principalmente al alto escurrimiento debido a la compactación superficial y a la baja cobertura. El evento fue de gran volumen e intensidad compuesto por varias tormentas que propendió la movilización de carbono orgánico y de las fracciones más pequeñas (limo y arcilla) como fuera señalado por Albert y Moldenhauer (1981). En el tercer evento, al igual que en el ciclo anterior, la pérdida de CO estuvo relacionada con una precipitación de bajo volumen, aunque compuesta por varias tormentas una de ellas de precipitación e intensidad (40mmh^{-1}) moderada a alta. Debido a la alta compactación se generó una delgada lámina de agua, suficiente para transportar material, como agregados pequeños o partículas individuales, aunque la pendiente presentó una alta cobertura por el cultivo de soja. Al igual que en los ciclos anteriores se verifica una alta relación positiva entre la arcilla y el limo lo cual indicaría la movilización conjunta de estas fracciones coincidiendo con lo observado por Martínez-Mena *et al.* (1999).

En el segundo y cuarto evento se recolectó la mayor cantidad de arena muy fina. En el segundo evento, la precipitación estuvo compuesta por una sola tormenta de moderado volumen, alta intensidad con un tiempo al pico muy pequeño. Por ello, el impacto de las gotas de lluvia sobre una superficie compactada y con baja cobertura habría provocado el escurrimiento con energía suficiente para la movilización de partículas más grandes. En el cuarto evento la precipitación también estuvo compuesta por una sola tormenta con un volumen similar a la del segundo evento, aunque con menor intensidad y



tiempo al pico, lo cual fue suficiente para provocar escurrimiento y movilización de las partículas, aunque la cobertura del cultivo fuera máxima. Wan y El Swatify (1998) en un estudio sobre las características de los sedimentos erosionados encontraron que intensidades de lluvia mayores a 45mmh^{-1} producen sedimentos más gruesos que la matriz del suelo.

En el análisis general de los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en el ciclo, solo se observó una buena relación positiva entre arena media y arena fina, sin embargo, estos componentes son de poca importancia por la baja proporción que presentan tanto en el suelo como en los materiales. Las fracciones granulométricas más importantes no muestran diferencias entre las diferentes secciones. El carbono orgánico muestra la mayor concentración en los sedimentos provenientes de la loma alta y media y la menor en la loma plana. Por lo que, se considera más relevante el análisis a nivel de evento ya que permite establecer los vínculos entre las diferentes fracciones y los factores que intervienen en el proceso de desprendimiento y transporte de material.

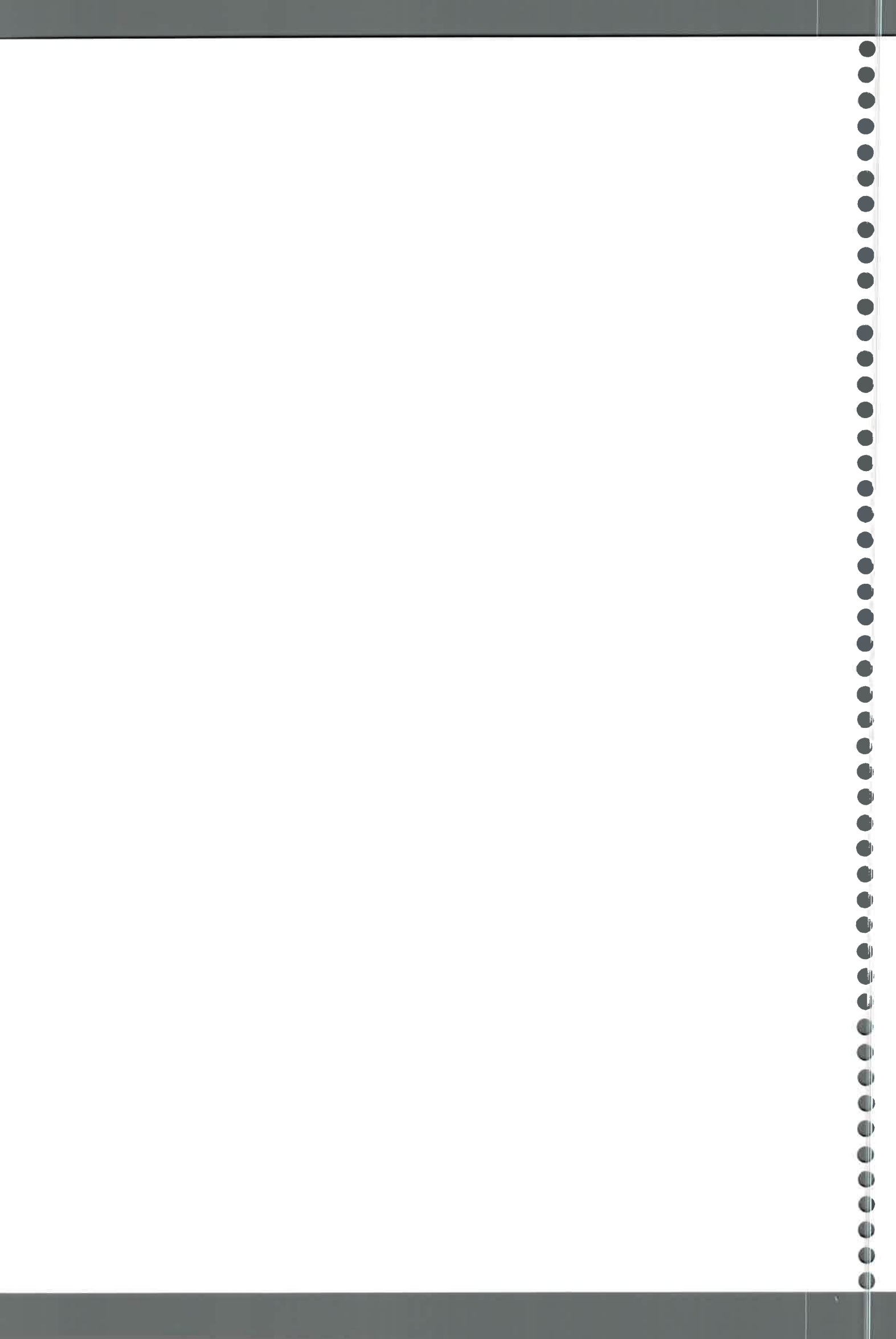
5.6. ESTIMACION DE LA PERDIDA DE SUELO Y ESCURRIMIENTO

La simulación de la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial en la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero en los diferentes ciclos evaluados a través del modelo WEPP se efectuó para las siguientes condiciones:

a) Considerando la erodabilidad entre surco (K_i), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva (K_e) del suelo calculados por el modelo WEPP.

b) Considerando la erodabilidad entre surco (K_i), erodabilidad base en el surco (K_r), corte hidráulico crítico base (τ_c), y conductividad efectiva de base (K_b) del suelo estimada por ecuaciones.

c) Considerando la erodabilidad entre surco (K_i), erodabilidad base en el surco (K_r) y corte hidráulico crítico base (τ_c) del suelo calculados por el modelo WEPP, y la velocidad de infiltración básica a campo.



5.6.1. PENDIENTE POZO DEL CARRIL

5.6.1.1. Evaluación en el ciclo 2000-2001

En el primer evento del ciclo 2000-2001 las pérdidas de suelo obtenidas por simulación fueron subestimadas respecto a las medidas en el campo en la mayoría de los tratamientos, excepto en la SD/CF/CP, LR con pastoreo donde fueron sobreestimadas. Con igual valor en la SD/SF/SP y muy similar en la SD/CF/CP y LR/CF/SP, cuando se efectuó con los parámetros calculados por el modelo WEPP. Las pérdidas fueron sobreestimadas, con los parámetros estimados por ecuaciones en la mayoría de los tratamientos, excepto en la LC/CF/SP. Mientras que, cuando los cálculos fueron estimados por el WEPP y utilizando la velocidad de infiltración medida a campo, fueron subestimados en la SD con pastoreo, LR/SF/SP y LC; sobreestimada en la LR/SF/CP y muy semejantes en la SD sin pastoreo y LR con fertilización. Esto indicaría que en la LC la velocidad de infiltración tanto medida a campo como calculada por el modelo son sobrevaloradas por el WEPP.

En el segundo evento las pérdidas de suelo fueron subestimadas en todos los tratamientos, excepto en la LR fertilizada que presenta igual valor y muy similar en la LR/SF/SP, al utilizar en el cálculo la velocidad de infiltración medida a campo. También fueron subestimados en la mayoría de los tratamientos cuando se efectuó con los parámetros del WEPP, excepto en la LR/CF/SP, y con niveles muy similares en la SD/CF/SP y en la LR y LC con fertilización y pastoreo. Por otro lado, las pérdidas de suelo en la mayoría de los tratamientos, excepto en la LC sin fertilización y la SD/SF/SP, fueron sobreestimadas al utilizar en la simulación los parámetros estimados por ecuaciones.

En el tercer evento con ninguna de las simulaciones utilizadas se registra pérdida de suelo, lo que indicaría un umbral de erosión en el modelo cuando la precipitación es inferior a 20mm y con baja intensidad. Estos resultados no coinciden con lo observado por Zhang *et al.* (1996) que aplicaron el modelo WEPP para ocho sitios en Estados Unidos y encontraron que la



medición de pequeñas pérdidas de suelo tienden a ser sobreestimados por el modelo para eventos y totales anuales.

En el cuarto evento las pérdidas de suelo estimadas, en relación con las mediciones de campo, fueron sobreestimadas en la gran mayoría de los tratamientos cuando la simulación se efectuó con los parámetros del WEPP y a través de ecuaciones. Las pérdidas estimadas con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo fueron sobreestimadas en la SD/SF/CP y en la LR (excepto en la LR/SF/SP), con igual valor en la SD/SF/SP, LC con fertilización, y muy similar en la LC/SF/CP; subestimadas en el resto de los tratamientos.

Las pérdidas totales estimadas en la mayoría de los tratamientos fueron sobreestimadas cuando se efectuó la simulación con los parámetros a través de ecuaciones, mientras que subestimados con los parámetros calculados por el WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo. En la mayoría de los tratamientos de la SD, en la LR/SF/SP y en la LC las simulaciones subestimaron las pérdidas cuando se realizaron con los parámetros del WEPP. Las pérdidas de suelo calculadas, por evento y total, bajo las tres condiciones utilizadas presentan una correlación positiva y significativa entre sí. Se observa sólo una correlación aceptable y significativa entre la pérdida de suelo medida y la calculada utilizando los parámetros estimados por ecuaciones. Croke y Nethery (2006) aplicaron el WEPP para estimar el escurrimiento y la pérdida de suelo en el suroeste de Australia y expresan que en un 50% el modelo predice los valores de sedimentos pero sustancialmente sobreestima en todas las otras instancias.

Los escurrimientos calculados en el primer evento, con las tres condiciones utilizadas en la simulación, sobreestiman los medidos en el campo en la SD sin pastoreo y la LC, mientras que, subestiman en los demás tratamientos.



En el segundo evento los escurrimientos estimados fueron subestimados en relación a los medidos, cuando se utilizaron todas las condiciones de simulación, en la SD y en la LC, excepto en la LC/CF/SP. En este último tratamiento fueron sobreestimados cuando se estimó con parámetros calculados por el WEPP y por ecuaciones. En la LR los escurrimientos fueron sobreestimados, a excepción de la LR/SF/CP, cuando se efectuaron las estimaciones a través de ecuaciones y en la LR con pastoreo cuando se utilizaron los parámetros del WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo. Esto indicaría en general que el modelo subestima los escurrimientos mucho más en una precipitación de menor intensidad y aun más en tratamientos cuando se utiliza la velocidad de infiltración medida a campo.

La simulación del WEPP en el tercer evento no registra escurrimiento en ninguna de las formas simuladas, lo que indicaría un umbral en el modelo cuando la precipitación es de bajo volumen e intensidad. Sin embargo, investigaciones efectuadas por Zhang *et al.* (1996), Nearing (1998), entre otros, indican que un bajo escurrimiento medido a campo es sobreestimado en aplicaciones del WEPP. Por otra parte, Croke y Nethery (2006) reportan que para muy bajos volúmenes de escurrimiento medidos, entre 2 a 5mm, el modelo tiende a subestimar erosión.

En el cuarto evento los escurrimientos calculados con relación a los medidos, fueron sobreestimados en la gran mayoría de los tratamientos, a excepción de la SD/CF/CP, LC sin pastoreo y LC/SF/CP cuando la simulación se efectuó con los parámetros del WEPP. También, se subestimó el escurrimiento, cuando la estimación se efectuó a través de ecuaciones, en la LC sin pastoreo y LC/SF/CP; y cuando se efectuó con parámetros del modelo y la infiltración medida en la SD con fertilización y LC con pastoreo.

Los escurrimientos totales estimados por el modelo en la mayoría de los tratamientos fueron subestimados en relación con los medidos a campo. Mientras que, fueron sobreestimados, en la SD/CF/SP y en la LR, cuando se



efectuó la simulación con parámetros del WEPP; en la SD y LR sin pastoreo, y en la LR/SF/CP con los parámetros estimados a través de ecuaciones y en la LR/SF/SP y LR/CF/CP con los cálculos efectuados por el WEPP con la velocidad de infiltración medida a campo.

Los escurrimientos estimados por evento, efectuados bajo las tres condiciones utilizadas, presentan una alta correlación positiva y significativa entre sí. En este ciclo los escurrimientos totales exhiben alta correlación entre los valores estimados con parámetros calculados por ecuaciones y del modelo WEPP, mientras que, una menor correlación en las otras simulaciones utilizadas. No se observa correlación entre el escurrimiento medido y el calculado por el modelo.

Mariani *et al.* (2000) efectúan las primeras estimaciones de erosión a partir del modelo WEPP en el piedemonte árido de Mendoza e indican que valores medidos y simulados de escurrimiento y pérdida de suelo son promisorios. Sin embargo, estos autores señalan que es necesario probar el modelo en otros sitios ya que el mismo fue simulado en parcelas de erosión carentes de vegetación y sin ningún tipo de manejo.

5.6.1.2. Evaluación en el ciclo 2001-2002

En el primer evento del ciclo 2001-2002 las pérdidas de suelo simuladas subestimaron a las medidas en el campo en todos los tratamientos, excepto en la SD/CF/SP, cuando se efectuó la simulación con los parámetros calculados por el WEPP y los tomados del modelo con la velocidad de infiltración medida a campo. Los valores de pérdida de suelo, cuando la simulación se realizó utilizando ecuaciones, fueron sobreestimados en la mayoría de los tratamientos de la SD (a excepción la SD/SF/CP que registra un valor muy similar al medido en el campo) y en la LC/SF/CP, mientras que, subestimados en el resto de los tratamientos.

En el segundo evento del ciclo la mayoría de los tratamientos presentan una subestimación de las pérdidas de suelo estimadas cuando se realizó la



simulación con parámetros del WEPP y a través del modelo y la infiltración medida a campo. Cuando se utilizó los parámetros calculados por ecuaciones, las pérdidas de suelo fueron sobrestimadas en la SD/SF/CP, LR con pastoreo y LC sin pastoreo y con niveles similares en la mayoría de la SD, LR/CF/SP y la LC con pastoreo.

En todos los tratamientos del tercer evento, los valores simulados subestimaron las pérdidas medidas a campo bajo lluvia natural. En el cuarto evento las pérdidas medidas fueron sobreestimadas en todos los tratamientos, cuando los cálculos se realizaron con parámetros del WEPP, a excepción de la LR/CF/CP y SD/SF/CP donde fueron subestimadas y en la LC/CF/CP que presenta un valor similar. Mientras que, cuando se utilizó en el cálculo la velocidad de infiltración medida a campo, son subestimados en la SD/SF/CP y LR/CF/CP, y con igual nivel en la LC/CF/CP. Es de destacar que donde los valores son subestimados o similares están bajo pastoreo, lo cual indicaría que la compactación superficial podría influenciar al modelo.

Las pérdidas totales estimadas en todos los tratamientos fueron sobreestimadas, excepto en la LR/CF/CP, cuando se efectuó la simulación con los parámetros a través de ecuaciones, mientras que subestimados en la mayoría de los tratamientos (a excepción de la SD sin pastoreo y SD/CF/CP) con los parámetros calculados por el WEPP y los tomados del modelo con la incorporación de la velocidad de infiltración medida a campo.

En el ciclo 2001-2002 las pérdidas de suelo calculadas, por evento y total, bajo las tres condiciones utilizadas presentan una correlación positiva y significativa entre sí. En este ciclo se registra por evento una correlación aceptable y significativa entre la pérdida medida y la estimada con parámetros calculados por el WEPP y la calculada con la velocidad de infiltración medida. Las estimaciones totales presentan una mayor correlación entre las pérdidas de suelo medidas y estimadas por el modelo.

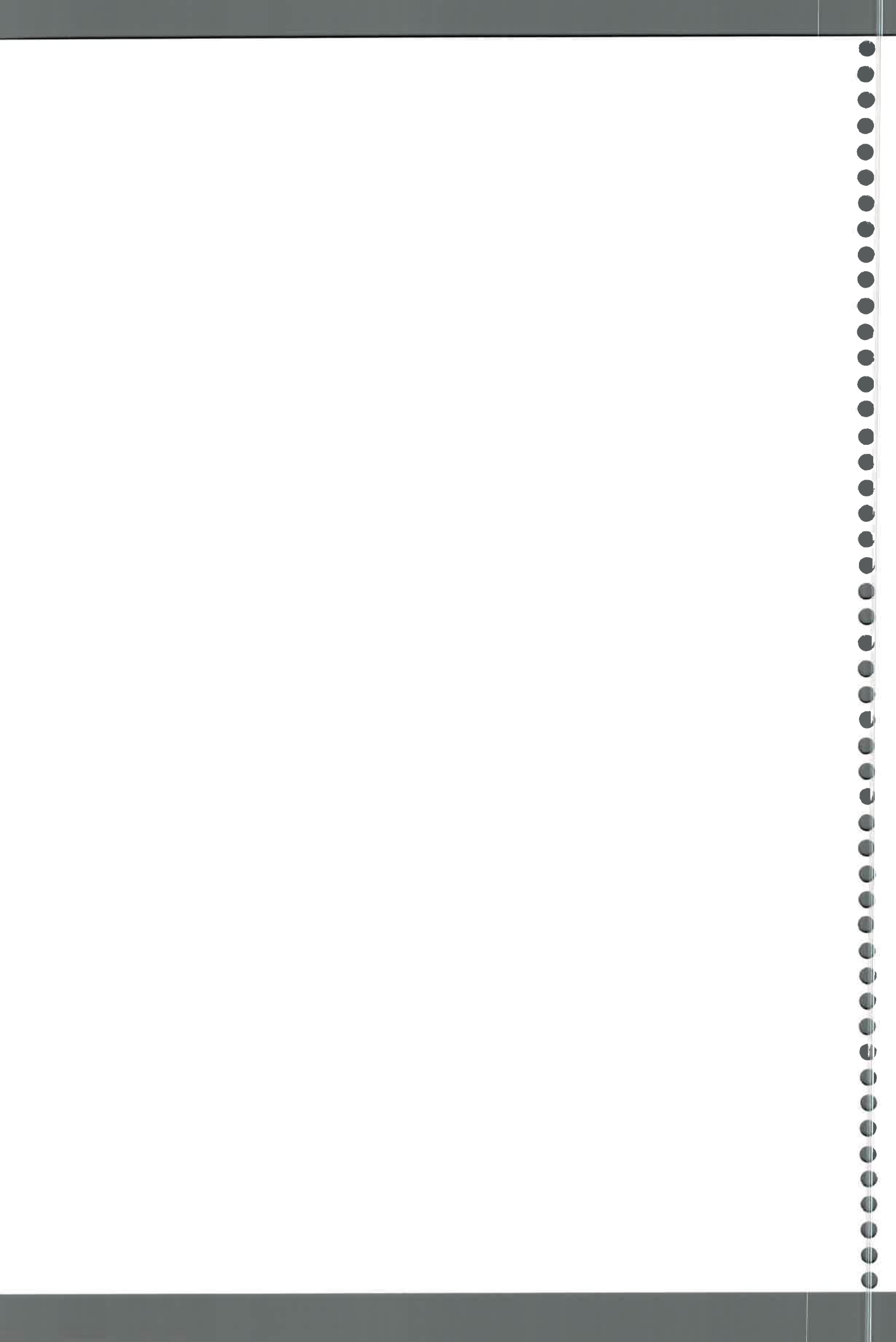


Los escurrimientos calculados en el primer evento, con las tres condiciones utilizadas en la simulación, sobreestimaron los escurrimientos medidos en todos los tratamientos, a excepción de la SD/CF/CP cuando la simulación se efectuó con los parámetros del WEPP y con los valores tomados del modelo con la velocidad de infiltración medida a campo. Posiblemente la sobreestimación este vinculada a la sobrevaloración de la intensidad de la precipitación.

En el segundo evento los escurrimientos fueron subestimados respecto a los medidos, cuando se utilizaron parámetros calculados por el WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo, a excepción de la LR sin fertilización. Mientras que, la mayoría de los tratamientos fueron sobreestimados cuando se efectuaron las estimaciones a través de ecuaciones, excepto en la SD/SF/CP y en la LC con pastoreo. Cuando los escurrimientos fueron estimados con los parámetros del modelo fueron sobreestimados en la LR y LC sin pastoreo, y subestimados en los demás tratamientos.

En el tercer evento el escurrimiento fue subestimado en todas las simulaciones, a excepción de la LR sin fertilización cuando la simulación se efectuó con los parámetros del WEPP y en la LR/SF/CP cuando se efectuó con parámetros del modelo y la infiltración medida a campo. Posiblemente asociado a la baja erosividad de la precipitación. Larose *et al.* (2004) en la aplicación del WEPP en el área occidental de México bajo producción agrícola en labranza convencional y en una terraza de muro vivo, indican que el modelo no registró pérdida de suelo en los eventos de lluvia menos intensos o más pequeños en comparación con los medidos cuando ocurrió una precipitación menor de 10mm y el escurrimiento menor de 1mm.

En el cuarto evento los escurrimientos calculados con relación a los medidos, fueron sobrestimados en todas las simulaciones, excepto en la LR/CF/SP cuando la estimación se efectuó a través de los parámetros del WEPP. En general esto podría vincularse a una sobrevaloración de la



intensidad de la precipitación y una subestimación de la cobertura vegetal ya que fue muy alta.

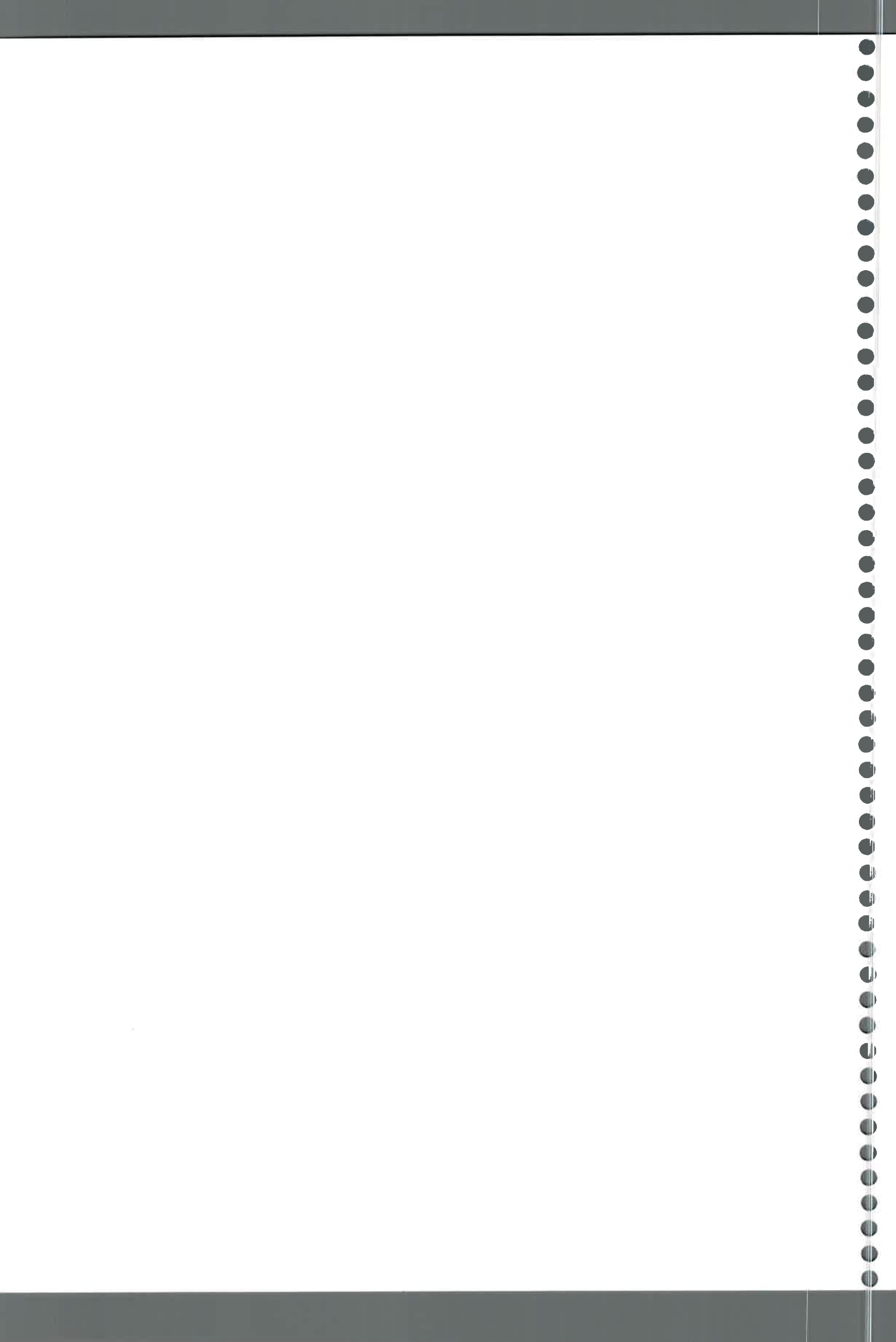
Los escurrimientos totales estimados por el modelo sobreestimaron a los medidos a campo en todos los tratamientos, excepto en LR/CF/SP cuando se efectuó la simulación con parámetros del WEPP.

Los escurrimientos estimados por evento, efectuados bajo las tres condiciones utilizadas presentan una alta correlación positiva y significativa entre sí. Además, se observa por evento una alta correlación entre el escurrimiento medido y el estimado con las diferentes condiciones simuladas por el modelo. En este ciclo los escurrimientos totales, al igual que en ciclo 2000-2001, exhiben alta correlación entre los valores estimados con parámetros calculados por ecuaciones y del modelo WEPP, mientras que, menor correlación en la otra simulación utilizada.

5.6.1.3. Evaluación en el ciclo 2002-2003

En el primer evento del ciclo 2002-2003 las pérdidas de suelo simuladas, cuando las estimaciones se realizaron con parámetros calculados por ecuaciones se sobreestimaron a las mediciones de campo en todos los tratamientos, excepto en la LC/CF/CP, inclusive con niveles muy sobreestimados en la LC sin fertilización. También hay sobreestimación en las simulaciones efectuadas con los parámetros del modelo, en la SD con fertilización, en la mayoría de la LR, subestimación en la SD/SF/SP, y un nivel similar de pérdida en la SD/SF/CP. Cuando se utilizaron los parámetros del WEPP y la infiltración medida a campo hay sobrestimación en la SD, excepto en la SD/SF/SP, y en la LR/CF/CP.

En el segundo evento los tratamientos, excepto la SD/SF/CP, presentan una subestimación de las pérdidas de suelo estimadas respecto a las medidas en el campo cuando se utilizan los parámetros del modelo y los parámetros del WEPP con la velocidad de infiltración medida a campo. Mientras que las



pérdidas son sobreestimadas en la mayoría de los tratamientos de la SD y LR cuando en la simulación son utilizados los parámetros calculados por ecuaciones.

En el tercer evento la simulación subestima en todos los tratamientos a las pérdidas medidas a campo bajo lluvia natural. También, en el cuarto evento las pérdidas estimadas fueron subestimadas en todos los tratamientos cuando se utilizaron los parámetros del WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo. Además hay una subestimación en la mayoría de los tratamientos donde se utilizaron las otras formas de estimación.

Las pérdidas totales estimadas en todos los tratamientos fueron subestimadas, respecto a las medidas en el campo, cuando en la simulación se utilizó parámetros calculados por el WEPP y los tomados del modelo con la velocidad de infiltración medida a campo. También, en la mayoría de los tratamientos en las cuales se realizó las estimaciones con los valores del WEPP. Mientras que, en la mayoría de los tratamientos fueron sobreestimados cuando se realizaron las estimaciones con parámetros calculados por ecuaciones.

En el ciclo 2002-2003 las pérdidas de suelo calculadas, por evento y total, bajo las tres condiciones utilizadas presentan una correlación positiva y significativa. Hay una significativa correlación entre la pérdida medida y la estimada en las tres formas de simulación cuando se analiza por evento. Las estimaciones totales presentan solo correlación significativa entre las pérdidas de suelo medidas y estimadas por el modelo, en las simulaciones realizadas con los parámetros calculados por el WEPP y las valoradas por ecuaciones.

En el primer evento los escurrimientos calculados bajo las diferentes condiciones utilizadas en la simulación, sobreestimaron los escurrimientos medidos en todos los tratamientos. Esta sobreestimación estaría asociada a la sobrevaloración de la intensidad de la precipitación.



En el segundo evento los escurrimientos estimados subestimaron a los medidos, cuando se utilizaron parámetros calculados por el WEPP y estimado por ecuaciones, a excepción de la LR/SF/CP y LC/SF/SP donde se sobreestimaron y en la SD/CF/CP que presenta un valor igual cuando se simuló el escurrimiento con ecuaciones. Mientras que, cuando se realizó la simulación con los parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida, en la mayoría de los tratamientos el escurrimiento fue sobreestimado, excepto en la LC/SF/SF y la LC con pastoreo.

El escurrimiento estimado por el modelo WEPP subestimó a los valores medidos, en todas las simulaciones en el tercer y cuarto evento. Es importante destacar que en el tercer evento la subestimación fue mayor lo que esto estaría vinculado al menor volumen e intensidad de la tormenta con relación a la del cuarto evento.

Los escurrimientos totales estimados por el modelo en la mayoría de los tratamientos fueron subestimados por el modelo. Los niveles de flujo fueron sobreestimados cuando se realizó la simulación con parámetros del WEPP en la SD/CF/CP, en la LR sin fertilización y la LC/SF/SP. También, cuando se efectuó el cálculo a través de ecuaciones, en la SD con pastoreo, LR/SF/CP y LC/SF/SP; y cuando la simulación se realizó con parámetros del WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo, en la SD/SF/CP y la LR sin fertilización.

Los escurrimientos estimados por evento, efectuados bajo las tres condiciones utilizadas presentan una muy alta correlación positiva y significativa entre sí. Al igual que en ciclos anteriores, se observa una alta correlación entre los valores estimados con parámetros calculados por ecuaciones y del modelo WEPP, mientras que, menor correlación en la otra simulación utilizada.

Las pérdidas de suelo medidas y estimadas por el modelo WEPP en la pendiente Pozo del Carril, consideradas en forma conjunta, presentan una buena correlación positiva y significativa, mientras que, no se observa relación en los escurrimientos. Considerando por sistema de labranza, las pérdidas de suelo medidas y calculadas, en la siembra directa y labranza convencional muestran una buena correlación positiva y significativa; mientras que, en la labranza reducida es aceptable la correlación (positiva y significativa) cuando la simulación se realizó a través de ecuaciones y con los parámetros estimados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración a campo.

Las pérdidas medidas y calculadas en la siembra directa, en general presentan correlación positiva y significativa, sin embargo, son más altas en la SD con pastoreo, e inclusive es mayor en la SD/SF/CP. En relación con la labranza reducida, la LR/SF/SP y LR/CF/CP muestran correlación positiva, aunque en el primer tratamiento es marginalmente significativa y en el segundo es más alta y significativa. En la labranza convencional la relación entre las pérdidas de suelo medidas a campo y las estimadas es buena en la mayoría de los tratamientos (excepto en la LC/SF/SP) aunque con mayor nivel en las situaciones fertilizadas. El escurrimiento estimado y medido en la siembra directa con fertilización presenta correlación positiva y significativa, mientras que solo la LR/CF/CP es el único tratamiento de la LR que muestra correlación significativa.

Larose *et al.* (2004) señalan que la comparación de los valores medidos con los predichos muestra que el modelo WEPP tiende a sobreestimar las pérdidas de suelo menores a 5tha^{-1} para los eventos con escurrimientos menores a 1mm, mientras que las pérdidas de suelo mayores a 10tha^{-1} se subestiman. De acuerdo a lo expresado por Nearing (1998) las diferencias observadas son frecuentes que ocurra cuando se comparan valores medidos con calculados por el modelo. Esto podría deberse a las limitaciones para capturar la componente aleatoria de los datos medidos de erosión con modelos determinísticos (Bowen *et al.*, 1998), como así también, a errores en la



precisión de datos como por ejemplo de la precipitación ya que esta ha sido reconocida como una fuerza dominante en cualquier modelo hidrológico y de erosión de suelo (Flanagan y Nearing, 1995).

5.6.2. PENDIENTE EL VERTEDERO

La pérdida de suelo obtenida de la simulación, por evento y total, en todos los ciclos estudiados en la pendiente fue inferior cuando se utilizaron los parámetros de erodabilidad y corte hidráulico por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica medida a campo. La estimación fue mayor cuando la simulación se efectuó con todos los parámetros mediante ecuaciones. Mientras que con un nivel intermedio de pérdida de suelo con los parámetros calculados por el modelo WEPP.

Por otra parte, el escurrimiento registrado mediante simulación, por evento y total, en todos los ciclos estudiados fue inferior cuando se utilizaron los parámetros de erodabilidad y corte hidráulico calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica medida a campo. Se obtuvo el mayor escurrimiento, y con niveles muy similares, cuando se utilizaron todos los parámetros estimados por ecuaciones o calculados por el modelo WEPP.

5.6.2.1. Evaluación en el ciclo 1999-2000

Las pérdidas totales obtenidas por simulación fueron sobreestimadas respecto a las medidas en el campo en el ciclo 1999-2000. En el primer evento fueron subestimadas en todas las secciones de la pendiente cuando se utilizó el modelo con las distintas condiciones de simulación. También fueron subestimadas las pérdidas de suelo en el segundo evento del ciclo cuando el modelo efectuó la simulación con los parámetros estimados por el WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo.

En el segundo evento las pérdidas fueron sobreestimadas cuando se utilizaron en las simulaciones los parámetros calculados por ecuaciones y por el modelo, excepto en la loma plana. Esto estaría vinculado a la baja intensidad



de la precipitación en el primer evento ($I_{\text{máx.}} 15,2\text{mmh}^{-1}$) y algo superior en el segundo ($I_{\text{máx.}} 19,2\text{mmh}^{-1}$) con una cobertura vegetal muy similar, lo que indicaría que el modelo presenta un umbral de intensidad cercano a los 19mmh^{-1} a partir del cual no registraría pérdida de suelo. En el tercer y cuarto evento todas las formas de simulación sobreestiman las pérdidas de suelo, inclusive algo superior en el último, en todas las secciones de la pendiente, vinculado principalmente a las muy altas precipitaciones e intensidades. Esto evidencia una sobrevaloración del volumen e intensidad de la tormenta frente a otros factores que intervinieron en el proceso de erosión, tal como la cobertura (máxima en el último evento) y la condición superficial del suelo (baja humedad antecedente).

Los escurrimientos obtenidos en la simulación del ciclo 1999-2000 fueron sobreestimados respecto a las medidas en el campo, del segundo al cuarto evento, cuando se utilizaron parámetros calculados por el WEPP y estimados por las ecuaciones. También, los valores fueron sobrestimados en el tercer y cuarto evento cuando se efectuó la estimación con los valores calculados por el WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo. En cambio, fueron subestimados en el resto de los eventos en todas las formas de simulación.

Considerando los datos agrupados por evento y totales del ciclo se encontró una muy alta correlación ($r=0,99$) y significativa en la pérdida de suelo y en el escurrimiento estimado bajo las tres condiciones de simulación. Sin embargo, no se observó ninguna correlación por evento en las pérdidas y los escurrimientos medidos con los valores calculados. Tomando los datos totales se observa correlación, aunque no significativa, entre las pérdidas medidas y calculadas, mientras que, con relación al escurrimiento sólo se observó correlación ($r=-0,56$) y no significativa, entre los valores medidos y los calculados con parámetros estimados por ecuaciones.

5.6.2.2. Evaluación en el ciclo 2000-2001

En el ciclo 2000-2001 las pérdidas fueron sobreestimadas en el primero,



segundo y cuarto evento en todas las secciones, excepto en la loma plana de los dos primeros eventos. En esta última situación la estimación fue similar a las pérdidas medidas en el segundo evento cuando en la simulación se utilizaron los parámetros estimados por la WEPP. Mientras que, muy subestimado cuando se efectuó con los parámetros estimados por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo; y sobreestimado cuando se utilizaron los valores estimados por ecuaciones. Esto indicaría que para la loma plana, en este evento, el modelo muestra mayor sensibilidad a los cambios del valor de infiltración. La sensibilidad del modelo WEPP a los valores de infiltración ha sido indicada por numerosos autores (Risse *et al.* 1994, 1995 a y b; Liu *et al.* 1997; Mariani *et al.* 2000).

En el tercer evento de bajo volumen, duración e intensidad, el modelo no simula pérdida de suelo, por lo cual, hay subestimación con respecto a las pérdidas medidas a campo bajo precipitación natural. En el cuarto evento la sobreestimación fue mayor cuando la simulación se realizó con los parámetros estimados por ecuaciones.

La pérdida de suelo total en el ciclo fue sobreestimada en todas las secciones de la pendiente, excepto en la loma plana. En esta última los niveles fueron muy similares cuando las estimaciones se realizaron con los parámetros calculados por el WEPP, mientras que, subestimados cuando la simulación se efectuó con valores del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo. Con la otra simulación los valores de sobreestimación intermedios de pérdidas de suelo. La sobreestimación de las pérdidas totales de suelo estimadas con el WEPP fue señalada en investigaciones realizadas por Larose *et al.* (2004).

La pérdida de suelo simulada por evento y total del ciclo 2000-2001 en las tres situaciones utilizadas presentan una muy alta correlación y significativa. Solo se observó correlación ($r=0,52$, $p=0,04$) entre la pérdida de suelo medida y la estimada con parámetros de erosión establecidos por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo. Croke y Nethery (2006) señalan una



baja correlación entre las pérdidas de suelo medidas y las estimadas por el modelo WEPP en suroeste Australiano.

Los escurrimientos en el ciclo 2000-2001 fueron ligeramente subestimados respecto a los medidos en el primer evento, con niveles muy similares entre sí, cuando las estimaciones fueron realizadas con valores calculados por el WEPP y a partir de ecuaciones. Mientras que, cuando las estimaciones se realizaron con la infiltración medida a campo la subestimación es mucho mayor. En el segundo evento el escurrimiento es subestimado en todas las secciones, a excepción de la loma media y algo menos en la alta, cuando las simulaciones se realizaron con parámetros calculados por el WEPP y estimado por ecuaciones. En las simulaciones con la velocidad medida a campo se observa una alta subestimación en todas las secciones de la pendiente. Esto indicaría que el modelo sobrevaloraría la alta cobertura vegetal (75%) y consideraría prácticamente nula el efecto de la condición superficial. En el tercer evento, al igual que lo acontecido con las pérdidas, el modelo WEPP no simula escurrimiento. En el último evento del ciclo el modelo sobreestima en todas las secciones, excepto en la loma alta cuando la simulación se efectuó con parámetros del WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo. El escurrimiento total medido esta subestimado por el simulado por el modelo WEPP.

Las estimaciones del escurrimiento en el ciclo por evento presentan una alta correlación positiva y muy significativa entre las diferentes simulaciones. En cambio, considerando las estimaciones totales, hay altas correlaciones, aunque marginalmente significativas, entre las simulaciones realizadas utilizando parámetros calculados por el WEPP con el estimado por ecuaciones, y con el estimado con el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo. Además, se presenta una relación aceptable, aunque no significativa, entre el escurrimiento calculado con parámetros de erosión estimados por ecuaciones y el efectuado con valores del modelo e incluyendo la infiltración medida a campo.



Por otra parte, en el ciclo 2000-2001 el escurrimiento medido presenta alta correlación, inversa y marginal, con el escurrimiento estimado con los parámetros de erosión calculados por el WEPP, y una correlación negativa y no significativa con las simulaciones del escurrimiento efectuadas con valores estimados por ecuaciones. Además, una muy alta correlación, negativa y poco significativa, cuando se efectuaron las estimaciones con parámetros estimados por el modelo y la velocidad de infiltración básica medida a campo.

5.6.2.3. Evaluación en el ciclo 2001-2002

En el ciclo 2001-2002, al igual que en el ciclo anterior, las pérdidas simuladas sobreestiman a las medidas en el primer y cuarto evento en todas las secciones, excepto en la loma plana en el primero. La sobreestimación es levemente superior en el cuarto evento lo que indicaría que el modelo sobrevalora la precipitación, siendo la mayor en este evento, por encima de la cobertura máxima que presenta la pendiente. En el cuarto evento la sobreestimación de los datos calculados en relación con los medidos fue aun mayor en la simulación realizada con los parámetros estimados por ecuaciones. En el segundo evento, las pérdidas fueron sobreestimadas cuando las estimaciones se efectuaron con parámetros del WEPP y estimados por ecuaciones, mientras que, muy subestimadas o nulas cuando se efectuó la simulación con todos los parámetros estimados por el modelo y la velocidad de infiltración medida a campo. Lo que indicaría la influencia de la velocidad de infiltración en la simulación del modelo WEPP (Alberts *et al.*, 1995; Nearing, 1998; Mariani *et al.* 2000).

En el tercer evento de bajo volumen, duración e intensidad, el modelo no simula pérdida de suelo, lo que indicaría una subestimación de las pérdidas en eventos de baja erosividad.

La pérdida de suelo total simulada en el ciclo 2001-2002 sobreestimó las mediciones efectuadas en el campo bajo precipitación natural en todas las secciones de la pendiente.



La pérdida de suelo calculada por evento y total en el ciclo registra muy alta correlación y significativa entre los tres tipos de simulaciones. Se observa correlación inversa y no significativa entre la pérdida de suelo medida a campo y las diferentes simulaciones del modelo WEPP.

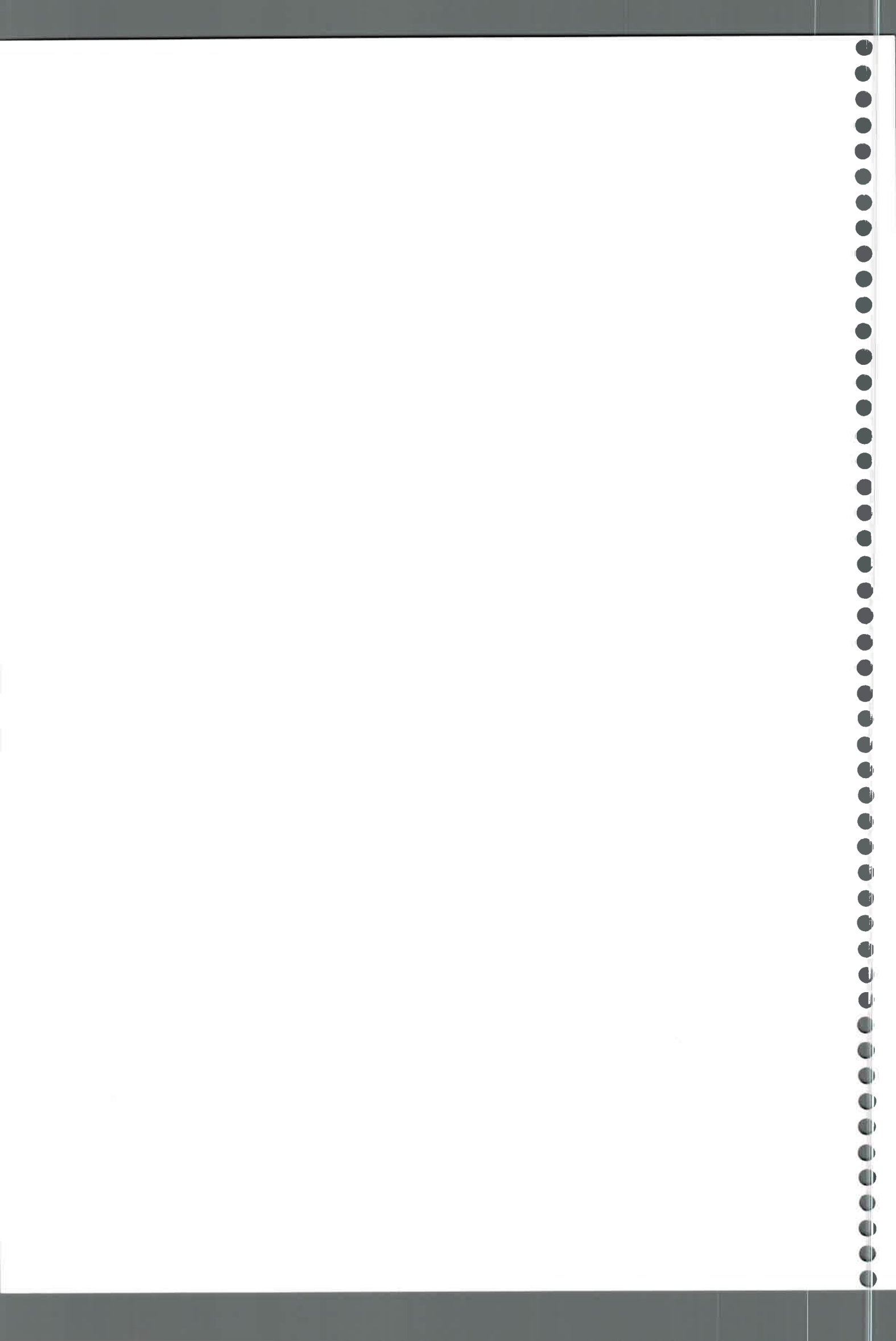
El escurrimiento calculado a través del WEPP en el ciclo 2001-2002 sobreestimó los valores medidos en el primer y cuarto evento, mientras que subestimó en los demás eventos. Al igual que en el ciclo anterior, en el tercer evento el modelo no estima escurrimiento en una precipitación de muy bajo volumen e intensidad.

Las estimaciones del escurrimiento realizadas, por evento y totales, en este ciclo registran una muy alta correlación y significativa considerando los diferentes parámetros en las simulaciones. En el ciclo el escurrimiento medido y las distintas simulaciones efectuadas por el modelo WEPP presentan una correlación inversa y significativa, siendo la relación algo mejor, cuando la estimación se efectuó utilizando la velocidad de infiltración medida a campo.

5.6.2.4. Evaluación en el ciclo 2002-2003

En este ciclo, al igual que en el anterior, las pérdidas simuladas sobreestiman las pérdidas de suelo medidas en el primero, segundo y cuarto evento, a excepción de la loma plana en este último. En esta última situación se registra un valor muy similar cuando la estimación es realizada con parámetros de la erodabilidad y conductividad hidráulica efectiva calculada por el WEPP, y subestimada cuando la simulación es efectuada con parámetros del WEPP y la velocidad de infiltración medida. Como ocurriera en los dos ciclos anteriores en el tercer evento la simulación no registra pérdida de suelo.

Las pérdidas de suelo estimadas por el modelo WEPP por evento y total en el ciclo presentan una muy alta correlación y significativa en las diferentes simulaciones. En este ciclo considerando los valores por evento se registra una correlación positiva y significativa entre la pérdida medida y simulada.



El escurrimiento simulado por el modelo WEPP en el ciclo sobreestimó los valores medidos en el primer y segundo evento, excepto en la loma media del último evento cuando las estimaciones se realizaron con parámetros del modelo y la velocidad de infiltración medida a campo. En el tercer evento, al igual que en los dos ciclos anteriores, el modelo no estima escurrimiento o subestima como en la loma media y baja cuando la simulación se efectuó con parámetros calculados por el WEPP, y en la loma media con los parámetros estimados por ecuaciones.

En el cuarto evento, la simulación sobreestimó los escurrimientos en la loma plana y alta cuando la estimación la realizó con parámetros calculados por el WEPP y estimados por ecuaciones, mientras que, subestimó en las demás secciones. Sin embargo, las estimaciones subestimaron las medidas a campo, cuando la aplicación del modelo se efectuó con los parámetros calculados por el WEPP y además se utilizó la velocidad de infiltración medida a campo.

Las estimaciones del escurrimiento realizadas por evento en el ciclo 2002-2003 registran una muy alta correlación y significativa entre las diferentes simulaciones. Considerando por evento se presenta una correlación positiva, marginalmente significativa, entre el escurrimiento medido y las distintas simulaciones efectuadas por el modelo WEPP, mientras que con los valores totales la misma es algo superior pero no significativa.

Por otra parte, el escurrimiento obtenido de la simulación, por evento y total, en todos los ciclos estudiados fue inferior cuando se utilizaron los parámetros de erodabilidad y corte hidráulico calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica medida a campo. Se obtuvo el mayor escurrimiento, y con niveles muy similares, cuando se utilizaron todos los parámetros estimados por ecuaciones o calculados por el modelo WEPP.



Considerando por sección y tomando todos los datos de la pendiente en conjunto no se observa relación entre la pérdida de suelo y el escurrimiento medido a campo y los estimados por el modelo WEPP.

Las simulaciones del modelo WEPP presentan en todos los ciclos un nivel mayor de pérdida en la loma media y muy ligeramente inferior en la loma alta, mientras que, menores en la loma plana e intermedios en la loma baja. Cuando se utilizaron los valores estimados y calculados, las simulaciones presentan en todos los ciclos un nivel mayor de escurrimiento en la loma media y muy ligeramente inferior en la loma baja, mientras que es menor en la mayoría de los casos en loma plana e intermedios en la loma alta. Esto indicaría la influencia del gradiente de la pendiente en el modelo (Nearing y Nicks, 1998) ya que la loma alta y media son las secciones de la pendiente que presentan los mayores valores y con niveles muy similares. En cambio, con los valores de los parámetros estimados por el WEPP y la velocidad de infiltración medida a campo, los escurrimientos son menores respecto a las otras simulaciones, con los mayores escurrimientos en la loma baja y un valor ligeramente inferior la loma media, e inferiores en la loma plana. Esto podría estar relacionado con la condición superficial del suelo a través de una mayor velocidad de infiltración.

En general una diferencia muy importante entre los valores obtenidos por las estimaciones a través del modelo WEPP y las mediciones de campo de la pérdida de suelo y el escurrimiento fue la incapacidad del modelo de simular en eventos de bajo volumen e intensidad, como así también, de sobreestimar en aquellas precipitaciones de alta intensidad. Por ello, se considera de gran importancia continuar con la actualización permanente de la base climática con datos meteorológicos estadísticos mensuales de largo alcance para optimizar la generación de una secuencia diaria de datos simulados por los años que se desee simular.



En el país se han efectuado simulaciones de las pérdidas de suelo y el escurrimiento utilizando el modelo WEPP, entre las que destacan las realizadas por Savio (1996), Benavidez *et al.* (1998), Vera *et al.* (2002), en Molisoles y Vertisoles de Entre Ríos, aunque en estas investigaciones no se compararon las simulaciones con mediciones directas. Mientras que Mariani *et al.* (2000) en el pedemonte Mendocino realizan estimaciones de la erosión hídrica a partir del WEPP y efectúan la comparación entre los valores observados en parcelas y los estimados por el modelo e indican que si bien los resultados son promisorios se debería continuar con el ajuste en cuencas con vegetación.

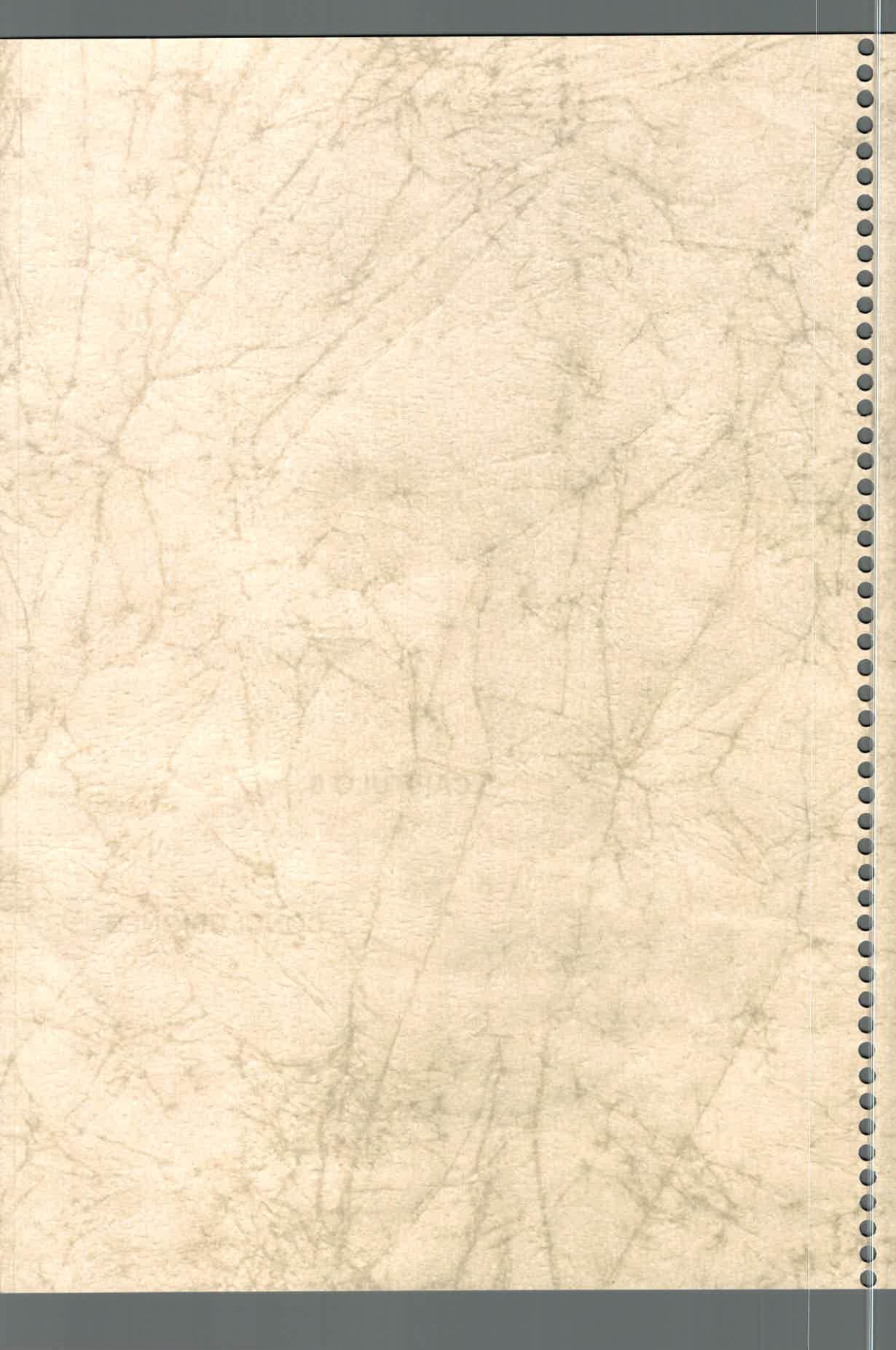
La aplicación del modelo WEPP en esta investigación representa un paso muy importante en la predicción de los procesos de erosión hídrica en la región pedemontana del suroeste de Córdoba, como así también, en la construcción de las diferentes bases de datos por el gran número de parámetros requeridos en cada una de ellas. La base climática requiere una mención especial ya que fue mencionada en las investigaciones citadas anteriormente como una gran limitación para la aplicación del modelo, y en la presente investigación permitió simular estocásticamente las precipitaciones por evento y con ello comparar las simulaciones obtenidas con los datos medidos a campo.

El modelo simula la evolución temporal de variables del suelo, cultivo, evapotranspiración, escurrimiento, erosión, lo que permitiría una adecuada interpretación del funcionamiento del sistema suelo-agua-planta-clima-manejo, constituyéndose en una valiosa herramienta de simulación, en la medida que este ajustada a las condiciones locales, para predecir los procesos de erosión hídrica, y muy útil en la planificación y diseño de prácticas de conservación de suelos.



CAPITULO 6

CONCLUSIONES





En el presente capítulo se realizará una síntesis de las principales conclusiones ya que a través de los distintos capítulos de la presente investigación fueron planteadas principalmente conclusiones parciales.

El área pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba presenta un clima templado húmedo con un régimen mesotermal, una alta variabilidad climática y un pequeño déficit hídrico e importantes excesos hídricos. Las precipitaciones presentan una fuerte concentración en primavera-verano con una gran variación temporal y espacial y una marcada estación seca en invierno. La actualización de los datos climatológicos indica la continuidad de una tendencia al aumento de las precipitaciones en las últimas décadas. En esta condición climática los procesos erosivos están vinculados a precipitaciones con intensidades moderadas a altas, si bien con bajas intensidades también se ha producido erosión hídrica.

Los vientos dominantes de dirección N, NE y muy subordinadamente la componente del NO son importantes por ser preferentemente cálidos, aun en invierno, lo que afecta fuertemente la variabilidad de la condición de humedad del horizonte superficial de los suelos condicionando el proceso de erosión hídrica.

Los suelos del área presentan un bajo desarrollo pedogenético, son poco profundos con un horizonte superficial de escaso espesor y una importante erosión antecedente, por lo cual son altamente susceptibles a los procesos de erosión hídrica.

Los suelos presentan un bajo contenido coloidal y un amplio dominio textural de arena muy fina que le confieren una alta susceptibilidad intrínseca a los procesos de erosión hídrica.

Los sistemas de labranzas evaluados exhiben una fuerte disminución del contenido de carbono orgánico en el horizonte superficial con relación al suelo de referencia.



La siembra directa y la labranza reducida presentan en el horizonte superficial una tendencia al aumento del contenido de carbono orgánico promedio a lo largo del ciclo estudiado, aunque más manifiesto en las situaciones con fertilización y sin pastoreo. La labranza convencional presenta menores contenidos de carbono orgánico en el horizonte superficial con relación a los otros sistemas de labranza, especialmente en los tratamientos con pastoreo, vinculado al bajo retorno del material orgánico debido a la menor disponibilidad de residuo vegetal.

Los sistemas de labranza presentan un alto nivel de compactación superficial vinculado al coloide orgánico, a las características texturales intrínsecas y al uso y manejo del suelo.

En la siembra directa la compactación por el tráfico, el pastoreo y la falta de remoción, generó una mayor cohesión entre las partículas provocando incrementos en la densidad aparente, la resistencia mecánica y la formación de agregados de mayor tamaño.

La mayoría de los tratamientos de la labranza reducida presentan incrementos en la densidad aparente y resistencia mecánica vinculados a la escasa remoción con variaciones asociadas a cambios en los contenidos de carbono orgánico. En la labranza reducida sin pastoreo hay una tendencia al incremento de los agregados de mayor tamaño y una marcada disminución de los restantes. En los tratamientos con pastoreo los agregados tienen una distribución más homogénea con un incremento de los agregados menores.

La labranza convencional presenta un nivel de compactación inferior y valores de densidad aparente y resistencia mecánica más bajos en relación a los demás sistemas, con diferencias entre los tratamientos pastoreados y no pastoreados. La labranza convencional presenta un aumento significativo de los agregados de menor tamaño y una distribución más homogénea en los tamaños intermedios asociado a la remoción por la labranza. En los



tratamientos pastoreados la densidad aparente presenta altos niveles atribuibles a la disminución del coloide orgánico y a la compactación por pisoteo animal.

La marcada disminución de la velocidad de infiltración en la siembra directa y en la labranza reducida con fertilización y sin pastoreo esta asociada a los altos niveles de compactación. En la labranza convencional los incrementos en la velocidad de infiltración se vinculan a un aumento significativo de los agregados más pequeños que generarían una mayor porosidad y facilitarían la circulación del agua en el horizonte superficial. En los sistemas con baja velocidad de infiltración se producirían importantes excedentes hídricos.

La alta velocidad de infiltración en la labranza convencional esta controlada por la alta susceptibilidad a la formación de sello que provoca un fuerte condicionamiento al escurrimiento superficial del agua y a los procesos de erosión hídrica de la región.

La medición directa y sistemática bajo precipitación natural por evento de la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar, establecida por primera vez en la región a través de la presente investigación, indica que en todos los eventos evaluados se registró pérdida de suelo y escurrimiento en las pendientes estudiadas.

En la pendiente Pozo del Carril a lo largo del ciclo evaluado la siembra directa con fertilización y sin pastoreo presentó la menor pérdida de suelo por erosión hídrica laminar, seguida con un nivel ligeramente superior por la siembra directa con fertilización y pastoreo, la siembra directa sin fertilización y sin pastoreo y la labranza reducida fertilizada con variaciones dependiendo de las características de los eventos y la condición superficial de los suelos.

La labranza convencional sin fertilización y con pastoreo en la pendiente Pozo del Carril en el ciclo evaluado presentó la mayor pérdida de suelo por



erosión laminar, seguida por los otros tratamientos de la labranza convencional con variaciones dependiendo de las características de los eventos y la condición superficial de los suelos.

La siembra directa y la labranza reducida con fertilización y sin pastoreo en la pendiente Pozo del Carril presentaron el menor escurrimiento en el ciclo evaluado seguido por la labranza reducida con fertilización y pastoreo con variaciones asociadas a la condición superficial y a las características de los eventos.

La labranza convencional en la pendiente Pozo del Carril con fertilización y pastoreo en el ciclo evaluado presentó el mayor escurrimiento y con un nivel ligeramente inferior la labranza convencional sin fertilización y con pastoreo y la siembra directa sin fertilización y pastoreo con variaciones vinculadas a la condición superficial y a las características de los eventos.

Los mayores escurrimientos registrados en la pendiente Pozo del Carril en el período evaluado en la siembra directa y labranza convencional están asociados al pastoreo, mientras que en la labranza reducida a la condición de fertilización.

Las menores pérdidas de suelo por erosión hídrica en la pendiente Pozo del Carril se registraron en eventos de bajo volumen de precipitación e intensidad, aunque se incrementaron en tratamientos con baja cobertura vegetal. En estos eventos ocurrieron altos escurrimientos en tratamientos con baja cobertura, alta compactación superficial y en aquellos con alta susceptibilidad a la formación de sello. Cuando el evento presentó un pico de intensidad máxima al final, se registraron las menores pérdidas de suelo en tratamientos con mayor cobertura, aunque se encontraron altos escurrimientos en la mayoría de los tratamientos asociados a la condición superficial.



Las pérdidas de suelo y los escurrimientos fueron mayores en la pendiente Pozo del Carril en eventos de alto volumen, duración e intensidad con baja cobertura vegetal y en tratamientos con alta susceptibilidad a la formación de sello. Por ello se considera importante profundizar en el conocimiento de los cambios que se producen en las propiedades físicas de la parte superficial del suelo durante la formación de sello ya que este afecta el desprendimiento y transporte de material y el escurrimiento en el proceso de erosión hídrica laminar.

Las pérdidas de suelo y los escurrimientos fueron bajas en la pendiente Pozo del Carril en eventos de alto volumen, duración intermedia y baja intensidad máxima, independiente de la cobertura vegetal, y especialmente en condición de baja humedad antecedente.

Las altas pérdidas de suelo y los escurrimientos registrados en la pendiente Pozo del Carril en eventos compuestos por una sola tormenta de moderado volumen, baja duración y alta intensidad máxima, bajo similares condiciones de cobertura vegetal, está vinculado principalmente a cambios en la condición superficial durante el desarrollo del evento. Ello hace necesario efectuar estudios detallados que permitan conocer el comportamiento de la condición superficial bajo diferentes condiciones de humedad antecedente y cobertura vegetal.

En la pendiente El Vertedero a lo largo del período evaluado la mayor pérdida total de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar se registraron en la loma media y el menor nivel en la loma baja y plana.

Las pérdidas de suelo en la pendiente El Vertedero fueron bajas en eventos de bajo volumen de precipitación e intensidad, con diferentes coberturas, mientras que el alto escurrimiento está asociado a la mayor compactación superficial por el pastoreo intensivo. Cuando el evento presentó un pico de intensidad máxima al final, las pérdidas de suelo se incrementaron,



en la loma plana y baja, aun con alta cobertura, esto se vincula a la mayor acumulación de agua en la superficie debido al bajo gradiente. Por otra parte, los escurrimientos disminuyeron lo que se relaciona al aporte de la rugosidad de la cobertura vegetal.

Las pérdidas de suelo y los escurrimientos en la pendiente El Vertedero fueron moderadas a bajas en eventos de alto volumen, mediana duración y muy alta intensidad máxima al final, vinculado a la alta cobertura vegetal.

En la pendiente El Vertedero se produjeron pérdidas medias de suelo y escurrimientos con bajas coberturas en eventos compuestos por una sola tormenta de moderado volumen, baja duración y alta intensidad, como así también, en eventos de volumen moderado de precipitación y duración y compuesto por varias tormentas de baja intensidad máxima.

Las mayores pérdidas de suelo y los escurrimientos en la pendiente El Vertedero se produjeron en eventos con alto volumen, duración intermedia a alta con la intensidad máxima al final del evento y asociada a la baja cobertura vegetal y a la condición superficial.

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero a lo largo del período evaluado presentaron una composición granulométrica con un amplio dominio de la fracción arena muy fina y menores contenidos y en forma decreciente de limo, arcilla, arena fina y arena media, vinculado a una distribución semejante en el suelo de origen.

En los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero a lo largo del período evaluado se registró la presencia de carbono orgánico.

En la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero se registró una remoción selectiva de los materiales dependiendo de la energía del evento, cuando esta

fue alta se movilizaron todos los tamaños de partículas y agregados, mientras que a bajas energías se movilizaron las partículas y agregados más finos.

En la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero a lo largo del período evaluado el carbono orgánico, el limo y la arcilla se movilizarían en el proceso de erosión hídrica laminar en forma conjunta como agregados y partículas individuales. Por ello, sería importante profundizar en el estudio de la distribución de tamaño efectivo y la composición de los sedimentos erodados bajo condiciones naturales de campo. Esto proveerá información sobre el comportamiento del sedimento transportado y la pérdida de nutrientes debido a que la mayoría están adsorbidos a los coloides orgánicos e inorgánicos.

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en la pendiente Pozo del Carril presentan a lo largo del período evaluado una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico, arena fina y arena muy fina. En la mayoría de los tratamientos el limo y la arcilla no presentan enriquecimiento, con pequeñas excepciones dependiendo del contenido en el suelo de origen, las características del evento y la condición superficial.

Los sedimentos producidos por erosión hídrica laminar en la pendiente El Vertedero presentan a lo largo del período evaluado una tasa de enriquecimiento de carbono orgánico, arena fina y arena muy fina, mientras que el limo y la arcilla no presentan incremento.

La tasa de enriquecimiento positiva de carbono orgánico en los sedimentos en la siembra directa de la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero se relaciona a que la mayor parte de la materia orgánica es más joven o lábil y con un corto tiempo de ciclado y no esta protegida por las partículas minerales, por lo cual, el impacto de la gota de lluvia provoca la movilización, junto con los nutrientes asociados, por los procesos de erosión hídrica laminar.



La tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en los sedimentos erosionados a lo largo del período evaluado es muy relevante en la siembra directa con fertilización y sin pastoreo llegando a septuplicarse, dependiendo de las características superficiales del suelo. Esto indica que a pesar de que la siembra directa en el sentido estricto conlleva a una renovación anual muy alta del carbono orgánico en los primeros centímetros del suelo y en las formas más lábiles, queda disponible para su movilización por procesos de erosión hídrica laminar.

La menor tasa de enriquecimiento de carbono orgánico en la mayoría de los tratamientos de la labranza convencional de la pendiente Pozo del Carril se relacionaría al bajo contenido del mismo en el suelo debido a las características de la labranza que favorecen la acumulación subsuperficial.

La tasa de enriquecimiento de arena muy fina en los sedimentos de la pendiente Pozo del Carril y El Vertedero se relaciona con el amplio dominio de esta fracción en el suelo y al bajo nivel de agregación de los horizontes superficiales.

La tasa de enriquecimiento negativa de arcilla y limo, en la mayoría de los tratamientos de la pendiente Pozo del Carril y en El Vertedero, estaría asociado a la participación de estas fracciones en los agregados más pequeños y a la baja reposición por procesos de rejuvenecimiento del horizonte superficial de los suelos.

Ninguna de las propiedades de los suelos evaluadas a lo largo de la investigación permitieron por si solo explicar la pérdida de suelo, el escurrimiento y el sedimento recolectado en el complejo proceso de erosión hídrica laminar. Por ello ha sido necesario tener en cuenta en el análisis al conjunto de propiedades evaluadas. Esto probablemente se deba a que la cantidad de mediciones efectuadas de las distintas propiedades para cada condición estudiada no fue suficiente para seleccionar alguna propiedad más



abarcativa que otra en relación con el proceso de erosión hídrica laminar.

La predicción de las pérdidas de suelo y el escurrimiento en las pendientes evaluadas en esta investigación representa la primera simulación a través del modelo WEPP en el área pedemontana del Suroeste de Córdoba y con ello la identificación y el tipo de información necesaria para calibrar y validar el modelo a las condiciones locales.

La predicción de las pérdidas de suelo y el escurrimiento en las pendientes evaluadas a través del modelo WEPP es muy compleja debido a que el programa requiere el ingreso de extensas bases de datos con parámetros que pueden ser difíciles y aún imposibles de obtener fuera del lugar donde se diseñó el modelo.

La base de datos climática se constituye en un parámetro de gran importancia y limitante para la simulación, a través del modelo WEPP, de la pérdida de suelo por erosión hídrica y el escurrimiento. Por ello, en esta investigación se construyó una base de datos meteorológicos estadísticos con información del área de estudio y una extensión de cinco años, según lo requerido por el modelo para la generación estocástica de series sintética a través del generador tipo CLIGEN. Se considera importante continuar con la obtención de la información meteorológica de calidad para lograr una longitud mínima de la base de datos climática requerida por el modelo.

La aplicación del modelo WEPP en las pendientes para la estimación de la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial en el ciclo evaluado manifestó sensibilidad a las variaciones de la conductividad hidráulica cuando esta fue calculada por el modelo WEPP, estimada a partir de ecuaciones y basada en la velocidad de infiltración medida a campo.

La pérdida de suelo obtenida en la simulación del período evaluado fue inferior cuando en la simulación se utilizaron los parámetros de erodabilidad y



corte hidráulico calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica medida a campo, mientras que mayores con todos los parámetros mediante ecuaciones y un nivel intermedio con los parámetros calculados por el modelo WEPP.

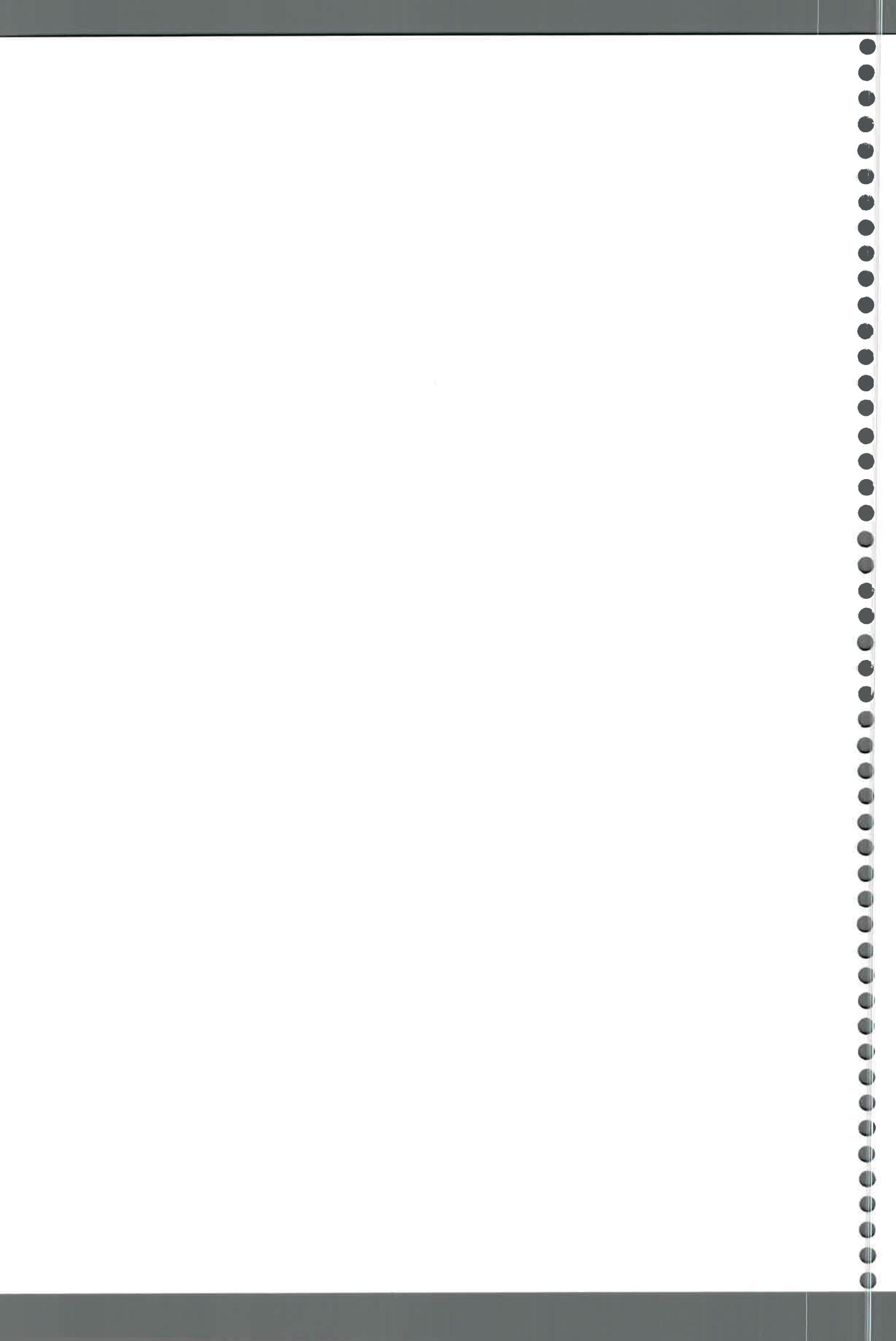
El escurrimiento estimado en la simulación del período evaluado fue inferior cuando en la simulación se utilizaron los parámetros de erodabilidad y corte hidráulico calculados por el modelo WEPP y la velocidad de infiltración básica medida a campo, mientras que mayores y muy similares cuando se estimaron con los parámetros mediante ecuaciones y calculados por el modelo WEPP.

En eventos de bajo volumen e intensidad el modelo WEPP subestima las pérdidas de suelo y el escurrimiento. El modelo presenta un umbral, precipitación inferior a 20mm e intensidad menor a 20mmh⁻¹, por debajo del cual no registra pérdida de suelo y escurrimiento por erosión hídrica laminar.

En eventos de alta a muy alta precipitación e intensidad el modelo WEPP sobreestimó las pérdidas de suelo y el escurrimiento. Esto se vincula a una sobrevaloración del volumen e intensidad de la tormenta en relación con otros parámetros que intervienen en el proceso de erosión como la cobertura vegetal y la condición superficial del suelo.

En la pendiente El Vertedero el modelo WEPP mostró sensibilidad al gradiente de la pendiente en la simulación de la pérdida de suelo y el escurrimiento por erosión hídrica laminar.

En el modelo WEPP se debería evaluar la posibilidad de incluir la estabilidad de agregados en agua para contar con un parámetro que fortalezca las complejas interacciones entre la energía involucrada en el impacto y la desagregación de partículas durante la lluvia con estrecha relación en el proceso erosivo y especialmente con la erodabilidad del suelo.

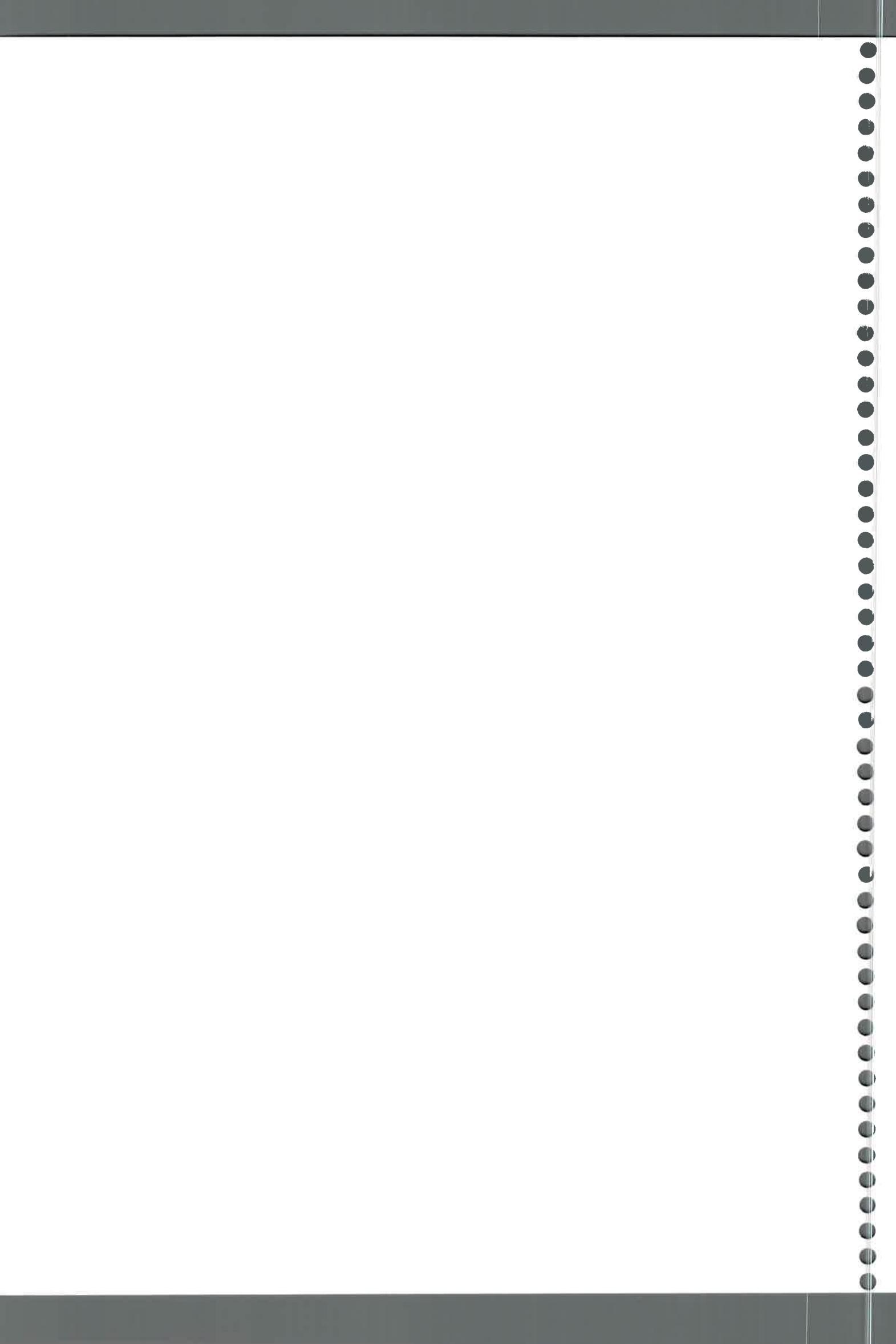


Si bien existe correlación entre las pérdidas de suelo medidas y estimadas por el modelo WEPP en las pendientes estudiadas, queda una incertidumbre respecto a su aplicación debido a que con altas precipitaciones el modelo sobrestima y con bajas subestima. Esto indicaría que se debería mejorar el ajuste de los diferentes parámetros que intervienen en el modelo, principalmente la componente del manejo y cultivo con datos locales. Por otro lado, efectuar una medición sistemática a campo de la pérdida de suelo y el escurrimiento con el fin de ajustar el error del método.

El modelo simula la evolución temporal de variables del suelo, cultivo, evapotranspiración, escurrimiento, erosión, lo que permitiría una adecuada interpretación del funcionamiento del sistema suelo-agua-planta-clima-manejo, constituyéndose en una valiosa herramienta de simulación, en la medida que este ajustada a las condiciones locales, para predecir los procesos de erosión hídrica, siendo muy útil en la planificación y diseño de prácticas de conservación de suelos.

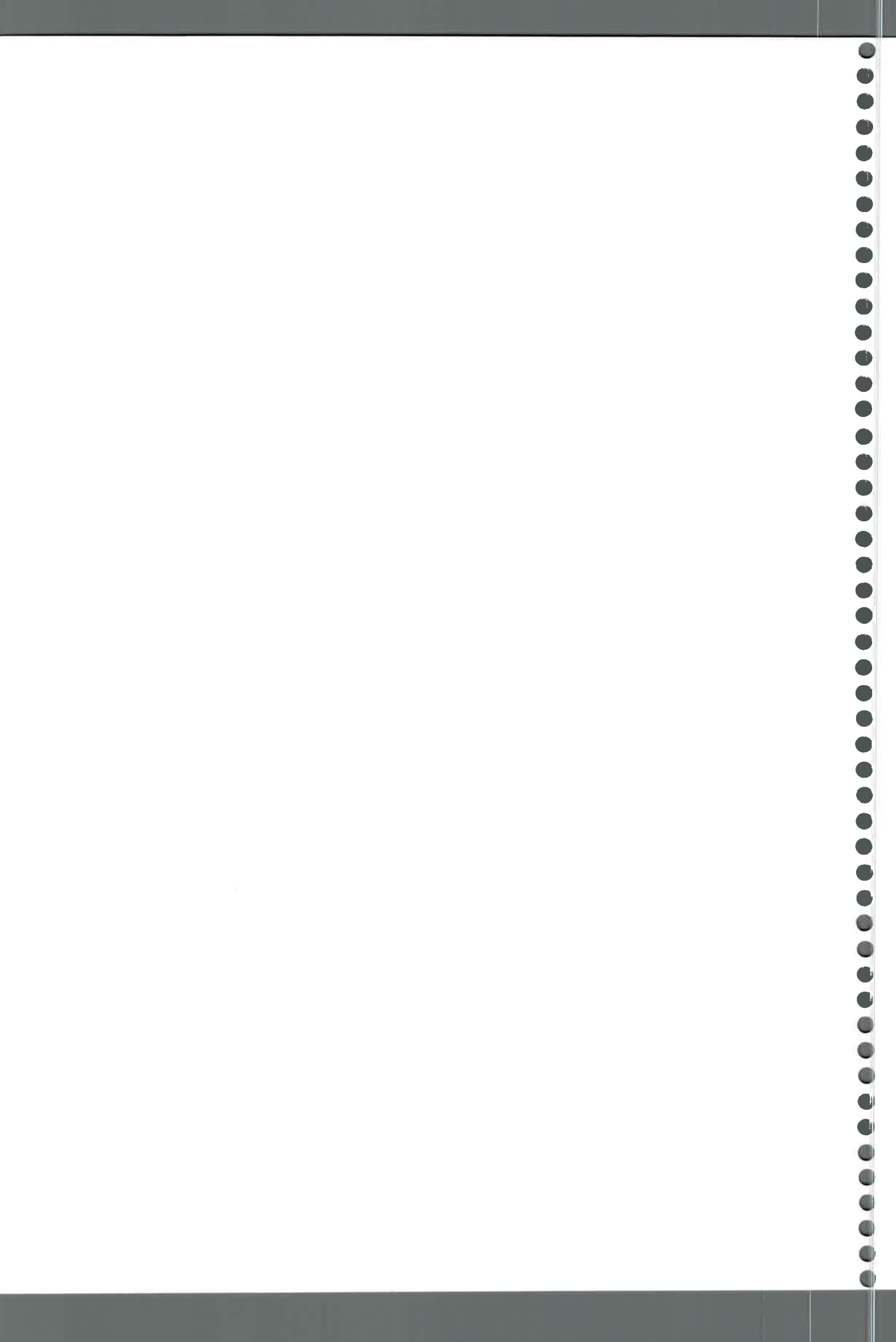
La pérdida de carbono orgánico por erosión hídrica laminar en el presente estudio es de fundamental importancia debido a que en suelos de bajo contenido coloidal este es un atributo clave de la calidad de los mismos por su marcada influencia sobre la mayoría de las propiedades y el funcionamiento del suelo. Bajo las condiciones evaluadas se vislumbra una difícil recuperación a corto plazo ya que la mejor condición de suelo del área presenta un 73% de disminución del carbono orgánico respecto al suelo de referencia.

La pérdida de suelo y el escurrimiento evaluado en esta investigación indican la importancia que presenta el proceso de erosión hídrica laminar en el área de estudio, alterando fuertemente los agroecosistemas por la degradación del recurso suelo y por un uso ineficiente del agua que genera excesos hídricos. El exceso de escurrimiento con importante caudal sólido se transforma en vehículo de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos,



que se transportan aguas abajo del área de aporte afectando diversas zonas de la cuenca y sectores alejados de la misma, contribuyendo por colmatación a la desaparición parcial de humedales, de gran importancia ecológica. La profundización de los procesos de erosión de suelos sin cambios que permitan revertir la situación conllevan a una tendencia a la desertización y a la disminución de la sustentabilidad de los agroecosistemas en la cuenca, como así también, a largo plazo la economía de toda la región.

El control del escurrimiento, la erosión hídrica laminar y la pérdida de nutrientes en pendientes en la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba, con suelos con alta susceptibilidad a la erosión, debida a la fragilidad intrínseca y a la degradación superficial, dependerá de la eficiencia del uso y manejo en superficie a través de una rotación adecuada de los cultivos y una mayor cobertura del suelo, en los momentos de alta probabilidad de ocurrencia de intensas precipitaciones y del mejoramiento de las condiciones físicas superficiales de los suelos mediante el secuestro y estabilización del carbono.



BIBLIOGRAFIA



- Adema, E. O.; Buschiazzo, D. E.; Babinec, F. J. y N. Peinemann. 2000. Efecto de la cobertura de vegetación y mantillo sobre las pérdidas de agua y suelo en dos sitios de pastizal en el caldenal pampeano. Acta XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.
- Adema, E. O.; F. J. Babinec y N. Peinemann. 2001. Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Cardenal Pampeano. Ciencia del Suelo, 19(2):144-154.
- Ahuja, L. R.; Sharpely, A. N. and O. R. Lehman. 1982. Effects of soil slope and rainfall characteristics on phosphorus in runoff. J. of Environmental Quality, 11(1): 9-13.
- Albaladejo, J. 1995. Estimating erosion rates Field experiments. In: Desertification in a European context. Physical and socio-economic aspects. Ed. R. Fantechi. 279-292 pp.
- Albaladejo, J.; Martínez-Mena, M.; Roldan, A. and V. M. Castillo. 1998. Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. Soil Use and Management, 14:1-5.
- Alberts, E. E. and W. C. Moldenhauer. 1981. Nitrogen and phosphorus transported for eroded soil aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J., 45:391-396.
- Alberts, E. E. and W. H. Neibling. 1994. Influence of crop residues on water erosion. In: Managing Agricultural Residues. Ed. Unger P. Chapter 3:19-39.
- Alberts, E. E., Nearing, M. A.; Weltz, M. A.; Risse, L. M.; Pierson, F. B.; Zhang, X. C.; Laflen, J. M. and J. R. Simanton. 1995. Chapter 7: Soil component. In: Flanagan, D. C. and M. N. Nearing (Eds), Water Erosion Prediction Project (WEPP). Hillslope profile and watershed model documentation. USDA-ARS- NSERL. Report N°10. West Lafayette, IN, USA. pp 7.1-7.12.
- Alvarez, R.; Díaz, R. A.; Barbero, N.; Santanotoglia, O. J. and L. Blotta. 1995. Soil Carbon microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. Soil Till. Res., 33:17-28.
- Alvarez, R.; Russo, M. A.; Prystupa, P.; Scheiner, J. D. and L. Blotta. 1998. Soil Carbon pools under conventional and no tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. Agronomy Journal, 90:138-143.
- Alvarez, C. R.; Gutiérrez Boem, F. H.; Taboada, M. A.; Prystupa, P.; Ocampo, J. F.; Fernández, P.; Moulin, M. y H. Vaccaro. 2004. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo distintos manejos en el norte de Buenos Aires. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Andriulo, A. y R. Rosell. 1988. Propiedades físicas edáficas en dos sistemas de labranza. Turrialba, 38(4):365-375.
- Angers, D. A.; Nadeau, P. and G. R. MEHUYS. 1988. Determination of carbohydrates composition of soil hydrolysates by high performance liquid chromatography. J. Chromatogr, 454:444-449.
- Angers, D. A.; Pesant, A. and J. Vigneux. 1992. Early cropping-induced changes in soil aggregation, organic matter and microbial biomass. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 115-119.



- Angers, D. A.; Voroney, R. P. and D. Coté. 1995. Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59:1311-1315.
- Angers, D. A. and M. Giroux. 1996. Recently deposited organic matter in soil water-stable aggregate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60:1547-1551.
- Annual Book of ASTM Standards. 1993. ASTM D 698 - 91. Section 4 Construction. Volume 04.08: Soil and Rock, Dimension Stone; Geosynthetics. p 165-172.
- Annual Book of ASTM Standards. 1993. ASTM D 3385 - 88. Section 4 Construction. Volume 04.08: Soil and Rock, Dimension Stone; Geosynthetics. p 452-458.
- Aoki, A. M.; L. E. Romero; G. F. Esmoriz; A. Moyano; A. Ateca; R. Mendoza; H. Apezteguía y R. Sereno. 1996. Modificaciones de un microsimulador de lluvia comercial. *Acta XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Página 227.
- Aquino, H.; Degioanni, A.; Fernández, E. y E. Bricchi. 2000. Efecto de diferentes tecnologías agrícolas sobre la materia orgánica en un Haplustol típico del oeste de Río Cuarto. *Acta XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. CD. 4 páginas.
- Arena, A. 1945. La Conservación de los suelos en Estados Unidos y el problema Argentino de la erosión. *Publican Instituto de Suelos y Agrotecnia N°3*. 15 páginas.
- Armstrong, C. L. and J. K. Mitchell. 1987. Transformations of rainfall by plant canopy. *Trans. ASAE.*, 30:688-696.
- Arranz, C.; Galantini, J.; Iglesias, J.; Krüger, H. y S. Venanzi. 2004. Sistema de labranza: efecto del pastoreo animal sobre la distribución del tamaño de poros. *Acta XIX Congr. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Assouline, S. and Y. Mualem. 1997. Modeling the dynamic of seal formation and its effect on infiltration as related to soil and rainfall characteristics. *Water Res.*, 33(7):1527-1536.
- Auer, V. 1951. Consideraciones científicas sobre la conservación de los recursos naturales de la Patagonia. *Pulic. Instituto de Suelos y Agrotecnia*. 36 páginas.
- Avnimelech, Y. and J. R. McHenry. 1984. Enrichment of transported sediments with organic carbon, nutrients, and clay. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:259-266.
- Ayres, Q. C. 1936. *Soil erosion and its control*. Ed. McGraw-Hill, Nueva York. 365 pp.
- Azevedo, A. S.; Kanwar, R. S. and R. Horton. 1998. Effect of cultivation on hydraulic properties of an Iowa soil using tension infiltrometers. *Soil Science*, 163:23-29.
- Barbosa, O. A.; Taboada, M. A.; Rodríguez, M. B. y D. J. Cosentino 1997. Regeneración de la estructura en diferentes fases de degradación de un suelo franco limoso de la pampa ondulada (Argentina). *Ciencia del Suelo*, 15:81-86.
- Bari, F.; Wood, M. K. and L. Murray. 1995. Livestock grazing impacts on interrill erosion in Pakistan. *J. Range Management*, 48:251-257.
- Baridón, E.; Pellegini, A. y J. Lanfranco. 2004. Pérdida de suelo en una microcuenca



- sobre Argiudoles y Natracuoles. Efectos de dos sistemas de manejo. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Barros, A. P.; Knapton, M. C.; Wang, M. C. and C. Y. Kuo. 1999. Runoff in shallow soils under laboratory conditions. J. of Hydrologic Engineering, 4(1):28-37.
- Barrows, H. L. and V. J. Kilmer. 1963. Plant nutrient losses from soils by water erosion. Adv. Agron., 16:303-316.
- Baumer, O.W., 1990. Prediction of soil hydraulic parameters. Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils. USDA-ARS/University California, Riverside, CA.
- Beasley, D. B.; Huggins, L.F. and E. J. Monke. 1980. ANSWERS: A model for watershed planning. Trans. ASAE., 23:938-944.
- Becker, A. R. 1987. Génesis de las Series (t) Spernanzoni y Rodeo Viejo, Departamento Río Cuarto, Córdoba. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad Nacional de Río Cuarto. 120 páginas.
- Becker, A. R.; Cantú, M. y H. Schiavo. 1996. Micromorfología de los Horizontes Cámbricos del Dpto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Acta XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Páginas 247-248.
- Becker, A. R.; Cantú, M. P. and H. F. Schiavo. 1997. Micromorphological Characteristics of Mollisol Cambic Horizons of Arg. Central region. In: Soil Micromorphology: Studies on Soil Diversity, Diagnostics, Dynamic. Ed. Shoba, Gerasimova and Miedema. Moscú- Wageningen. pp 52-58.
- Becker, A. R, M.P. Cantú y H. F. Schiavo. 1998. Alteración de la Dinámica del agua y sales por la presencia de Fragipanes. Evidencias Micromorfológicas. Proceedings 16 Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo, Francia. CD Symposium 30. 7 páginas.
- Becker, A. R.; Cantú, M. P.; Schiavo, H. F. y J. I. Ossana. 2001. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la región pedemontana del Suroeste de Córdoba, Argentina. XV Cong. Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. CD (VII-41). 4 páginas.
- Becker, A. R.; Ossana, J. I.; Cantú, M. P. y T. B. Musso. 2002a. Erosión hídrica laminar en relación a la degradación de los suelos en el Suroeste de la provincia de Córdoba, Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.
- Becker, A. R.; Cantú, M. P.; Ossana, J. I. y M. Grumelli. 2002b. El escurrimiento y las pérdidas de suelos por erosión hídrica laminar bajo diferentes sistemas de labranza, en la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba. Acta XIX Cong. Nacional del Agua. CD. 10 páginas.
- Becker, A. R.; Cantú, M. P.; Musso, T. B. y M. Grumelli. 2004. Evaluación de los sedimentos producidos por erosión hídrica en el Suroeste de Córdoba, Argentina. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Becker, A. R. y M. P. Cantú. 2006. Escurrimiento y erosión hídrica en el Suroeste de Córdoba, Argentina, En: Bases para la Conservación de Suelos y Aguas, en la cuenca



del Río Paraná. Ed. A. Paz González. Xunta de Galicia, España. 151-161. ISBN 987-05-1102-3.

Becker, A. R.; Díaz, E. L.; Cantú, M. P.; Meyer, C. y C. G. Cholaky. 2006. Aplicación del modelo WEPP en la predicción de erosión hídrica en el suroeste de Córdoba, Argentina. Acta XX Congr. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 5 páginas.

Bedano, J. C. 2004. Comunidades de invertebrados edáficos en el examen de calidad de suelos en agroecosistemas del sur de Córdoba. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto. 289 páginas.

Bedano, J. C.; Cantú, M. P. y M. E. Doucet. 2004. La influencia de distintos sistemas productivos en la densidad de ácaros edáficos en agroecosistemas de Córdoba, Argentina. Ciencia del Suelo, 22(2):119-106.

Bedano, J. C.; Cantú, M. P. and M. E. Doucet. 2006. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. Applied Soil Ecology, 32:293–304.

Bellón, C. A.; Calcagno, J. E.; Ipucha Aguerre, J.; Prego, A. J.; Quevedo, C. V. y L. A. Tallarico. 1958. La erosión del suelo en la cuenca occidental del Carcarañá. Publicación Instituto de Suelos y Agrotécnia N°57. 28 páginas.

Benavidez, R.; Duarte, O. y C. Savio. 1998. Implementación del modelo matemático WEPP de pérdida de suelo por erosión hídrica. Acta IV Cong. Nac. del Agua. Páginas 232-241.

Bianco, C. A.; Krauss, T.; Anderson, I. y J. J. Cantero. 1987. Las formaciones vegetales del Suroeste de la Provincia de Córdoba. Rev. UNRC, 7(1):5-56.

Blackburn W, Thurow H, Taylor C, 1986. Soil erosion on rangeland. In: Proc. Use of Cover, Soil and Weather Data in Range. Symp. Soc. for Range Manage. Denver, CO. USA. pp 31-39.

Blake, G. R. and K. H. Hartge, 1986. Bulk density. In: A. Klutr (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Agron. Monog 9. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, E.E.U.U. pp 363-375.

Blackburn, W. H.; Thurow, T. L. and C. A. Taylor. 1986. Soil erosion on rangeland. In: Proc. Use of Cover, Soil and weather data in rangr. Symp. Soc. For Range Manage. CO (USA). 31-39.

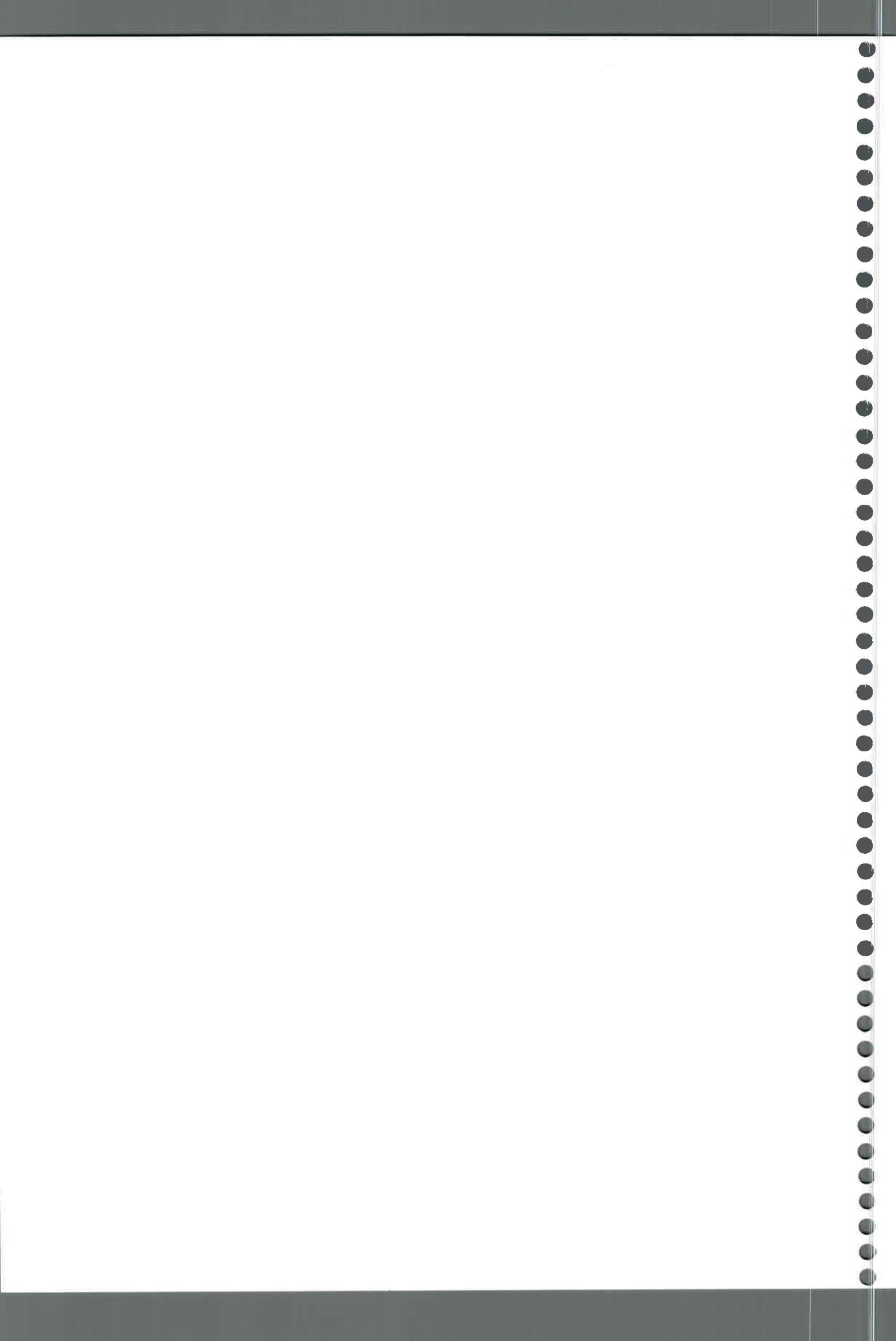
Blarasin, M. T. 2003. Geohidrología ambiental del sur de Córdoba, con énfasis en la Ciudad de Río Cuarto y su entorno rural. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto. 377 páginas.

Blevins, R. L.; Frye, W. W.; Baldwin, P. L. and S. D. Robertson. 1993. Tillage effects on sediment and soluble nutrient losses from a Maury silt loam soil. J. Environ. Qual., 19:683-686.

Blevins, R. L. and W. W. Frye. 1993. Conservation tillage an ecological approach to soil management. Adv. Agron., 51:33-78.



- Blum W. and A. A. Santelises, 1994. A concept of sustainability and resilience based on soil functions. En: Greenland D J, Szboles I (Ed). Soil Resilience and Sustainable Land use Pp 535-542 CAB Int., Wallingford, Oxon, UK.
- Bolline, A. 1975. La mesure de l'intensité du splash sur sol limoneux. Mise au point d'une technique de terrain et premiers resultats. *Pedologie*, 25:199-210.
- Bonadeo, E. 1997. Efecto de la compactación subsuperficial de un Hapludol típico del sur de Córdoba sobre el comportamiento del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). Tesis Magister Scientiae. UBA-INTA. 124 páginas.
- Bonel, B. A.; Morrás, H. J. M. y V. Bisaro. 2005. Modificaciones de la microestructura y la materia orgánica en un Argiudol bajo distintas condiciones de cultivo y conservación. *Ciencia del Suelo*, 23(1):1-12.
- Bonfils, C. G.; Calcagno, J. E.; Etchevehere, P. H.; Ipucha Aguerre, C. R.; Miaczynski, C. R. y L. A. Tallarico. 1960. Suelos y erosión en la región pampeana semiárida. Publicación Instituto de Suelos y Agrotecnia N°65. 82 páginas.
- Bongiovanni, M. D.; Lobartini, J. C. y G. A. Orioli. 2000. Cambios en las sustancias húmicas y agregados del suelo provocadas por labranzas. *Acta XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 4 páginas.
- Botta, G.; Jarajuria, D.; Dagostino, C.; Angellini, y G. Ibáñez. 2003. Efecto del tránsito del tractor sobre el suelo y el rendimiento del cultivo de soja en siembra directa. *Acta VII Cong. Arg. Ing. Rural*. CD. 6 páginas.
- Bowen, W.; Baigorria, G.; Barrera, V.; Cordova, J.; Muck, P. and R. Pastor. 1998. A process-based model (WEPP) for simulating soil erosion in the Andes. *Natural Resource Management in the Andes*, 403-408.
- Bouraoui, F. and T. A. Dillaha. 1996. ANSWERS 2000: RUNOFF AND SEDIMENT TRANSPORT MODEL. *J. Environ. Enginee.*, 122:493-502.
- Bradford, J. M. 1986. Penetrability. En: A. Klute (Ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 1. *Agron. Monog. 9*. Am. Soc. Agron.. Madison. Wisconsin, EEUU. pp 463-478.
- Bradford, J. M. and C. Huang. 1994. Interrill soil erosion as affected by tillage and residue cover. *Soil Till. Res.*, 31:353-361.
- Brandt, C. J. 1989. The size distributions of throughfall drops under vegetation canopies. *Catena*, 16:507-524.
- Bricchi, E. 1996. Relación entre la compactación, morfología y propiedades físicas de un Hapludol típico de Río Cuarto. Tesis Magister Scientiae, Universidad de Buenos Aires. 163 páginas.
- Bricchi, E. y J. Cisneros. 1998. Modificaciones de la porosidad producidas por compactación. *Proceedings 16 Cong. Mundial Ciencia del Suelo*. CD Symposium 2. 7 páginas.
- Bricchi, E.; Formía, F.; Cisneros, J. y G. Cerioni. 1999. Escurrimiento en un Haplustol típico con dos sistemas de labranzas. *XV Cong. Latinoamericano Ciencia del Suelo*.



CD. 4 páginas.

Bricchi, E.; Ribieri, L.; Aquino, H.; Degioanni, A. y F. Formía. 2000a. Dinámica de las condiciones superficiales de un Hapludol típico con tres sistemas de labranza. Acta XI Conferencia Internacional de Conservación de Suelos. Página 153.

Bricchi, E.; Ribieri, L. y F. Formía. 2000b. Propiedades Hidráulicas del sello en tres sistemas de labrazas. Actas XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.

Bricchi, E.; Parra, B.; Formía, F. y L. Verri. 2004a. Efecto del uso y las labranzas sobre la susceptibilidad a la compactación de un Hapludol típico. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.

Bricchi, E.; Formía, F.; Espósito, G.; Ribieri, L. and H. Aquino. 2004. The effect of topography, tillage and stubble grazing on soil structure and carbon levels. Span J. Agric. Res., 2(3):409-418.

Browning, G. M.; Parish, C.L. and J. Glass. 1947. A method for determining the use and limitations of rotation and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa. J. Am. Soc. Agron., 39:65-73.

Bryan, R. B. 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. Geoderma, 2:5-26.

Bryan, R. B. And J. De Ploy. 1983. Comability of soil erosion measurements with different laboratory rainfall simulators. Catena Supplement, 4:33-56.

Buján, A.; Santanatoglia, O.; Chagas, C.; Massobrio, M.; Castiglioni, M.; Yañez, M.; Ciallella, H. y J. Fernández. 2000. Preliminary study on the use of the technique for soil erosion investigation, in the Pampean region of Argentina. Acta Geológica Hispánica, 35:271-277.

Buján, A.; Santanatoglia, O.; Chagas, C.; Massobrio, M.; Castiglioni, M. y M. Yañez. 2002. Aplicación de la técnica del C137 en una transecta para el estudio de la erosión en una subcuenca del arroyo Morales. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.

Buján, A.; Santanatoglia, O.; Chagas, C.; Massobrio, M.; Castiglioni, M.; Yañez, M.; Ciallella, H. y J. Fernández. 2003. Soil erosion in a small basin through the use of Cs technique. Soil and Till. Res., 69(1-2):127-137.

Buján, A.; Santanatoglia, O.; Chagas, C.; Massobrio, M.; Castiglioni, M.; Leiva, C.; Miranda, G.; Ciallella, H. y J. Fernández. 2004. Utilización de radioisótopos de Fallout 137Cs y 210Pbex para el estudio de la erosión hídrica. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.

Busby, F. E. and G. F. Gifford, 1981. Effects of livestock grazing on infiltration and erosion rates measured on chained and unchained pinyon-juniper sites in southeastern Utah. J. Range Management, 34:400-405.

Buschiazzo, D. E.; Aimar, S. B. y K. Stahr. 1995. Factores que afectan la estabilidad estructural de suelos de la región semiárida pampeana central (Argentina). Ciencia del Suelo, 13(2):66-69.



- Buschiazzo, D. E.; Panigatti, J. L. y F. Babinec. 1996. Labranza en la Región Semiárida Argentina. Consideraciones finales. En: Buschiazzo, D. E.; Panigatti, J. L. y F. Babinec (Ed). Labranzas en la Región Semiárida Argentina. Páginas 147-156.
- Busnelli, J.; Such, P.; Desjarsdins, P. y J. M. Sayago. 2001. Mapa de riesgo de erosión a nivel de reconocimiento en el centro norte de la provincial de Tucumán, República Argentina. Actas III Reunión Nac. Geol. Amb. y Ordenación del Territorio. Página. 54.
- Cabrera, A L. 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II, Fasc. 1. Ed. Acme, Buenos Aires.
- Cambardella, C. A. and E. T. Elliot. 1993. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:1071-1076.
- Cambardella, C. A. and E. T. Elliot. 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:123-130.
- Cantero, A. y M. P. Cantú. 1980. Algunas consideraciones sobre los suelos y la degradación-recuperación de las tierras en el área de Río Cuarto (Córdoba). Seminario Internacional Deterioro en la Cuenca del Plata. (MAB-UNESCO). 26 páginas.
- Cantero, A. y M. P. Cantú. 1981. Unidades de erosión de la cuenca del sistema A° Santa Catalina-Del Gato-Lag. Tigre Muerto (60.000ha). Escuela de Graduados U.N.R.C. 8 páginas y 1 carta.
- Cantero, A. y M. P. Cantú. 1985. Manejo integrado de los Recursos Naturales para la optimización de su productividad en el Centro-Sur de la Prov. de Córdoba (Argentina). Propuesta de un programa de investigación. *Revista de la UNRC*, 4(2):35-55.
- Cantero, A., Becerra, V.; Cantú, M. P. y H. Gil. 1982. Distrito de Conservación de suelos Río Cuarto. Caracterización ambiental y pautas para la planificación de Consorcios. C.A.P.C.E.-Sec. Agricultura de la Prov. de Córdoba. 27 páginas y 1 carta.
- Cantero, A.; Bricchi, E.; Bonadeo, E. y R. Gallardo. 1987. Propiedades físicas de los principales subgrupos de suelos del centro-sur oeste de Córdoba. Actas II Jornadas Científico Técnicas, FAV-U.N.R.C.
- Cantero, A.; Cantero, J. J.; Cisneros J. M.; Cantu, M. P. y otros. 1992. Propuesta de Ordenamiento y Manejo Integrado de las Aguas en el sur de la Provincia de Córdoba. Actas II Congreso Argentino de Ingeniería Rural (CADIR). Area 4, Manejo de Aguas y Suelos. 4 páginas.
- Cantero, A., Cantú, M. P. y otros. 1998. Las Tierras y Aguas del Sur de Córdoba. Propuesta a un Manejo Sustentable. Ed. Universidad Nacional de Río Cuarto. 120 páginas. I.S.B.N. 950-665-101.
- Cantú, M. P. 1992. Holoceno de la Prov. de Córdoba. Manual: Holoceno de la República Argentina. Tomo I. Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur. Ed. M. Iriondo. Paraná. Argentina. 24 páginas.
- Cantú, M. P. 1998. Estudio Geocientífico para la Evaluación Ambiental y Ordenación



Territorial de una Cuenca Pedemontana. Caso: Cuenca del Arroyo La Colacha, Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto. 376 páginas.

Cantu, M.P. y A. R. Becker. 1988. Secuencia Holocénica en el A° Spernanzoni, Dpto. Río Cuarto, Prov. de Córdoba. Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur, Paraná, Argentina. Página 35.

Cantú, M. P. y A. R. Becker. 1991. Génesis de Hapludols típicos del suroeste de la provincia de Córdoba. Acta XIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Página 198.

Cantú, M. P. y A. R. Becker. 1999. El impacto del uso intensivo de la tierra en áreas templadas del centro de la República Argentina. I Conferencia Científica Internacional Medio Ambiente Siglo 21, Cuba. CD. 7 páginas.

Cantú, M. P. y S. B. Degiovanni. 1984. Geomorfología de la Región Centro-Sur de la Provincia de Córdoba. Actas IX Cong. Geol. Arg.; IV:76-94.

Cantú, M. P. ; Becker, A. R. y H. F. Schiavo. 1996a. Molisoles desarrollados en Loess del Pleistoceno Superior de Córdoba, República Argentina. Acta XIII Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.

Cantú, M. P.; Schiavo, H. F. y A. R. Becker. 1996b. Calcretos del sureste del departamento Río Cuarto, Córdoba, Argentina. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Páginas 249-250.

Cantú, M., A. Becker y H. Schiavo. 1998. La fragilidad natural del suelo y el uso del territorio como factores condicionantes del proceso de erosión en la región pampeana subhúmeda, Argentina. Proceedings 16 Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. CD Symposium 31. 7 páginas.

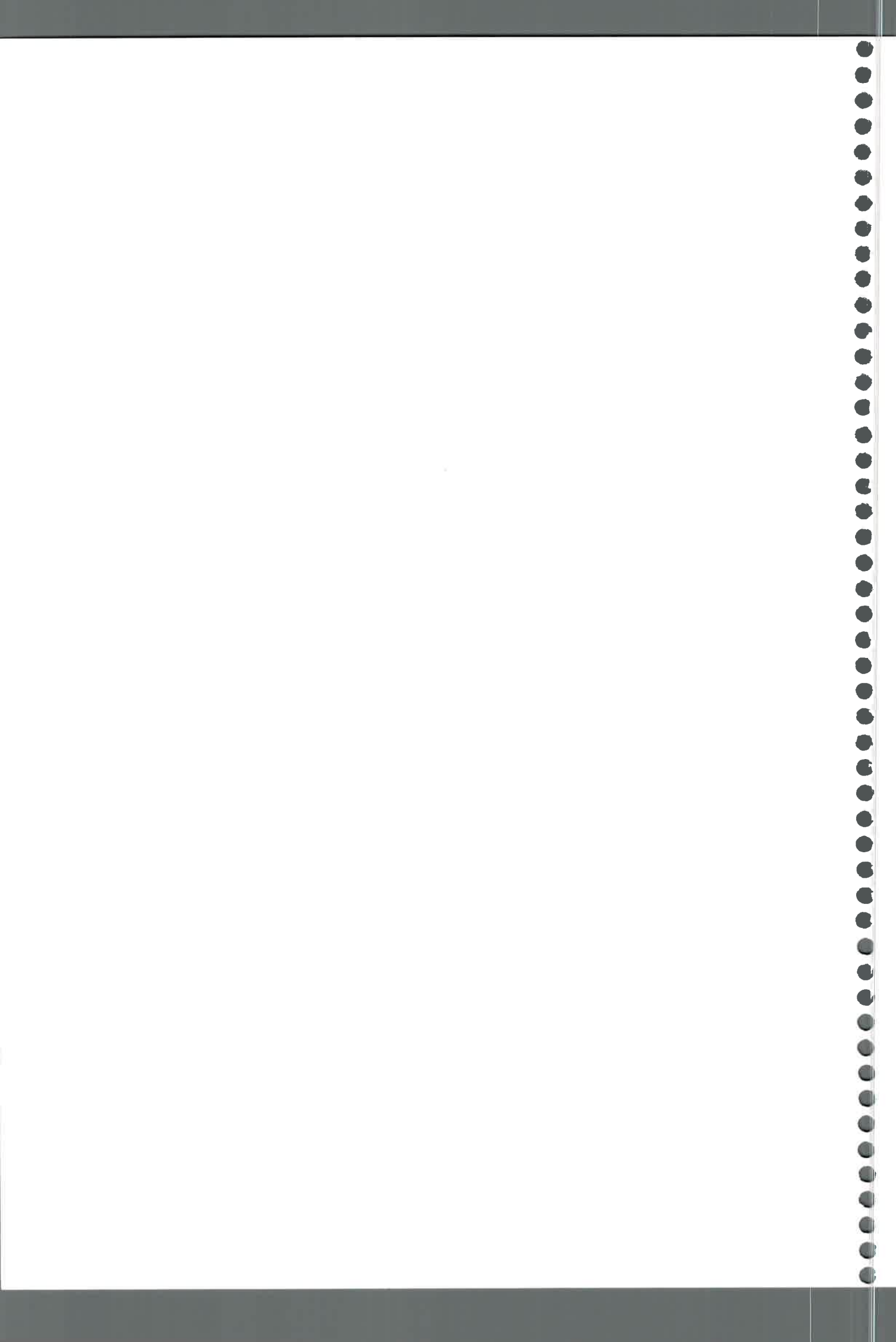
Cantú, M., Becker, A. y H. Schiavo. 2000. Metodología cualitativa a la evaluación del riesgo de erosión hídrica. Validación en una cuenca pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.

Cantú, M. P.; Becker, A. R.; Bedano, J. C. y H. F. Schiavo. 2001a. Indicadores e índices de degradación de suelos en la región central templada húmeda a subhúmeda de la República Argentina. Acta XV Cong. Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. CD 4 páginas.

Cantú, M. P.; Becker, A. R.; Bedano, J. C. y H. F. Schiavo. 2001b. Sustentabilidad de la producción agrícola en la región templada subhúmeda de la provincia de Córdoba, Argentina. II Conferencia Internacional Científica Medio Ambiente Siglo XXI. CD. 8 páginas.

Cantú, M. P.; Becker, A. R.; Bedano, J. C., Musso, T. B. y H. F. Schiavo. 2002. Evaluación de la calidad ambiental y calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.

Cantú, M. P.; Becker, A. R.; y T. Musso. 2003. Evaluación del riesgo de erosión hídrica en el Suroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. Actas 10° Cong. Geol. Chileno. CD. 10 páginas.



- Cantú, M. P.; Becker, A. R.; y T. Musso. 2004a. Evaluación del riesgo de erosión hídrica en el Suroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Ciencia del Suelo*, 22(2):102-109.
- Cantú, M. P.; Becker, A. R., Bedano J. C., Musso T. B. y H. F. Schiavo. 2004b. Indicadores e Índices cuantitativos de Calidad Ambiental y de Suelos para evaluar la Sustentabilidad de Agroecosistemas. Acta XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas. (I.S.B.N.:987-21419-0-8).
- Cantú, M. P., Schiavo, H. F., Musso, T. B y A. R. Becker. 2004c. Paleosuelos del Pleistoceno superior-Holoceno del Sur de la provincia de Córdoba, Argentina. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas. (I.S.B.N.:987-21419-0-8).
- Cantú, M. P.; del Río, J. L.; Blarasin, M.; Osterrieth, M.; Bouza, P.; Becker, A.; del Valle, H.; Díaz, E. y Buschiazco, D. 2005. Metodología a la evaluación de la sustentabilidad ambiental en agroecosistemas. 11º Congreso Brasileiro de Engenharia e Ambiental. CD (2029-2039).
- Carter, M. R. 1990. Relationship of strength properties to bulk density and macroporosity in cultivated loamy sand to loam soil. *Soil Till. Res.*, 15:527-268.
- Casas, R. R.; Ostinelli, M. M.; Cruzate, G. A. y C. Izauralde. 2005. Impacto de la SD sobre la distribución en profundidad de la materia orgánica total y particulada en suelos de la región Pampeana Argentina. Acta Jornadas Nacionales Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. Compiladores: Galantini J. A. y M. Vázquez. CD. 4 páginas.
- Castillo, V. M.; Martínez-Mena, M. and J. Albaladejo. 1997. Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:1116-1121.
- Castiglioni, M. G.; Massobrio, M. J.; Chagas, C. y O. J. Santanatoglia. 1998. Predicción de hidrogramas modificando el tiempo de concentración de una microcuenca cuenca de Pampa Ondulada (Argentina). *Ciencia del Suelo*, 16(2):134-136.
- Castiglioni, M. G.; Pujol, G. I.; Massobrio, M. J.; Chagas, C. I. y O. J. Santanatoglia. 2004. Variación espacial en la tasa de infiltración de una microcuenca agrícola de la Pampa Ondulada. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Ceballos, A.; Schnabel, S. y D. Gómez Amelia. 1998. Análisis de la variabilidad especial del flujo superficial en las vertientes de una pequeña cuenca hidrográfica bajo explotación de dehesa. Investigaciones recientes de la Geomorfología Española. Ed. Gómez Ortiz y Salvador Franch. 503-510.
- Chagas, C. I. 1995. Efecto de la rugosidad superficial, el tamaño de agregados y la estabilidad estructural sobre la erosión entre surcos en un Argiudol. *Ciencia del Suelo*, 13(2):85-90.
- Chagas, C. I. y H. J. Marelli 1991a. Dinámica de la rugosidad superficial sobre el comportamiento hídrico de un Argiudol. El rol de la degradación. I. Análisis del escurrimiento. Acta XIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Página 152.
- Chagas, C. I. y H. J. Marelli. 1991b. Dinámica de la rugosidad superficial sobre el comportamiento hídrico de un Argiudol. El rol de la degradación. II. Análisis de las



pérdidas de suelo. Acta XIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Página 153.

Chagas, C. I. y M. Stefanich. 1998. Cambios en la rugosidad superficial de un suelo provocados por lluvia natural. Ciencia del Suelo, 16(1):7-10.

Chagas, C.I. y M. C. Gróttola. 1994. Erosión entre surcos y estabilidad estructural en un Argiudol típico. Ciencia del Suelo, 12(1):35-37.

Chagas C I, Marelli H J, Gróttola M C, Rienzi E A. 1997. Influencia del uso de la tierra sobre la erosión entre surcos en un Argiudol típico de Argentina. Rev. Facultad de Agronomía, 17:333- 340.

Chagas, C. I.; Marelli, H. J. y O. J. Santanatoglia. 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol típico bajo tres sistemas de labranza. Ciencia del Suelo, 12(1):11-16.

Chagas, C. I.; Santanatoglia, O. J. and M. G. Castiglioni. 1995. Tillage and cropping effects on selected properties of an Argiudoll. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 26:643-655.

Chagas, C. I.; Rienzi, E. A.; M. G. Castiglioni y R. Sbatella. 1996. Características de los sedimentos producidos por erosión hídrica en una cuenca del Arroyo del Tala (Prov. de Buenos Aires, Argentina). Ciencia del Suelo, 14(1):42-46.

Chagas, C. I.; Lavado, R. S., Revilla, C. A. y G. J. Macías. 1999. Movimiento superficial de fósforo en suelos de Pampa Ondulada. Ciencia del Suelo, 17(2):46-53.

Chagas, C. I.; Santanatoglia, O. J.; Massobrio, M. J.; Castiglioni, M. G.; Bujan, A. y M Yánez. 2000. Escurrimiento de una subcuenca perteneciente a la cuenca río Matanza, Provincia de Buenos Aires. Acta XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.

Chagas, C. I.; Santanatoglia, O. J.; Massobrio, M. J.; Castiglioni, M. G. y A. Bujan, A. 2002. Dinámica hídrica de una subcuenca agropecuaria perteneciente a la cuenca río Matanza sometida a lluvias intensas. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.

Chagas, C.I.; Santanatoglia, O. J.; Massobrio, M. J.; Castiglioni, M. G.; Bujan, A. y C. Irurtia. 2003. Escurrimiento estacional en una microcuenca de llanura en función de factores asociados al clima y a las labranzas. Acta VII Cong. Arg. Ing. Rural. CD. 6 páginas.

Chagas, C. I.; Irurtia, C.; Thisted, J.; Santanatoglia, O. J.; Massobrio, M. J.; Castiglioni, M. G. y A. Bujan. 2004. Movimiento horizontal y vertical de agua y partículas en un Argiudol bajo siembra directa. Ciencia del Suelo, 22(2):117-122.

Chan, K. Y. and J. A. Mead. 1998. Surface physical properties of a sandy soil under different tillage practices. Aust. J. Soil Res., 26:549-559.

Chartier, M.; Rostagno, C. M.; Videla, L. y A. Toyos. 2004. Evaluación de la erosión hídrica en distintos niveles de deterioro de un pastizal natural del noreste de la Patagonia. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo, CD. 10 páginas. (I.S.B.N.: 987-21419-0-8).

- Cholaky, C. 2003. Efectividad y persistencia de una labor de descompactación con subsolador alado en función de la compactación y humedad antecedente. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Río Cuarto. 215 páginas.
- Cholaky, C.; Cisneros, J. y R. Balbuena. 2002. Descompactación de suelos del área núcleo manisera del córdoba con subsolador alado, en función de la humedad y compactación antecedente. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo, CD. 6 páginas.
- Cholaky, C.; Cisneros, J. y R. Balbuena. 2004. Cambios en el perfil cultural de un suelo franco arenoso por efecto de una labor profunda. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo, CD. 10 páginas. (I.S.B.N.: 987-21419-0-8).
- Chu, S. T. 1978. Infiltration during an unstedey rain. Water Resourses Res, 14(3):461-466.
- Cisneros, J. M.; Cholaky, C.; Bricchi, E.; Giayetto, O. y J. J. Cantero. 1996. Evaluación del efecto del uso agrícola sobre las propiedades físicas de un Haplustol típico del centro de Córdoba. Acta XV Cong. Arg. Ciencia del suelo. Páginas 23-24.
- Cisneros, J. M.; Cholaky, C.; Bricchi, E.; Giayetto, O. y J. J. Cantero. 1997. Efectos del uso agrícola sobre las propiedades físicas de un Haplustol típico del centro de Córdoba. Rev. U.N.R.C., 17(1):13-22.
- Cisneros, J. M.; Cholaky, C.; Giayetto, O.; Bricchi, E.; Marcos, J. y G. Cerioni. 1998. Homogeneidad física, resistencia mecánica a la penetración y humedad del suelo en sistemas de labranza para el área manisera de Córdoba. En: Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el ámbito de Latinoamérica. Eds. Balbuena, R.; Benez, S. H.; Jorajuría, D. Páginas 120-127.
- Cisneros, J.M.; de Prada, J.; Degioanni, A.; Cantero, A.; Gil, H.; Reynero, M.; Shah, F. y B. Bravo. 2004. Erosión hídrica y cambio de uso de los suelos en Córdoba. Evaluación mediante el modelo RUSLE. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo, CD. 10 páginas. (I.S.B.N.: 987-21419-0-8).
- Colombani, E. N.; Costa, J. L.; Studdert, G. A. y E. Suero. 2002. Evaluación de propiedades físicas de suelos del sudeste bonaerense bajo distintos manejos. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del suelo. CD. 6 páginas.
- Cosentino, D.; Costantini, A. y A. Segat. 1996. Variaciones en carbono orgánico, carbono de biomasa microbiana y su relación con algunas propiedades físicas de un suelo sometido a diferentes sistemas de labranza. Acta XV Cong. Arg. Ciencia del suelo. Páginas 49-50.
- Costantini, A.; Segat, A. y D. Cosentino. 1995. The effect of diferent soil managment procedures on carbon cycle components in an Entic Hapludoll. Comm. Soil Sci. Plant Anal, 26:2761-2767.
- Croke, J. and M. Nethery. 2006. Modelling runoff and soil erosion in logged forests: Scope and application of some existing models. Catena, 67:35-49.
- Da Veiga, A. y E. Noailles. 1993. Susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica en la subregión pampa ondulada. Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 297-298.

- Day, P. R. 1965. Particle fractionation and particle-side analysis, pp. 545-556. En: *Method of Soil Analysis*, part 1. C. A. Black (Ed.), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Degioanni, A. 1998. Organización Territorial de la Producción Agraria en la Región de Río Cuarto. Tesis Doctoral. Universidad Alcalá de Henares. España. 380 páginas.
- Degiovanni, S. and M. Cantú. 1997. Neotectonic activity in the La Cruz-Gigena depression, Córdoba, Argentina. Fourth International Conference on Geomorphology, Vol 1:142.
- Degiovanni, S.; Blarasín, M. y A. Cabrera. 1995. Cartografía de diagnóstico y prescriptiva como base para la planificación del catastro rural. Area San Basilio-Monte de los Gauchos. Parte 1: Carta de deterioro actual y de susceptibilidad a la erosión de tierras. *Rev. Asoc. Arg. Geol. Aplic. a la Ing. (ASAGAI)*, Public. Especial N°3:80-97. (ISSN 0326-1921).
- De Kimple, C. 1997. Report Commission Soil and the Environment: The International Symposium on Soil, Human and Environment Interaction, in Nanjing, China (May 1997). *Bulletin of International Society of Soil Science*, Vol 2 (92): 26-29.
- De la Vega, G.; Castiglioni, M. G.; Massobrio, M. J.; Chagas, C. I.; Santanatoglia, O. J. y O. J. Iruetia. 2004. Infiltración en un Argiudol vértico bajo siembra directa en condiciones variables de cobertura y humedad inicial. *Ciencia del Suelo*, 22(1):52-55.
- De Otazua, G.; Gaspari, F. J. y R. A. Díaz. 2004. Estimación de pérdida de suelo superficial en condiciones climáticas extremas. *Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas. (I.S.B.N.: 987-21419-0-8).
- De Ploey, J. 1977. Some experimental data on slopewash and wind action with reference to Quaternary morphogenesis in Belgium. *Earth Surface Processes*, 2:101-115.
- De Ploey, J. 1981. Crusting and time-dependent rainwash mechanisms on loamy soil. In: R.P.C. Morgan (Ed.). *Soil conservation: problems and prospects*. Chichester, Willey. 139-152.
- De Ploey, J. 1982. A stemflow equation for grasses and similar vegetation. *Catena*, 9:139-152.
- De Ploy, J.; Savat, J. and J. Moeyersons. 1976. The differential impact of some soil factors on flow, runoff creep and rainwash. *Earth Surface Processes*, 1:151-161.
- De Ploey, J. and D. Gabriels. 1980. Measuring soil loss and experimental studys. In: M. J. Kirkby and R. P. Morgan (Eds.), *Soil Erosion*. Willey:63-108.
- Derpsh, R. 2000. Frontiers in conservation tillage and advances in conservation practice. In <http://www.fao.org/wicent/agricult/AGS/AGSE/isco.HTM>.
- Desir, G.; Sirvent, J.; Gutierrez, M. y C. Sancho. 1992. Primeros datos sobre procesos y tasas de erosión en laderas sobre materiales yesíferos, sector central de la Depresión del Ebro. *Estudios de Geomorfología en España*, 45-54.



- Díaz-Zorita, M. 1999. Efectos de seis años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo*, 17(1):31-36.
- Díaz-Zorita y Grosso. 2000. Effect of soil texture, organic carbon and water retention on the compactibility of soil from the Argentinean pampas. *Soil Till. Res.*, 54:121-126.
- Díaz-Zorita, M.; Barroco, M. y C. Alvarez. 2004. Efectos de doce años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo*, 22(1):11-18.
- Doffo, N. y S. Degiovanni 1993. Geomorfología de la Hoja Río Cuarto, su aplicación en estudios de susceptibilidad de erosión. XII Cong. Geol. Arg., Tomo VI:274-282.
- Doran, J. W. and D. M. Linn. 1994. Microbial ecology of conservation management systems. In: Hatfield, J. L. and B. A. Stewart (Eds.), *Advances in Soil Science Soil Biology: Effects on Soil Quality*. Lewis Publishers/CRC Press. pp 1-27.
- Doran, J. W. and T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B. A. (Ed). *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publication N° 35. Wisconsin, USA.
- Dress, L.; Karathanasis, A.; Wilding, L. and R. Blevis. 1994. Micromorphological characteristics of long-term no-till and conventionally tilled soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:508-517.
- Dunne, T. and L. B. Leopold. 1978. *Water in Environmental Planning*. Freeman and Company, New York. 818 pp.
- Dunne, T.; Dietrich, W. E. and M. J. Brunengo. 1978. Recent and past erosion rates in sem-arid Kenya. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supp.*, 29:130-140.
- Echeverría, N. E.; Silenzi, J. C.; Vallejos, A. G. y J. C. Lobartini. 2002. Escurrimiento y erosión en sitios con diferente disturbio en el sur del caldenal. *Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 6 páginas.
- Echeverría, N. E.; Silenzi, J. C.; Vallejos, A. G.; Lobartini, J. C. y M. P. De Lucía. 2003. Evaluación de la pérdida de nutrientes mediante lluvia simulada en un suelo bajo distintos manejos en la alta cuenca del río Sauce Grande. *Acta VII Cong. Arg. Ing. Rural*. CD. 6 páginas.
- Echeverría, N. E.; Vallejos, A. G.; Silenzi, J. C. y M. P. De Lucía. 2004. La erodabilidad hídrica de suelos representativos del sur de la región semiárida Argentina. *Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Edwards, W. M. and L. B. Owens. 1991. Large storm effects on total soil loss. *J. Soil and Water Conservation*, 46:75-78.
- Edwards, J.H., C.W. Wood, D.L. Thurlow, and M.E. Ruf. 1992. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludalf soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1577-1582.
- Ehlers, W.; Köpke, V.; Hesse, F. and W. Böhm. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Till. Res.*, 3:261-275.
- Elissondo, E.; Costa, J. L.; Suero, E.; Fabrizio, L. P. y F. García. 2001. Evaluación de



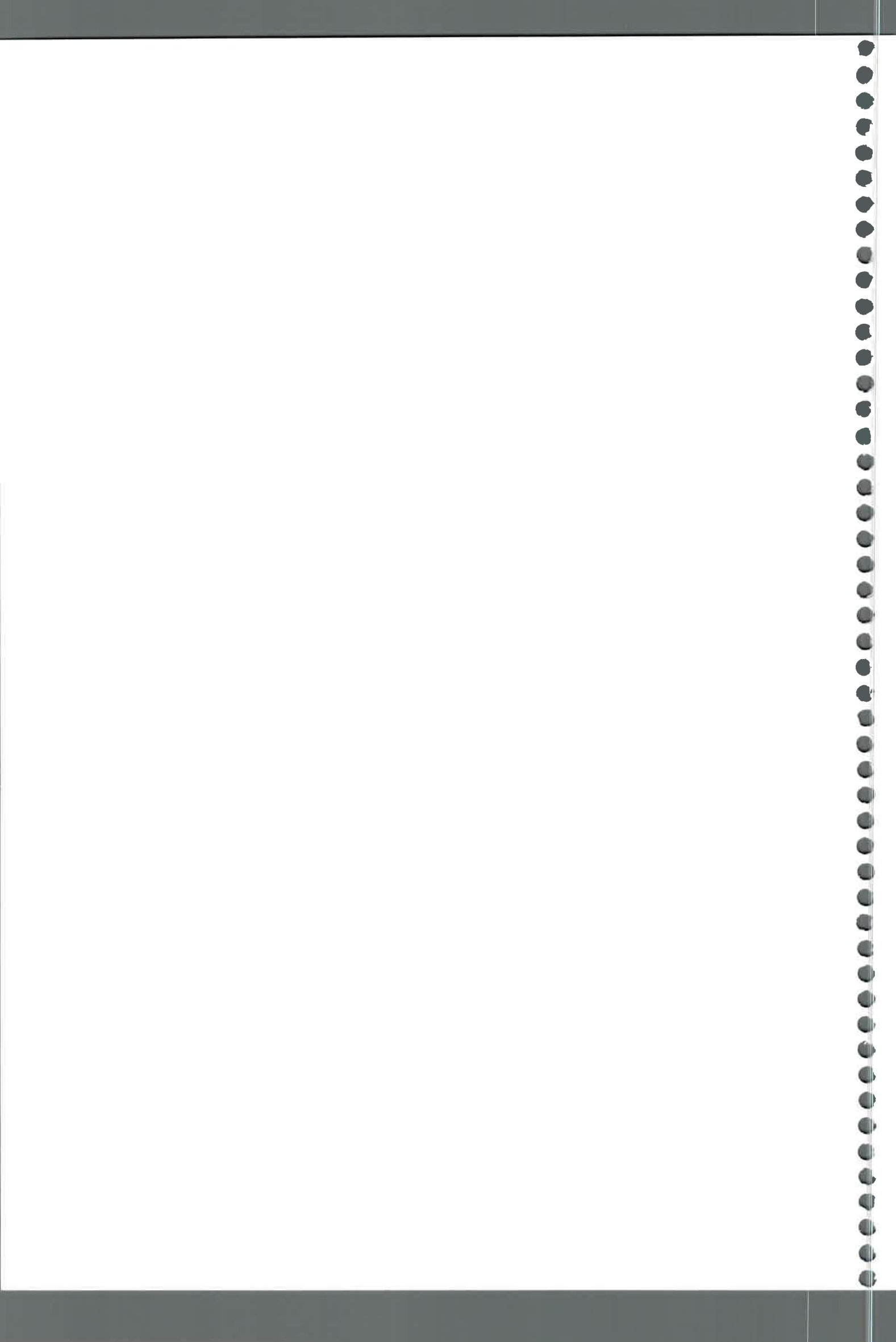
- algunas propiedades físicas luego de la introducción de labranzas verticales en un suelo bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*, 19(1):11-19.
- Elwell, H. A. 1981. A soil loss estimation technique for southern Africa. In: *Soil conservation, problems and projects*. Ed. R. P. Morgan. Wiley. 281-292.
- Elwell, H. A. and M. A. Stocking. 1976. Vegetal cover to estimate soil erosion in Rhodesia. *Geoderma*, 15:61-70.
- Elliot, E. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorous in native and cultivated soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:627-633.
- Elliot, W. J., A. M. Liebenow, J. M. Laflen, K. D. Kohl. 1989. A compendium of soil erodibility data from WEPP cropland soil field erodibility experiments 1987 & 88. NSERL Report No. 3. Columbus, OH: The Ohio State University, and W. Lafayette, IN: USDA Agricultural Research Service. 319 pp.
- Elliot, G. L. and B. E. Cole-Clark. 1993. Estimates of erosion on potato lands on krasnozems at Dorrigo, N.S.W., using the Caesium-137 technique. *Aust. J. Soil Res.*; 31:209-223.
- Ellison, W. D. 1947. Soil erosion studies: I. *Agric. Eng.*, 28:141-146.
- Ellison, W. D. 1944. Two devices for measuring soil erosion. *Agricultural Engineering*, 25:53-55.
- Esmoriz, G. y R. Sereno. 1999. Estimación de las pérdidas de suelo en una microcuenca agrícola de la región central de Córdoba (Argentina). *Acta 14º Cong. Latinoamericano Ciencia del suelo*. CD. 5 páginas.
- Esmoriz, G. F.; Ateca, M. R.; Ruiz Posse, E. J. y R. Sereno. 2004. Determinación de áreas homogéneas en una cuenca agrícola para su utilización en un modelo hidrológico distribuido. *Acta XIX Congr. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Espósito, G. P. 2002. Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Río Cuarto. 113 páginas.
- Espósito, G.; Gesumaria, J.; Bricchi, E.; Castillo, C. y R. Balboa. 2001. Influencia de las labranzas y del pastoreo de los rastrojos sobre la conductividad hídrica del suelo. *XV Cong. Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del suelo*. CD. 5 páginas. (I.S.S.N. 1609-1876).
- Espósito, G.; Gesumaria, J.; Bricchi, E.; Castillo, C. y R. Balboa. 2002. Modificaciones del espacio poroso del suelo por las labranzas y el pastoreo de los rastrojos. *Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 6 páginas.
- FAO. 1974. Evaluación mundial de la degradación de suelos. FAO, MR/F 3951.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1975. Proyecto Evaluación Mundial de la Degradación de Suelos - Fase I.
- FAO. 1976. Prognosis of salinity and alkalinity. FAO, *Soils Bulletin* 31, pp 268.



- FAO. 1977. Assessing soil degradation. FAO, Soils Bulletin 34.
- FAO. 1978. Methodology for assessing soil degradation. Report on the FAO/UNEP, Expert consultation, Roma 25-27 January 1978.
- FAO. 1978. Report on a meeting of the working group on soil degradation assessment methodology. FAO, M/L 6529.
- FAO. 1979. Report on the second meeting of the working group on soil degradation assessment methodology. FAO, Roma.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos. FAO, Roma. 86 páginas.
- FAO. 1984. Directrices para el control de la degradación de suelos. 67 páginas.
- FAO. 1997. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. FAO Land and Water Bulletin, 5.
- Farres, P. 1978. The role of time and aggregate size in the crusting process. *Earth Surface Processes*, 3:243-254.
- Farres, P. 1987. The dynamic of rainplash erosion and the role of soil aggregate stability. *Catena*:14:119-130.
- Fernández, E.; Cholaky, L.; Zorza, E.; Espósito, G. Gesumaria, J. y W. Asnal. 2000. Producción de girasol bajo distintos sistemas de labranzas y fertilización, en una región sub-húmeda, *Proceedings 15th International Sunflower Conference*. CD. 6 páginas.
- Fernández, R. A.; L. C. Castello y H. O. O'Lery. 1989. Estimación de la erosionabilidad de los suelos del norte de la provincia de Misiones. *Ciencia del Suelo*, 7(1-2):73-79.
- Ferreras, L.; Costa, J. L.; Rizzalli, R. H. y F. O. García. 1996. Propiedades físicas del suelo bajo labranza convencional y siembra directa en el sudeste bonaerense. XV Cong. Arg. *Ciencia del Suelo*. Páginas 17-18.
- Ferreras, L.; De Batistta, J. J.; Ausilio, A. y C. Pecorari. 1998. Efecto de dos sistemas de labranza sobre las propiedades físicas de un Argiudol típico. *Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. Páginas 23-24.
- Ferreras, L.; Costa, J. L.; García, F. O. and C. Pecorari. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampas" of Argentina. *Soil Till. Res.*, 54:31-39.
- Filgueira, R. R.; Soracco, G.; García, M.; Cerisola, C. y M. García. 2004. Densidad aparente de un suelo e infiltración del agua en tres situaciones de manejo. *Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Flanagan, D. C. and M. N. Nearing. 1995. Hillslope profile and watershed model documentation. In: USDA-ARS-USDI (Ed.). *Technical documentation. Water Erosion Prediction Project (WEPP)*. Report N° 10. NSERL West Lafayette, IN, USA. pp 1.1-1.12.



- Fournier, 1972. Soil Conservation. Nature and Environment Series, Council of Europe.
- Fox, D. M. and Y. Le Bissiniais. 1998. Process-based analysis of aggregate stability effects on sealing, infiltration and interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:717-724.
- Francis, C. F. 1996. Soil erosion on fallow fields; an example from Murcia. *Geografía Física II*, 21-28.
- Freebairn, D. M.; Gupta, S. C. and W. J. Rowls. 1991. Influence of aggregate size and microrelief on development of surface crusts. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:188-195.
- Fullen M. 1991. A comparison of runoff and erosion rates on bare and grassed loamy sand soils. *Soil use and management*, 7:136-139.
- Gabriels, D. and W. C. Moldenhauer. 1978. Size distribution of eroded material: Effect over a range of texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:954-958.
- Galantini, J. A.; Iglesias, J. O.; Cutini, L.; Krüger, H. y S. Venanzi. 2004. Sistemas de labranza: efecto sobre las fracciones orgánicas. *Actas XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Galantini, J. A. 2005. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. *Acta Jornadas Nacionales Materia Orgánica y Sustancias Húmicas*. Compiladores: Galantini J. A. y M. Vázquez. CD. 14 páginas.
- Gallart, F. 1992. Medida de flujos de agua y sedimentos a escala de pequeña cuenca. En *Métodos y Técnicas para el estudio de los procesos de erosión*. Centro de Ciencias Medioambientales, 91-96.
- García Ruíz, J. M. 1992. Medida de flujos de agua y sedimentos a escala de parcela. En *Métodos y Técnicas para el estudio de los procesos de erosión*. Centro de Ciencias Medioambientales, Página 83-90.
- Gaspari, F.J.; Bruno, J.E.; Odhe Cornely, I.; Baridón, E. y M.E. Presutti. 2002. Ordenamiento territorial de microcuencas en base al riesgo de erosión hídrica superficial. *Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 6 páginas.
- Gaspari, F. J.; Sauri, B. A.; Odhe Cornely, I. y G. De Otazua. 2004. Impacto del manejo racional del suelo en la cuenca alta del río Sauce Grande. *Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Gerlach, T. 1967. Hillslope troughs for measuring sediment movement. *Rèvue Géomorphologie Dynamique*, 4:173.
- Gerster, G.; Gargicevich, A.; Cordone, G. y C. González. 2002. Factores edáficos y prácticas culturales asociados al rendimiento de soja. *Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 6 páginas.
- Gerster, G. y S. Bacigaluppo. 2004. Consecuencias de la densificación por tránsito en Argiudoles del sur de Santa Fe. *Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 10 páginas.
- Gesumaria, J; Bricchi, E.; Espósito, G.; Vega, G.; Castillo, C. y F. Formía. 1999.



- Disponibilidad hídrica en tres sistemas de labranza para la producción de maíz. 14º Cong. Latinoamericano Ciencia del suelo. CD. 5 páginas.
- Gifford, G.; Faust, R. and G. Coltharp. 1977. Measuring soil compactation on rangeland. *J. of Range Management*, 30:457-460.
- Gordillo, C. E. y A. Lencinas. 1979. Geología y Petrología del extremo norte de la sierra de los Cóncores. *Boletín Academia Nacional de Ciencias*, 46:73-108.
- Gottfriedt, G.; De Servi, M.; Chagas, C. I. y A. F. Iorio. 2004. Erosión laminar en suelos de Pampa Ondulada con contenidos contrastantes de sodio intercambiable. *Ciencia del Suelo*, 22(2):123-128.
- Govers, G. 1985. Selectivity and transport capacity of thin flows in relation to rill erosion. *Catena*, 12:35-49.
- Grant, C. A. and G. P. Lafond. 1993. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 73:223-232.
- Gregorich, E. G.; Carter, M. R.; Angers, D. A. Monreal, C. M. and B. H. Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soil. *Can. J. Soil Sci.*, 74:367-385.
- Gregorich, E. G. 1996. Soil quality: A Canadian perspective. *Proceeding of Soil Quality Indicators Workshop*. Lincoln University. 16 pp.
- Guedelj, V.; Galarza, C.; Vallone, P.; Esporturno, G.; Gudelj, O.; Ayub, G.; Nieri, G. y H. Ghio. 2000. Comparación de lotes en producción agrícola manejados con diferentes alternativas conservacionistas. XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.
- Guerif, J.; Richard, G.; Durr, C.; Machet, J. M.; Recous, S. and J. Roger-Strade. 2001. A review over tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil Till. Res.* 61:13-32.
- Gupta, S. C. and R. R. Allmaras. 1987. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. *Adv. Soil Sci.* 6:65-100.
- Gupta, S. C. and J. J. Germicida. 1988. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biol. and Biochem.*, 20:777-786.
- Haggard, B. E.; Moore, P. A. and K. R. Bryre. 2005. Effect of slope on runoff from a small variable slope box-plot. *Journal of Environmental Hydrology*, Vol 13 paper 25. (<http://www.hydroweb.com>).
- Hammel, J. E. 1989. Long-term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in northern Idaho. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:1515-1519.
- Havlin, J. L.; Kissel, D. E.; Maddux, L. D.; Claassen, M. M. and J. H. Long. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 54:448-452.



- Hénin, S.; Gras, L. y G. Monnier. 1972. El perfil cultural, el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Ed. Mundi Prensa, Madrid. 340 pp.
- Herwitz, S. R. 1986. Infiltration-excess caused by stemflow in a cyclone-prone tropical rain forest. *Eart Surface Processes and Landforms*, 11:401-412.
- Hill, R. L. and R. M. Cruse. 1985. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:1270-1273.
- Holt, J. A.; Bristow, K. L. and J. G. MacIvor. 1996. The effects of grazing pressure on soil animals and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland. *Aust. J. Soil Res.*, 34:69-79.
- Horton, R. 1940. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 5:399-417.
- Horton, R.; Ankeny, M. D. and R. R. Allmaras. 1994. Effects of soil compaction on soil hydraulic properties. In: Soame, B. D. and C. van Ouwerkerk (Eds.). *Soil Compaction in Crop Production*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. pp 141-155.
- Hudson, N. W. 1981. *Soil conservation*. London, Batsford. 156 pp.
- Hussein, M. H. and J. M. Laflen. 1982. Effects of crop canopy and residue on rill and interrill soil erosion. *Trans. ASAE.*, 25:1310-1315.
- INDEC. 2002. Censo Nacional Agropecuario. Instituto de Estadísticas y Censos de la República Argentina. www.indec.gov.ar.
- InfoStat. 2005. InfoStat versión 1.6. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA-AGENCIA CORDOBA D.A.C. y T.S.E.M. 2003. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los suelos. Nivel de Reconocimiento (1:500.000). 569 páginas.
- INTA. 1982. Regionalización Ecológica de la República Argentina. Memoria sintética y mapa a escala 1:5.000.000. Public. Nº 173. 109 páginas.
- Ipucha Aguerre, J. y J. M. Castro. 1956. La erosión en Baradero; reconocimiento preliminar. *Pulic. Instituto de Suelos y Agrotecnia*, Nº56. 8 páginas.
- Iribarren, M., De Benedetti, D., Longin, R., Tabaschek, R., Boggiano, M. y M. Giacomo. 1993. Comparación de la USLE con datos medidos a campo y datos disponibles. XIV Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 317-318.
- Irurtia, C. 1983. La degradación de los suelos del Noreste Argentino. *Acta X Cong. Arg. y VIII Latinoamericano Ciencia del Suelo*. Páginas 316-319.
- Irurtia, C. y J.C. Musto. 1983. La erosión hídrica en el noreste de la provincia de Corrientes. *INTA-CIRN. Tirada Interna 72*. 23 páginas.
- Irurtia, C.; Musto, J. C. y P. Culot, P. 1984. Evaluación a nivel nacional del potencial de degradación y riesgo de erosión de los suelos. Public. Nº 174, INTA Castelar.
- Irurtia, C. y J. Musto. 1982. La erosión hídrica en el noreste de la Provincia de



Corrientes. INTA-CIRN-Castelar. Tirada interna N°72.

Irurtia, C. y R. Mon. 1993. Medición de la infiltración, escurrimiento y pérdida de suelo con microsimulador de lluvia. Acta Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. Páginas 37-38.

Irurtia, C. y R. Mon. 1994. Microsimulador de lluvia para determinar infiltración a campo. Public. N° 176. Instituto de Suelos. INTA-Castelar.

Jackson, M. L. 1970. Análisis Químico de Suelos. Ed. Omega, Barcelona. 662 páginas.

Kay, B. D. 1990. Rates of change of soil structure under different cropping systems. Adv. Soil Sci., 12:1-52.

Kellman, M. C. 1969. Some environmental components of shifting cultivation in upland Mindanao. J. of Tropical Geography, 28:40-56.

Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1984. Soil cohesion as a affected by time and water content. Soil Sc. Soc. Am. J. 48:1001-1006.

Kinderknecht, A.; Papparotti, O. y M. Saluzzio. 2004. Estudio de la erodabilidad de un suelo Vertisol mediante el uso de un simulador de lluvia. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.

Kinnel, P. I. 1990. Modeling erosion by rain impacted flow. Catena Supplement, 17:55-66.

Kirkby, M. J. 1969. Erosion by water on hillslopes. In: R. Chorley (Ed). Water, earth and man. London. pp 229-238.

Kladivko, E. J.; Griffith, D. R. and J. V. Mannering. 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soybean in Indiana. Soil Tillage Res. 8:277-287.

Knisel, W. G. 1980. CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. USDA Conservation Research Report 26.

Kostiakov, A. N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. Comm. Int. Soc. Soil Sci., 6:17-21.

Kreznor, W., Olson, K. and D., Johnson. 1992. Field Evaluation of Methods to Estimate Soil Erosion. Soil Science, 153 (1):69-80.

Krüger, H. R. 1996. Compactación en Haplustoles del sudoeste bonaerense (Argentina) bajo cuatro sistemas de labranza. Ciencia del suelo, 14(2):104-106.

Lafien, J. M. and T. S. Colvin. 1981. Effect of crop residue on soil loss from continuous row cropping. Trans. ASAE., 24:605-609.

Lafien, J. M., Thomas, A. W. and R. W. Welch. 1987. Cropland experiments for the WEPP projet. ASAE., Paper N° 87-2544.

Lafien, J.M.; Flanagan D.C. and B.A. Engel. 2004. Soil erosion and sediment Yield



- prediction accuracy using WEPP. *Journal of Am. Wat. Res. Assoc.*, 40(2):289-297.
- Lal, R. 1994. Global overview of soil erosion. In: *Soil and Water Science. Key to Understanding Our Global Environment*. SSSA Special Publication, 41:39-51.
- Lal, R.; Logan, T. J. and N. R. Fausey. 1990. Long-term till-age effects on Mollic Ochraqualf in North-West Ohio. III. Soil nutrient profile. *Soil Till. Res.*, 15:371-382.
- Lane, L.; Schertz, D.; Alberts, E.; Laflen, J. and V. Lopes. 1988. The US National Project to develop improved erosion prediction technology to replace the USLE. In: *Sediment Budgets, Proc. of the Photo Alegre Symp.* IAHS Publ. 174:473-481.
- Lang, R. D. and L. A. McCaffrey. 1984. Ground cover: its effects on soil loss from grazed runoff plots, Gunnedah. *J. Soil Conservation Service*, 40:56-61.
- Larose, M.; Oropeza, J. L. Norton, D.; Turrent, A.; Martínez, M.; Pedraza, J. A. and N. Francisco. 2004. Application of the WEPP model to hillside lands in the Tuxtlas, Veracruz, México. *Agrociencia*, 38:155-163.
- Larson, W.E. and F.J. Pierce, 1991. Conservation and enhancement of soil quality. *Int Board Soil Res. and Management*, 12(2): 175-203.
- Larson, W. E. and F. J. Pierce, 1994. The dynamics of Soil Quality as a measure of sustainable management. In: J.W. Doran; D. C. Coleman; D. F. Bezdicek and B. A. Stewart, Eds. *Defining Soil Quality a sustainable environment*. SSSA Special Publication N°35, pp 37-51. Wisconsin, USA.
- Laws, J. O. 1940. Recent studies in raindrops and erosion. *Agric. Eng.*, 21:431-433.
- Le Bissonnais, Y. and M. J. Singer. 1993. Seal formation, runoff and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Sc. Soc. Am. J.*, 57:224-229.
- Le Bissonnais, Y. and A. Bruand. 1994. Crust micromorphology and runoff generation on silty materials during different seasons. *Catena Supplement*, 24:29-46.
- Lewis, L. A. 1988. Measurement and assessment of soil loss in Rwanda. *Catena Supplement*, 12: 151-165.
- Liebig, M. A.; Jones, A. J. Mielke, L. N.; Doran, J. M. 1993. Controlled wheel traffic effects on soil properties in ridge tillage. *Soil Sc. Soc. Am. J.*, 57:1061-1066.
- Ligier, H.; Escobar, E. y R. Melgar. 1985. Evaluación de factores que definen la erosión hídrica potencial en el centro-oeste de Corrientes. *INTA-EEA Corrientes*. 27 páginas.
- Lipiec, J. and R. Hatano. 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*, 116:107-136.
- Liu, B. Y.; Nearing, M. A.; Baffaut, C. and J. Ascough. 1997. The WEPP watershed model: III. Comparisons to measured data from small watersheds. *Trans. ASAE.*, 40(4):945-951.
- Liu, B. Y.; Nearing, M. A. and L. M. Risse. 2000. Slope gradient effects on soil loss for



steep slopes. Trans. ASAE., 37(6):1835-1840.

Lloyd, C. and G. Eley. 1952. Graphical solution of probable soil loss formula for the northeastern region. J. Soil and Water Conserv., 7:189-191.

Loague, K. 1990. Spatial variability of infiltration on a small rangeland catchment. Water Res. Res., 26(5):957-971.

Logan, T. J.; Lal, R. and W. A. Dick. 1991. Tillage systems and soil properties in North America. Soil Till. Res., 20:241-270.

Luque, R.; Ruiz Posse, E.; Croce, A. y G. Esmoriz. 1998. Valores medidos y estimados del tiempo de concentración (TC) de una cuenca agrícola. Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Página 283.

Mahboubi, A. A.; Lal, R. and N. R. Fausey. 1993. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:506-512.

Marelli, H. 1988. Provincia de Córdoba. En: El Deterioro del Ambiente en la Argentina. Centro para la promoción de la conservación del suelo del agua. 73-78.

Marelli, H. 1989. La erosión hídrica. Public. Técnica N°1, INTA-EEA Marcos Juárez. 20 páginas.

Marelli H. 1994. La Siembra Directa en la Argentina. Proyecto de Investigación Estratégica Cultivos sin Labranza. Hoja Informativa N° 273. INTA-EEA Marcos Juárez. 11 páginas.

Marelli, H. y J. Arce. 1996. La Labranza Conservacionista. Informe N° 32. INTA-EEA Marcos Juárez. 8 páginas.

Marelli, H. 1997. Secuencias de cultivo y sistemas de labranza. En: L. M. Giorda y H. E. J. Baigorri (Eds.). El cultivo de la soja en Argentina. 153-184.

Marelli, H. 2001. El agua y la siembra directa. Siembra directa en el Cono Sur. PROCISUR. 450 páginas.

Marelli, H. 2004. Erosión de suelos en Córdoba (<http://www.inta.gov.ar>).

Marelli, H. y J. Arce. 2000. 25 años del doble cultivo trigo/soja bajo siembra directa. Informe técnico del área de suelos y producción vegetal. INTA-EEA Marcos Juárez, 128-315.

Marelli, H.; Lattanzi, A.; Arce, J. y E. Weir. 1983. Evaluación del escurrimiento y de la infiltración del agua en el suelo con lluvia simulada. RIA INTA, Vol. XVIII, N° 2.

Marelli, H.; Weir, E.; Lattanzi, A. y R. Díaz. 1985. Técnicas de Conservación de Suelos. Información para extensión. Serie Suelos y Agroclimatología, N°3. INTA-EEA Marcos Juárez.

Marelli, H.; Arce, J. y B. Masiero. 1986. Simulador de lluvia para investigación básica en conservación de suelos. Public. Técnica N°8. INTA-EEA Marcos Juárez. 15 páginas.



- Mariani, A.; Pedrani, A.; Vich, A. y M. Nave. 1998. Tecnología apropiada para la corrección de torrentes y mejoramiento de hábitat. Anales XVII Cong. Nac. del Agua y II Simposio de los recursos Hídricos del Conosur, Tomo III:307-316.
- Mariani, A.; Vich, A. y M. Nave. 2000. Primeras estimaciones de erosión hídrica a partir del empleo del modelo WEPP. Actas de XVIII Cong. Nac. del Agua. Páginas 367-368.
- Martín, B.; Zerpa, G.; Sosa, O. y J. Denoia. 1998. Efecto del tránsito animal sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la velocidad de infiltración. Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 11-13.
- Martínez-Mena, M.; Alvarez Rogel, J.; Albaladejo, J. and V. M. Castillo. 1999. Influence of vegetal cover on sediment particle size distribution in natural rainfall conditions in a semiarid environment. *Catena*, 38:175-190.
- McGregor, J. C. and C. K. Mutchler. 1978. The effect of crop canopy on raindrop size distribution. USDA Sedimentation Laboratory Annual Report, Oxford.
- Mein, R. G. and C. L. Larson. 1973. Modeling infiltration during a steady rain. *Water Resources Research*, 9(2):384-394.
- Mendía, J. y J. Ferrer. 1984. Estimación de la erosión hídrica en la cuenca alta del río Neuquén. Acta Conferencia Nacional Erosión y Conservación del Suelo y el Agua. 191-201.
- Mendía, J. y J. Irrisari. 1995. Ensayo de la metodología de FAO-PNUMA para la evaluación del peligro de desertificación en áreas pilotos de la provincia de Río Negro (Patagonia). I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Tomo I:63-72.
- Meyer, L. D. 1979. Methods for attaining desired rainfall characteristics in rainfall simulators. In *Proceedings, Rainfall simulator workshop*, Tucson, Arizona. USDA-SEA Agricultural Reviews and Manuals ARM-W, 10:35-44.
- Meyer y Mannering, 1967. Tillage and land modification for water erosion control. *Trans. ASAE.*, 58-62.
- Meyer, L. D.; Foster, G. R. and S. Nikolov. 1975. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. *Trans. ASAE.*, 18:905-911.
- Meyer, L. D.; Harmon, W. C. and L. L. McDowell. 1980. Sediment sizes eroded from crop row sideslopes. *Trans. ASAE.*, 23:891-898.
- Meyer, L. D. and W. C. Harmon. 1984. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1152-1157.
- Michelena, R. y C. Irutia. 2002. Indices para conocer el estado de degradación y la salud del suelo. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.
- Michelena, R.; Irutia, C.; Pittaluga, A.; Vavruska, F. y M. Sardi. 1988. Degradación de los suelos en el sector norte de la Pampa Ondulada. *Ciencia del Suelo*, 6(1):60-66.
- Michelena, R.; Irutia, C.; Vavruska, F. y Pittaluga, A. 1989. Degradación de suelos en



el norte de la región pampeana. INTA, Public. Técnica N°6. 132 páginas.

Michelena, R.; Morrás, H. y C. Irurtia. 1996a. Degradación de Haplustoles franco-limosos de la región pampeana por efecto de la agricultura continua. Acta XV Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 25-26.

Michelena, R.; Morrás, H. y C. Irurtia. 1996b. Degradación de Haplustoles franco-limosos de la región pampeana por efecto de la agricultura continua. Acta XIII Cong. Latinoamericano Ciencia do Solo. CD. 4 páginas.

Michelena, R.; Irutia, C. y M. Rorig. 2000. Caracterización físico-hídrica de suelos de la región pampeana a través de un índice de erosión. 11th Conferencia Organización Internacional de Conservación de suelos. Página 157.

Michelena, R.; Rivero, E.; Irutia, C. y M. Rorig. 2001. Evaluación física de dos suelos con siembra directa en la pampa Argentina. Acta XV Cong. Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. CD. 5 páginas.

Michelena, R.; Rivero, E.; Irutia, C. y M. Rorig. 2002. Evaluación física de un haplustol éntico con siembra directa en la Provincia de Córdoba. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.

Micucci, F.; Cosentino, D. y M. Taboada. 2000. Cambios hidráulicos en suelos de Pampa Ondulada luego de varios años de siembra directa. Acta 11th Conferencia Internacional de Conservación de Suelos. Página 195.

Miller, W. P. and M. K. Baharuddin. 1987. Particle size of interrill-eroded sediments from highly weathered soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 51:1610-1615.

Miller, J.J., N.J. Sweetland, F.J. Larney, and K.M. Volkmar. 1998. Unsaturated hydraulic conductivity of conventional and conservation tillage soils in southern Alberta. Can. J. Soil Sci., 78:643-648.

Misra, R. K. and P. C. Teixeira. 2001. The sensitivity of erosion and erodibility of forest soils to structure and strength. Soil Till. Res., 59:81-93.

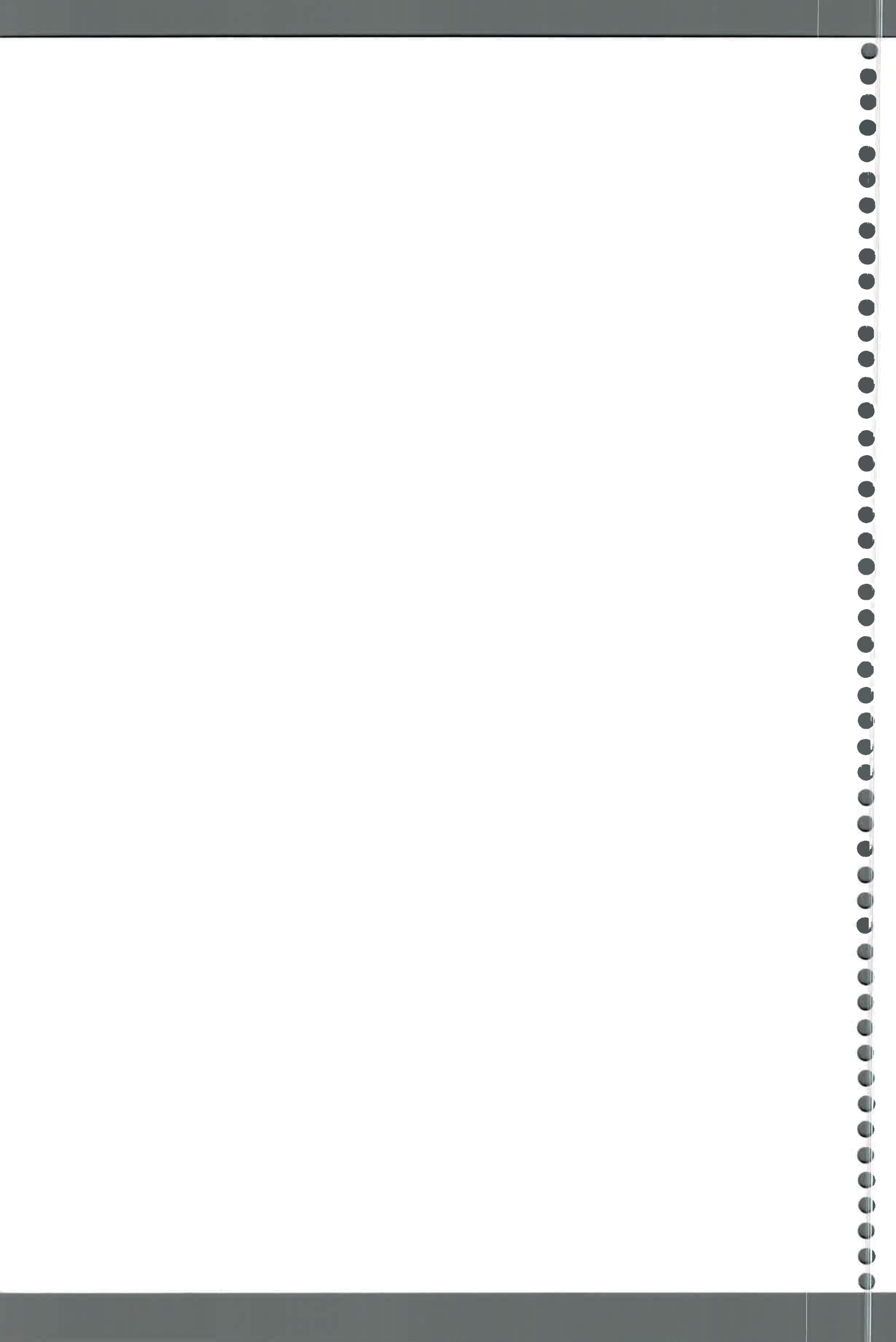
Mon, R. y C. Irurtia. 1996a. Medición de pérdidas de suelo y agua con un microsimulador de lluvia en siembra directa y labranza convencional. Acta XV Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Página 207-208.

Mon, R. y C. Irurtia. 1996b. Evaluación de procesos de degradación de un suelo representativo del norte de la pampa ondulada. Acta XIII Congreso Latinoamericano de Ciencia do Solo. CD. 4 páginas.

Montico, S. y N. Di Leo. 2000. Uso de un sistema de información geográfica para determinar la incidencia ambiental de un proyecto de mitigación de erosión hídrica. Acta XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.

Moore, L. D. 1981. Effect of surface sealing on infiltration. Trans. ASAE., 24:1546-1552.

Moore, L. D. and J. Singer. 1990. Crust formation effects on soil erosion processes. Soil Sci. Am. J., 54:1117-1123.



- Moreno, I.; Cholaky, C.; Lesser, M. y J. Marcos. 1996. Efecto de la labranza sobre el contenido de carbono orgánico y su implicancia en la estabilidad estructural. Acta XV Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 26a-26b.
- Moreno, I. S. 2000. La materia orgánica y el uso de los suelos. Su impacto sobre las propiedades físicas. Tesis Magister. Universidad Nacional del Sur. 85 páginas.
- Morgan, R. P. 1980. Soil erosion and conservation in Britain. *Processes in Physical Geography*, 4:24-47.
- Morgan, R. 1981. Field measurement of splash erosion. *International Association of Scientific Hydrology Publication*, 133:373-382.
- Morgan, R. P. 1985. Effect of corn and soybean canopy on soil detachment by rainfall. *Trans. ASAE.*, 28:1135-1140.
- Morgan, R. P. 1997. Erosión y conservación de suelos. Mundi-prensa, España. 343 páginas.
- Morgan, R. P.; Quinton, J. N. and R. J. Rickson. 1994. Modelling methodology for soil erosion assessment and soil conservation design: the EUROSEM approach. *Oulook in Agriculture*, 23:5-9.
- Morgan, R. P.; Quinton, J. N.; Smith, R. E.; Govers, G.; Poesen, J. W. A.; Auerswald, K.; Chisci, G.; Torri, D.; and M. E. Styczen. 1998. The European soil erosion model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23:527-544.
- Morras, H. J.; Michelena, R. and C. Irurtia. 2001. Physical degradation of a Pampean Mollisol evaluated by rain simulation and soil microscopy. *Abstracts International Working Meeting on Soil Microscopy*, pp 74.
- Morras, H. J. M.; Bonel, B. y R. Michelena. 2004. Características microestructurales del horizonte superficial de algunos suelos pampeanos bajo siembra directa. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Morresi, M. y G. Zucarelli. 2004. Estimación de la erosión hídrica en la cuenca del arroyo Feliciano (Entre Ríos, Argentina). Acta XIX Congr. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Mosley, M. P. 1982. The effect of a New Zealand beech forest canopy on the kinetic energy of water drops and on surface erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 7:103-107.
- Musgrave, G. W. 1947. The quantitative evaluation of factors in water erosion, a first approximation. *Journal of soil and water conservation*, 2(3):133-138.
- Musso, T. B. 2003. Evaluación de la variabilidad temporal de propiedades químicas y fisicoquímicas de suelos para el seguimiento de la calidad ambiental. Tesis de Licenciatura. U.N.R.C. 127 páginas.
- Musso, T. B.; Cantú, M. P. y A. R. Becker. 2004. Efecto de distintos sistemas de labranza y de la fertilización sobre el contenido de Carbono Orgánico, N total y el pH



de un Hapludol típico del Sur de Córdoba, Argentina. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.

Musso, T. B.; Cantú, M.P. y A. Becker. 2006. Indicadores químicos de calidad de suelos. Un set mínimo en Hapludoles de la cuenca Arroyo La Colacha. Acta XX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 5 páginas.

Nacci y Pla Sentis, 1991. Técnicas y equipos desarrollados en el país para evaluar propiedades físicas de los suelos. Maracay, Venezuela. FONAIAP-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie B, N°17. 48 páginas.

Naslas, G. D.; Miller, G. F.; Gifford, G. F. and G. C. Fernández. 1994. Effects of soil type, plot condition, and slope on runoff and interrill erosion of two soils in the Lake Tahoe Basin. Water Resources Bulletin, 30(2):319-328.

Navas, A. 1995. Cuantificación de la erosión mediante el radioisótopo Cesio¹³⁷. Sociedad Española de Geomorfología. Geofoma Ediciones. Logroño. España. N° 8. 16 Páginas.

Navas, A. and J. Machin, 1991. A preliminary research on the use of cesium 137 to investigate soil erosion in the semiarid landscape of the central Ebro river valley. In: Soil erosion studies in Spain. Eds. Sala, Rubio, García-Ruiz, 191-205.

Navas, A. and D. Walling. 1992. Using caesium-137 to assess sediment movement in a semiarid upland environment in Spain. In: Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions (Eds. Walling, D. E.; Davies, T. R. and B. Hasholt). International Association Hydrologil Sciences (IAHS), 209:129-138. ISBN 0-947571-38-8.

Navas, A.; Soto, J. and J. Machín. 2001. Distribution of 238U, 226Ra, 210Pb, 232Th and 40K in soil profiles on tertiary materials of the Central Spanish Pyrenees. Proceedings of the III International Symposim in Nuclear Techniques. 11 pp.

Nearing, M.A. 1998. Why soil erosion models over-predict small soil losses and under-predicted large soil losses. Catena, 32:15-22.

Nearing, MA and Nicks, AD, 1998, Evaluation of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for hillslopes: in Modelling Soil Erosion by Water (Eds. J Boardman and DT Favis-Mortlock,), Springer-Verlag NATO-ASI Series I-55: 45-56.

Nearing, M. A.; Foster, G. R.; Lane, L. J. and S. C. Finkner. 1989. A process-based soil erosion model for USDA-water erosion prediction project (WEPP) Technology. Trans. ASAE., 32(5):1587-1593.

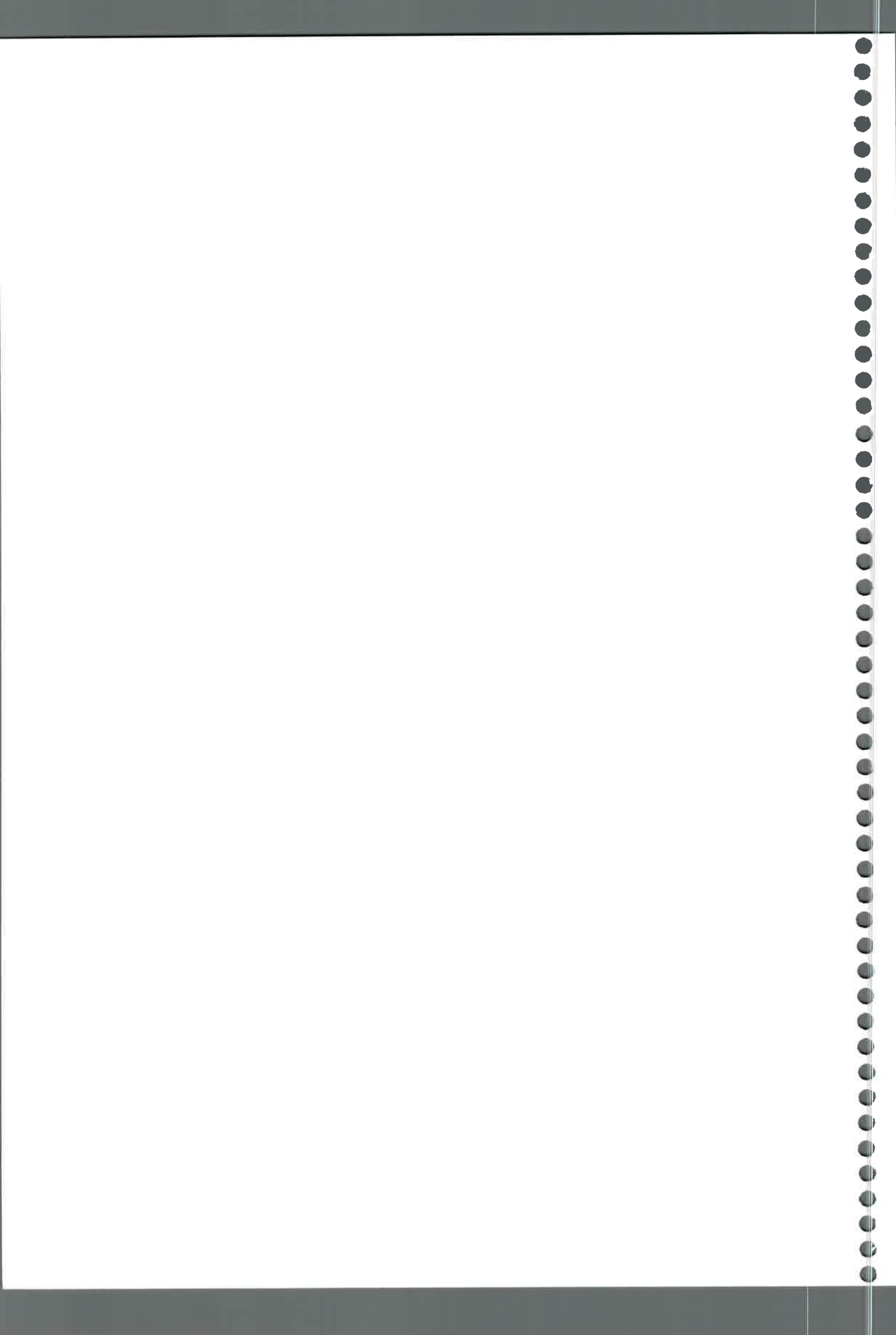
Nearing, M. A.; Lane, L. J.; Alberts, E. E. and J. M. Laflen. 1990. Prediction technology for soil erosion by water: Status and research needs. Soil Sci. Am. J., 54:1702-1711.

Nearing, M. A.; Bradford, J. M. and S. C. Parker. 1991. Soil detachment by shallow flow at low slopes. Soil Sci. Am. J., 55:339-344.

Neder, L. y M. E. Puchulu. 1995. Análisis integrado de la torrencialidad de una cuenca intramontana (Río Muerto), Tucumán, Argentina. II Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Tomo I:89-100.



- N'dayegamiye, A. and D. A. Angers. 1993. Organic matter characteristics and water-stable aggregation of a sandy loam soil after 9 years of wood-residue applications. *Can. J. Soil Sci.*, 73:115-122.
- Nicks, A. D.; Lane, L. J. and G. A. Gander. 1995. Weather generator. In: USDA-ARS-USDI (Ed.). Technical documentation. Water Erosion Prediction Project (WEPP). Report N° 10. NSERL West Lafayette, IN, USA. pp 2.1-2.22.
- Oades, J. M. 1984. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, 76:319-337.
- Oades, J. M. 1993. The role of biology in the formation stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, 56:377-400.
- Oades, J. and A. Waters. 1991. Aggregate hierarchy in soil. *Aus. J. Soil Res.* 29:815-828.
- Orellana, J. A. y M. A. Pilatti. 1994. La estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. *Ciencia del Suelo*, 12(2):75-80.
- Otamendi, J. E. 1995. Petrología, geoquímica y estructura del basamento Pre-Carbonífero del extremo sur de la sierra de Comechingones, Córdoba-San Luis, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Río Cuarto. 283 páginas.
- Pagliai, M. La Marca, M. and G. Lucamante. 1983. Micromorphometric and micromorphological investigations of a clay loam soil in vitiviniculture under zero and conventional tillage. *J. Soil Sci.* 34:391-403.
- Panini, T.; Torri, D.; Pelegrini, S.; Pagliai, M. and M. P. Salvador. 1997. A Theoretical approach to soil porosity and sealing development usando simulated rainstorms. *Catena*, 31:199-218.
- Parizet, B.; Rostagno, C. y R. Sottini. 1996. Evaluación de la infiltración y la erosión hídrica en tres comunidades vegetales del Noreste del Chubut. *Acta XV Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. Página 238.
- Parra, B. 2004. El efecto de distintas intervenciones tecnológicas sobre indicadores de la calidad física de un Hapludol típico. Trabajo Final Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Río Cuarto. 50 páginas.
- Parra, B. 2006. Efecto del uso y labranzas sobre la distribución de tamaño de poros en un Hapludol típico. *Acta XX Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. CD. 5 páginas.
- Perotti, L. C.; E. A. Rienzi y H. Morrás. 1999. Conductividad hidráulica en costras formadas por distintos mecanismos en un Argiudol típico. *Acta 14º Cong. Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Página 84.
- Personal Laboratorio Salinidad. 1982. Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa, Mexico. 172 páginas.
- Pierce, F. J.; Fortin, M. C. and M. J. Staton. 1994. Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Sci. Am. J.*, 58:1782-1787.



- Pla Sentis, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Alcance. Revista Universidad Central de Venezuela. Maracay. 32 páginas.
- PNUMA. 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Programa 21.
- Poesen, J. 1985. An improved splash transport model. Zeitschrift für Geomorphologie, 9:193-211.
- Poesen, J. 1992. Mechanisms of overland-flow generation and sediment production on loamy and sandy soil with and without rock fragments. In: A. Parsons and A. Abrahams (Eds), Over land flow: hydraulics and erosion mechanics. London. pp 275-305.
- Potter, K. N.; Torbert, H. A.; and J. E. Morrison. 1995. Tillage and residue effects on infiltration and sediment losses on vertisols. Trans. ASAE., 38:1413-1419.
- Proffit, A. P.; Bendott, S.; Howell, M. R. and E. Eastham. 1993a. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. Aust. J. of Agric. Res., 44:317-331.
- Proffit, A. P.; Rose, C. W. and J. Lovell. 1993b. Setting velocity characteristics of sediments detached from soil surface by raindrop impact. Catena, 20:27-40.
- Quevedo, C. V.; Prego, A. J.; Tallarico, L. A.; Bellón, C. E. y J. E. Calcagno. 1953. Aptitud de las tierras del partido de San Antonio de Areco; reconocimiento y clasificación. Public. Instituto de Suelos y Agrotecnia. 35 páginas.
- Quiroga, A. R. 1993. La siembra directa en relación con las características de los suelos de la Región Semiárida Pampeana. Daasons (Ed.). Res. 2das. Jornadas Regionales de Siembra Directa, 41-49.
- Quiroga, A. R.; Buschiazzo, D. E. and N. Peinemann. 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. Soil Till. Res., 52:21-28.
- Ravelo, C., 1990. PDIMES, balance hídrico seriado, índice de sequía y humedad del cultivo. Manual teórico-operativo. Asoc. Agron. Agrometereología. 8 páginas.
- Reynolds, W. D.; E. G. Gregorich and W. E. Curnoe. 1995. Characterisation of water transmission properties in tilled and untilled soils using tension infiltrometers. Soil Till. Res., 33(2):117-131.
- Renard, K. G.; Foster, G. R.; Weesies, G. A. and P. Porter. 1991. RUSLE: Revised universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, 46:30-33.
- Renard, K. G.; Foster, G. R.; Weesies, G. A.; McCool, D. K. and D. C. Yoder. 1997. Predictiong soil erosion by water: A Guide to conservation planning with Revised Universal Soil LossEquation (RUSLE). USDA Agric. Handb. 703pp. Washington, DC.
- Rhoton, F. E.; Meyer, L. D. and F. D. Whisler. 1982. A laboratory method for predicting the size distribution of sediment eroded from surface soil. Soil Sci. Am. J., 46:1259-1263.



- Rienzi, E. A. 1994. Influencia de algunos factores de agregación y las características del sellado y encostrado en un Argiudol típico. Tesis Magister Scientiae. Universidad de Buenos Aires. 73 páginas.
- Rienzi, E.A. 2006. Cobertura del suelo y su relación con la producción de sedimentos y la relación de enriquecimiento. Actas III Congreso Iberoamericano sobre control de la erosión y los sedimentos. CD. 11 páginas.
- Rienzi, E.A. 2006 Erodabilidad y tasa de desprendimiento producido por la erosión hídrica en suelos con uso agrícola ganadero. Rev. Fac. Agronomía, UBA (En prensa).
- Rienzi, E. A. and C. M. Kvolek. 2001. Aggregate size and surface sealing effects on wash and splash selectivity. Symposium III and IV Land Degradation Assessment and Case Studies of Land Degradation. CD. 7pp.
- Rienzi, E. A. and N. Grattone. 2002. Enrichment rate of organic carbon content in sediment produced by interrill erosion with two degrees of surface cover. In: International Colloquium "Landuse management, erosion and carbon sequestration". Montpellier, Francia. CD. 10pp.
- Rienzi, E. A. and G. A. Sanzano. 2002. Selectivity degree in soil erosion detachment from two tillage system and different cover condition. In: Man and Soil at the Third Millennium (Eds. Rubio, Morgan, Asins, Andreu). Geofoma, Vol II:1657-1663.
- Rienzi, E. A. and C. M. Kvolek. 2003. Changes of aggregate size in soil surface on selectivity of splash and wash processes. Acts International Symposium 25 years assessment of erosion, Ghent, Bélgica.
- Rienzi, E. A. y A. Rocca. 2006. Interacciones entre la cobertura superficial y la textura del suelo sobre la relación de enriquecimiento en carbono orgánico en el sedimento. En: Evaluación de parámetros y Procesos hidrológicos en suelos. Trabajos presentados en la VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelos (ELAFIS). Eds. Lobo, Gabriels, y Soto. (En prensa).
- Rienzi, E. A.; Kvolek, C.; Berasategui, J. P.; Palma, F. y M. Mihura. 2004. Variación temporal y selectividad de la erosión entre surcos con diferente textura superficial. XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Risse, L. M., Nearing, M. A. and M. R. Savabi. 1994. Determining the Green and Ampt effective hydraulic conductivity from rainfall-runoff data for the WEPP model. Trans. ASAE., 37:411-418.
- Risse, L. M.; Nearing, M. A. and X. Zhang. 1994. Temporal Variability in Green-Ampt Effective Hydraulic Conductivity. Trans. ASAE., Paper 94-2182.
- Risse, L. M.; Liu, B.Y. and M. A. Nearing. 1995. Using curve numbers to determine baseline values of Green-Ampt effective hydraulic conductivity. Water Resources Bulletin 31(1):147-158.
- Risse, L. M.; Nearing, M.A. and X. Zhang, 1995. Variability in Green-Ampt effective conductivity under fallow conditions. J. Hydrology 169:1-24.
- Ritchie, J. T. 1972. A model for predicting evaporation from a row crop with incomplete



cover. *Water Resources Research*, 8(5):1204-1213.

Ritchie W. and J. Hanway. 1997. How a corn plant develops. Special Reports N° 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. 21 p.

Rojas, A; Conde, A. y R. Moresco. 1976. Determinación del Índice de Erosividad de las lluvias para algunas localidades de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires. INTA-IDIA. Suplemento 33:709-713.

Rojas, A y A. Conde. 1980. Determinación del Índice de Erosividad de las lluvias (segunda aproximación). Acta IX Cong. Arg. Ciencia del Suelo, Tomo II:873-880.

Rojas, A y A. Conde. 1985. Estimación del factor "R" de la ecuación universal de pérdidas de suelo para algunas localidades del norte de la República Argentina. *Ciencia del Suelo*, 3(1-2):85-94.

Rojas, A y A. Conde. 1986. Estimación del factor "R" de la ecuación universal de pérdidas de suelo para el centro-este de la República Argentina. Acta XI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 109-110.

Rojas, A. E. 1991. Probabilidades de ocurrencia del factor "R" de la ecuación universal de pérdida de suelo. Acta XIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 147-149.

Rojas, A y J. Saluzo. 1993. Probabilidad de ocurrencia del factor "R" de la ecuación universal de pérdidas de suelo. *Ciencia del Suelo*, Vol. 10-11:42-45.

Rollán, A.; Karlin, M. y O. Bachmeier. 2004. Siembra directa y densificación subsuperficial en Molisoles del Centro Norte de Córdoba. Acta XIX Congr. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.

Rostagno, C. y D. Garayzar. 1995. Diseño de un simulador de lluvia para estudios de infiltración y erosión de suelos. *Ciencia del Suelo*, 13: 41-43.

Rostagno, C. M.; Salome, J.; del Valle, H. F.; Toyos, A. Elissalde, N. y J. Escobar. 2002. La erosión de los suelos en un área quemada del noreste del Chubut. XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.

Roth, C. H. and T. Eggert. 1994. Mechanism of aggregate breakdown involved in surface sealing, runoff generation and sediment concentration on loess soils. *Soil Till. Res.*, 32:253-268.

Ruan, H.; Ahuja, R. L.; Green, T. R. and J. G. Benjamin. 2001. Residue cover and surface-sealing effect on infiltration: numerical simulations for field applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:853-861.

Ruiz Posse, E.; Negro, G. y R. Luque. 1999. Estimación del factor de escurrimiento superficial (Rw) de la MUSLE, utilizando sistema de información georeferenciada. 14° Cong. Latinoamericano Ciencia del Suelo. CD. 5 páginas.

Sa, J. C. M. 2002. Rastrojo: el alimento del suelo. Acta X Cong. Nac. AAPRESID. CD. 6 páginas.



- Sadiki, A.; Navas, A.; Bouhlassa, S.; Aboutaher, A. y A. Faleh. 2005. Aplicación de la técnica del Cs¹³⁷ para evaluar la erosión en la cuenca del río Abdelali (norte de Marruecos). Rev. Sociedad Española de Geomorfología y Asociación Española, 19(1-2):15-22.
- Sagripanti, G.; Villalba, D.; Grosso, V. y R. Daga. 2003. Análisis morfológico de escarpas, aplicado a la reconstrucción de la sismicidad prohistórica de la falla Las Lagunas, Sampacho, Córdoba. Acta II Cong. Nac. Cuaternario y Geomorfología, 369-377.
- Sagripanti, G.; Costa, C.; Schiavo, H.; Villalba, R. Daga, R. y C. Rodríguez. 2005. Paleoterremoto en el sector noreste de la Sas. Pampeanas Orientales, revelado por deformaciones de depósitos lagunares Holocenos. Actas XVI Cong. Geol. Arg., Tomo IV:457-462.
- Salomone, J.; Llanos, M.; del Valle, H.; Elissalde, N.; Escobar, J.; Rostagno, C. y P. Ferrari. 2004. Evaluación de erosión de suelos en el sudoeste de Chubut con LANSAD TM t SAC C. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Sanabria, J.; Arguello, G. y A. Manssur. 1996. Aplicación del método de susceptibilidad a la erosión de van Cuidan y Cancelado en la cuenca baja del Arroyo San Agustín, Córdoba, Argentina. Acta XIII Cong. Latinoamericano Ciencia del Suelo. CD (O6-069) 4 páginas.
- Sancho, C., Benito, G. y M. Gutierrez. 1991. Agujas de erosión y perfiladores microtopográficos. Cuadernos Técnicos de la S.E.G. 2. 28 pp. Geoforma Ediciones.
- Sanzano, G.; Fadda, G. y E. Rienzi. 2000. Efecto de la cobertura vegetal sobre los procesos de erosión hídrica en un Haplustol típico bajo dos sistemas de labranza. 11º Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo, 2-159.
- Sanzano, G.; Fadda, G. y E. Rienzi. 2004. Relación entre encostramiento y tasa de infiltración bajo lluvia simulada en distintas situaciones de manejo de suelo. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Sasal, M. C.; Andriulo, A. E. y M. Taboada. 2004. Orientación de poros en Argiudoles bajo siembra directa continua. Acta XIX Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Santanatoglia, O.; Chagas, C.; Rienzi, E.; Castiglioni, M. y R. Sbatella. 1996. Características de los sedimentos producidos por erosión hídrica en una microcuenca del Arroyo del Tala (Prov. de Buenos Aires-Argentina). Ciencia del Suelo, 14(1):42-46.
- Savio, M. C. 1996. Análisis de un modelo matemático de predicción de la erosión hídrica. Trabajo Final, Universidad Nacional de Entre Ríos. 200 páginas.
- Scotta, E. S. 1995. Sistematización de tierras para el control de erosión hídrica y agua superficial excedente. Manual Metodológico. (Edición actualizada). INTA, EEA Paraná. Serie Extensión Nº 8. 52 páginas.
- Scotta, E. S.; Nani, L. A.; Conde, A. A.; Rojas, A. C.; Castiñeira, O. y O. Paparotti. 1986. Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes. INTA- EEA Paraná. Serie Didáctica Nº 17. 49 páginas.



- Scotta, E. S. y L. A. Nani. 1983. Método para el desarrollo de proyectos de conservación de suelos en establecimientos con erosión hídrica en Entre Ríos. Publicación Técnica N°7. INTA-EEA Paraná.
- Scotta, E. y O. Paparotti. 1989. Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes. Segunda edición, corregida y aumentada. INTA-EEA Paraná. Serie Didáctica N° 17. 49 páginas.
- Scotta, E.; Paparotti, O. y L. Nani. 1989. Metodología para control de erosión hídrica. Erosión: Sistemas de producción manejo y conservación del suelo y aguas. Fundación CARGIL, Buenos Aires. Página 71-100.
- Schiettecatte, E.; Gabriels D. and M. De Roock. 2002. Enrichment of organic carbon in eroded under natural and artificial rain. In: International Colloquium "Landuse management, erosion and carbon sequestration". Montpellier, Francia.
- Schjønning, P. 1991. Some aspects of soil strength. NJF-utredning/rapport., 56:40-45.
- Schmidt, C. P. and R. K. Belford. 1994. Increasing the depth of soil disturbance increases yields of direct drilled wheat on the sandplain soil of Western Australia. Austr. J. E. Agr., 34:777-781.
- Schnabel, S. 1997. Soil erosion and runoff production in a small watershed under silvo-pastoral landuse (dehesas) in Extremadura, Spain. Geofoma Ediciones (España). 167 pp.
- Schnabel, S.; Gómez, A. D. and A. Ceballos. 1999. Extreme events and gully erosion. Proceeding of the International Seminar on Land Degradation and Desertification, International Geographical Union, Lisboa. pp 17-26.
- Schnabel, S. y B. Mateos Rodriguez. 2000. Hidrología superficial en ambientes adehesados, cuenca experimental Guadalperalón. Cuadernos de Investigación Geográfica, 26:113-130.
- Schumm, S. 1967. Erosion measure by stakes. Revue Géom. Dyn., 4: 161-162.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) y el Consejo Federal Agropecuario (CFA). 1995. El Deterioro de la Tierras en la República Argentina. Alerta Amarillo. 287 páginas.
- Senigagliesi; C. and M. Ferrari. 1993. Soil and crop responses to alternative tillage practices. In: Buxton, D.R. Shibles, R.; Forsberg, R. A., Blad, B. L.; Asay, K. H.; Paulsen, G. M.; Wilson, R. F. (Eds.). International crops science I. Madison. Crop Sci. Soc. Am. 27-35.
- Sfeir, A. J.; Piscitelli, M. M.; Sottile, A. J.; Casas, R.; Michelena, R.; Irurtia, C.; Thomas, G. W. y N. Díaz. 1998. Algunas propiedades del suelo en sistemas de siembra directa y labranza tradicional en áreas con altas pendientes. Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Página 276.
- Sharon, D. 1970. Areal patterns of rainfall in a small watershed. Symposium Results of Research on Representative and Experimental Basins. IAHS Publi., 96:3-11.



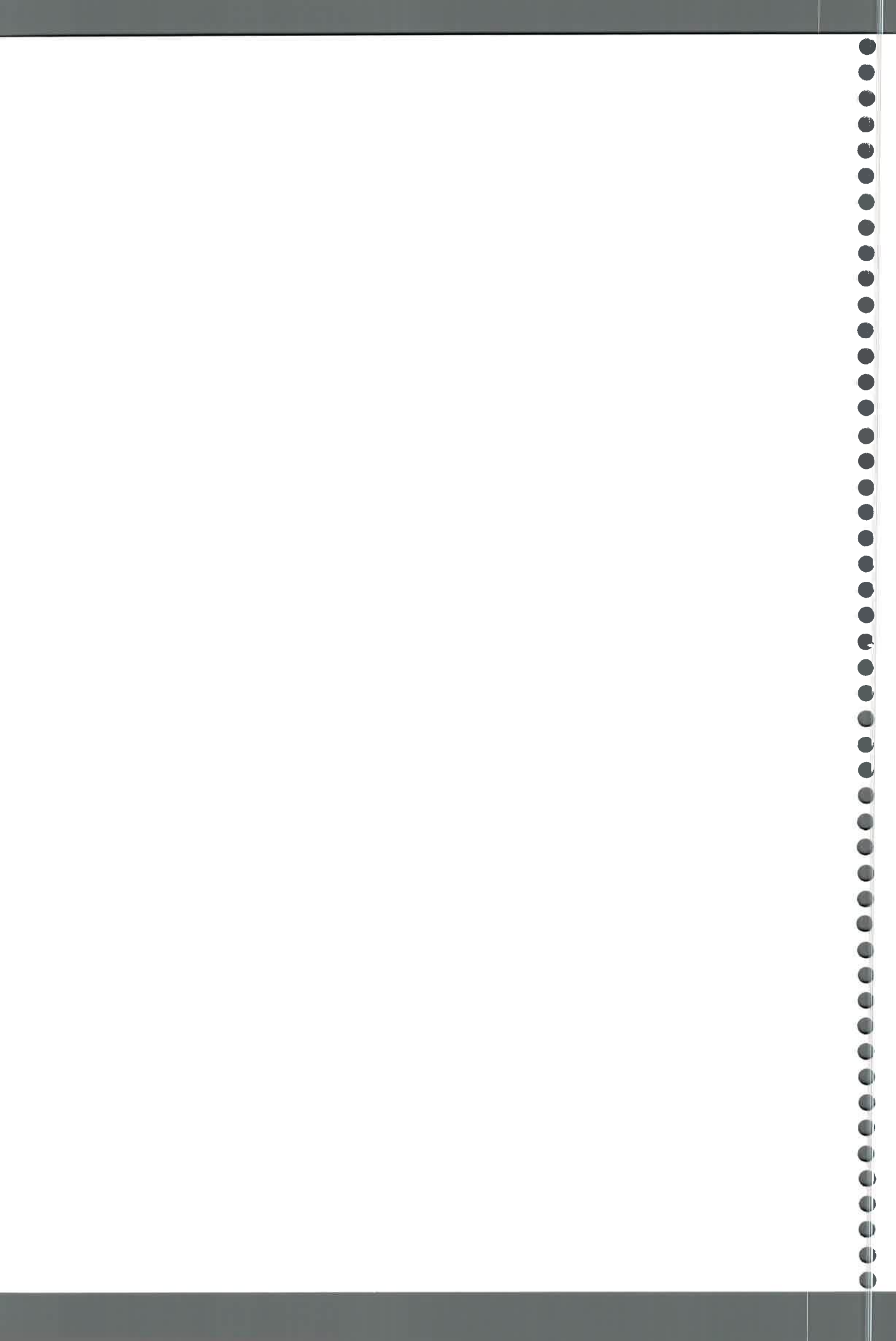
- Sharpley, A. N. 1985. The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:1527-1534.
- Shipitalo, M.J. and R. Portz 1987. Comparison of morphology and porosity of a soil under conventional and zero tillage. *Can. J. Soil Sci.*, 67:445-456.
- Sibello, R.; Cartas, H. y J. Martín. 2001. Cuantificación de la erosión de los suelos de la subcuenca de Barajagua usando Cs¹³⁷ como radiotrazador. II Conferencia Internacional Científica Medio Ambiente Siglo XXI. CD. 8 páginas.
- Sirvent, J.; Desir, G.; Gutierrez, M. y C. Sancho. 1992. Datos preliminares de tasas de erosión hídrica en cárcavas del área experimental de Lanaja (Depresión del Ebro). *Bol. Geol. Min.* 104: 77-87.
- Sirvent, J.; Desir, G.; Gutierrez, M.; Sancho, C. and G. Benito. 1993. Soil erosion in badlands areas recorded by collectors, erosion pins and profilometer techniques (Ebro Basin, NE Spain). *Experimental Geomorphology and Landscape Ecosystem Change*, Leuven. 10 pp.
- Slattery, M. C. and P. B. Timothy. 1997. Particle size characteristics of suspended sediment in hillslope runoff and stream flow. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 22:705-719.
- Smith, D. 1941. Interpretation of soil conservation data for field use. *Agric. Eng.*, 22:173-175.
- Smith, D. and W. Wischmeier. 1957. Factors affecting sheet and rill erosion. *Trans. Am. Geophys. Union.*, 38:889-896.
- Soane, B. D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil Till. Res.*, 16:179-201.
- Soane, B. D. and C. Van Ouwerkerk. 1994. Compactation problems in world agriculture. In: Soane, B. D. and C. Van Ouwerkerk (Eds.). *Soil compactation in crop production*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holanda. pp 1-21.
- Soil Survey Staff. 2006. *Key to Soil Taxonomy*. USDA Tenth Edition. Washington DC. 341 pp.
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil Survey Manual*. Handbook 18. USDA. Washington DC. 437 pp.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistic in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman and Company, New York, USA. 887 pp.
- Slattery, M.C., and Burt, T.P., 1995, Size characteristics of sediment eroded from agricultural soil: dispersed versus non-dispersed, ultimate versus effective, in Hickin, E.J. (ed.), *River Geomorphology*: John Wiley and Sons, 1-17.
- Stoltenberg, N. L. and J. L. White. 1953. Selective loss of plant nutrients by erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 17:406-410.
- Stott, D. E. and J. B. Rogers. 1990. RESMAN: A residue management decision support



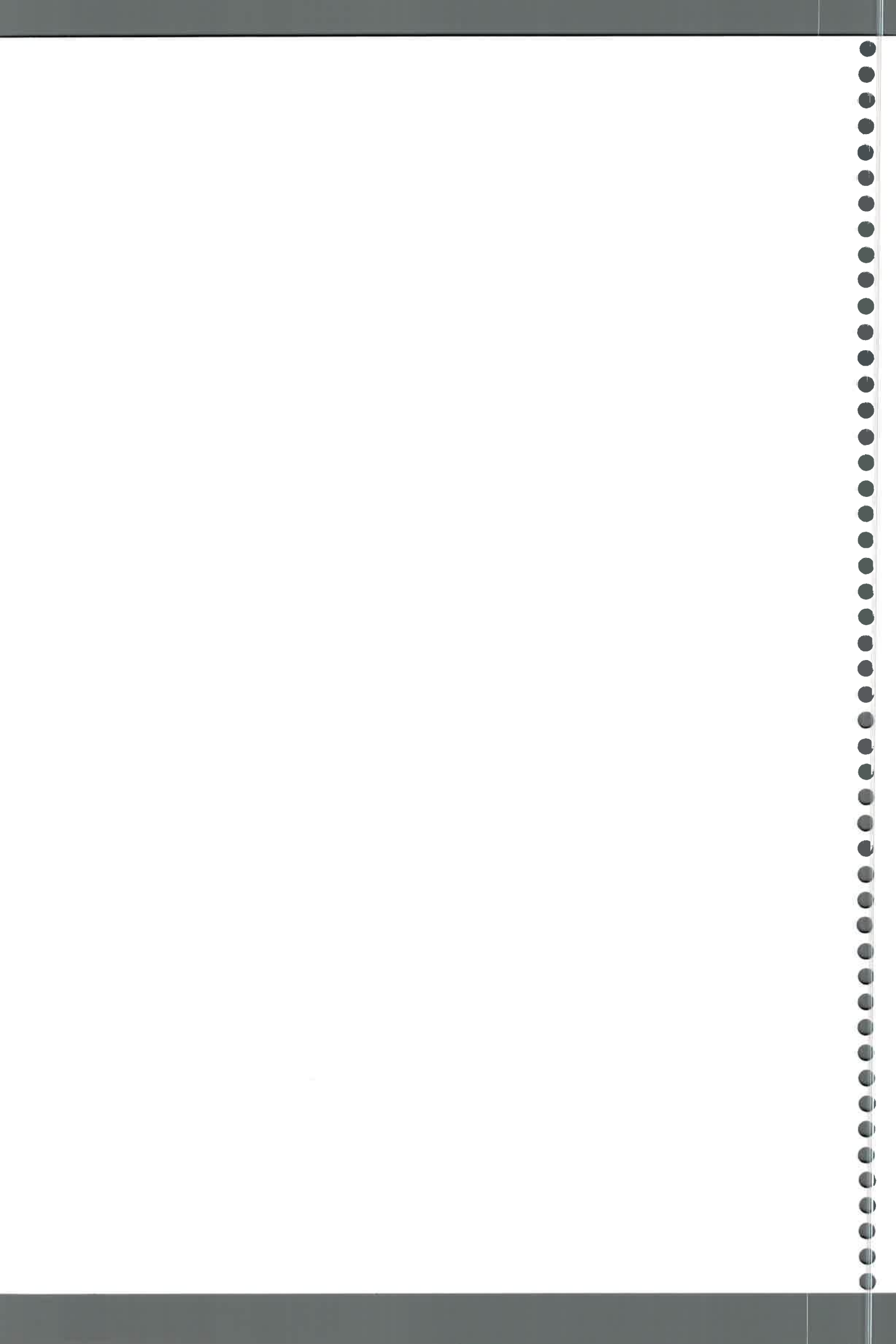
- program. Public domain software. NSERL Publication #5, 266 kb. USDA - Agricultural Research Service. National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, IN.
- Stott, D.E. and J.R. Barrett. 1993. RESMAN: Software for Simulating Changes in Surface Crop Residue Mass and Cover. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 148:305-410.
- Stroosnijder, L. 2005. Measurement of erosion: Is it possible?. *Catena*, 64:162-173.
- Sullivan, M.; Warwick, J. J. and S. W. Tyler. 1996. Quantifying and delineating spatial variations of surface infiltration in a small watershed. *J. Hydrology*, 181:149-168.
- Sutherland, R. A. and E. de Jong. 1990. Quantification of soil redistribution in cultivated fields, using caesium-137, Outlook, Saskatchewan. In: *Soil erosion; experiments and models* (Ed. R. B. Bryan). *Catena Supplement*, 17:177-193.
- Swanson, N. P. 1965. Rotating boom rainfall simulator. *Trans. ASAE.*, 8:71-72.
- Swanson, N. P.; Dedrick, A. and H. E. Weakly. 1965. Soil particles and aggregates transported in runoff from simulated rainfall. *Trans. ASAE.*, 8:437-440.
- Taboada, M. A.; Micucci, F. G.; Cosentino, D. J. and R. S. Lavado. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil Till. Res.*, 49:57-63.
- Tallarico, L. A.; Ipucha Aguerre, J.; Quevedo, C. V. y E. Calcagno. 1955. Mapa de erosión de los suelos de la región pampeana. 1ra contribución, noroeste de la Provincia de La Pampa. 7 páginas.
- Tallarico, L. A.; Quevedo, C. V.; Prego, A. J.; Bellón, C. A. y E. Calcagno. 1956. Mapa de erosión de los suelos de la región pampeana. 2da contribución, partido de Villarino (Provincia de Buenos Aires). 8 páginas.
- Taylor, H. M. and G. S. Brar. 1991. Effect of soil compaction on root development. *Soil Till. Res.*, 19:111-119.
- Teixeira, P. C. and R. K. Misra. 1997. Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soils as affected by the mechanical stability of aggregates. *Catena*, 30:119-134.
- Thomas, G. W.; Hasler, G. R. and R. L. Blevins. 1996. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the Proctor test. *J. Soil Sci.*, 161:502-508.
- Thornthwait y Mather. 1955. *The water balance*. Drexel Institute of Technology. *Climatology*, VIII(1):104 pp.
- Tisdall, J. M. and J. M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates. *J. Soil Sci.*, 33:141-163.
- Tiwari, A. K.; Risse, L. M.; and M. A. Nearing. 2000. Evaluation of WEPP and its comparison with USLE and RUSLE. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 43(5):1129-1135.
- Torres, C. G.; Fernández, G. S.; Lamas, H. y R. Boccoardo. 1998. Erosión actual de los suelos en la Prov. de Jujuy. *Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo*. Página 215-216.



- Torres, C. G. y G. S. Fernández. 2000. Erosión actual en los suelos agrícolas del Valle de San Francisco, Jujuy. Acta XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 4 páginas.
- Torri, D.; Regüés, S.; Pelegrini, S. and P. Bazzofi. 1999. Within-storm soil surface dynamics and erosive effects of rainstorms. *Catena*, 40:24-42.
- Turnage, K. M.; Lee, S. Y.; Foss, J. E.; Kim, K. H. and I. L. Larsen. 1995. Comparison of soil erosion and deposition rates using radiocesium, RUSLE, and buried soil in dolines in East Tennessee. *Environmental Geology*, 29 (1/2):1-10.
- Truman, C. C.; Bradford, J. M. and J. E. Ferris. 1990. Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:1385-1392.
- Truman, C. C.; Wauchope, R. D.; Sumner, H. R.; Davis, J. G.; Gascho, G. L.; Hook, J. E.; Chandler, L. D. and A. W. Johnson. 2001. Slope length effects on runoff and sediment delivery. *J. Soil and Water Conservation*, 53(3):249-256.
- Uberto, M. E.; Cisneros, J. M.; Vignolo, C.; Cholaky, C. y R. Pedelini. 2001. Recuperación de la productividad en tierras del área manisera. I. Propiedades físicas. Acta XVI jornada Nacional de Maní. Página 16-18.
- Uberto, M. E.; Cisneros, J. M.; Vignolo, C.; Cholaky, C. y R. Pedelini. 2002. Sistemas de labranza en Haplustoles énticos del área manisera de Córdoba (Arg.): I. Efecto sobre las propiedades físicas. Acta XVIII Congr. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.
- Unger, P. W. and O. R. Jones, 1998. Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil Till. Res.*, 45:39-57.
- Utomo, W. H. and A. R. Dexter. 1981. Age-hardening of agricultural top soils. *J. Soil Sci.*, 32:335-350.
- Van den Bygaart, A.; Protz, R. and A. Tomlin. 1999. Changes in pore structure in a no-till chonosequence of silt loam soils, southern Ontario. *Can. J. Soil Sci.*, 79:149-160.
- Venanzi, S.; De Sa Pereira, E. y H. Krüger. 2002. La siembra directa y la ganadería: Efecto del pastoreo sobre la compactación a corto plazo. XVIII Congr. Arg. Ciencia del Suelo. CD 6 páginas.
- Venanzi, S.; Galantini, J. y H. Krüger. 2004. Pastoreo en siembra directa y crecimiento de soja. Acta XIX Congr. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 10 páginas.
- Vera, H.; Hillton, A.; Lenzi, L. y E. Díaz. 2002. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica. Aplicación del modelo WEPP a la cuenca Las Delicias y a otros suelos-Entre Ríos. Acta XIX Cong. Nacional del Agua. CD. 10 páginas.
- Verri, L. J. 2004. Efecto del uso y del manejo sobre la materia orgánica total y sus fracciones en un Hapludol típico. Trabajo Final Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Río Cuarto. 54 páginas.
- Vich, A. 2002. Manejo de cuencas y control de la erosión en áreas de piedemonte. Un caso de estudio. Conferencia XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 12 páginas.



- Vich, A.; Mariani, A. y A. Pedrani. 1998. Evaluación y predicción de la erosión hídrica en ambientes áridos de relieve acentuado. En: Anales XVII Cong. Nacional del Agua y II Simposio de los Recursos Hídricos del Conosur. Tomo III:297-306.
- Vich, A.; Cobos, J. y L. Lenzano. 2000. Avances en la cuantificación y predicción de la erosión hídrica en áreas de piedemonte. En: Actas III Jornadas Nacionales de Geografía Física. Páginas 263-270.
- Vich, A.; Braud, I. y A. Mariani. 2002. Estudios de erosión en ambientes áridos de relieve acentuado. Ajuste y desarrollo de métodos de predicción. Acta XVIII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. CD. 6 páginas.
- Vidal, M. C. y J. L. Costa. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. Acta XVI Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 211-212.
- Vidal, M. C. y J. L. Costa. 2000. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. RIA, 29:211-212.
- Viglizzo, E., y C. Filippín. 1991. Los agrosistemas en Argentina. En: Elementos de Política Ambiental. Cámara Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Ed. F. Garn y R. Goñi. 109-132 pp.
- Vis, M. 1986. Interception, drop size distributions and rainfall kinetic energy in four Colombian forest ecosystems. Earth Surface Processes and Landforms, 11:591-603.
- Walling, D. E. 1990. Linking the field to the river. Sediment delivery from agricultural land. In: Boardman, J.; Foster, I.; Dearing, J. (Eds.), Soil Erosion on Agricultural Land. Willey, pp 129-152.
- Wan, Y. and S. A. El-Swaify. 1998. characterizing interrill sediment size by portioning splash and processes. Soil Sci. Soc. Am. J., 62:430-437.
- Warkentin, B. 1997. Soil degradation: an overview. International Symposium on Soil, Human and Environment Interactions. Academia Sinica, Nanjing, China (May 1997). Plenary lectura, 59-75 pp.
- Wander, M. M. and G. A. Bollero. 1999. Soil Quality assessment of tillage impacts in Illinois. Soil Sci. Soc. Am. J., 63:961-971.
- Williams, J. and H. Berndt. 1977. Sediment yield prediction based on watershed hydrology. Trans. ASAE., 20(6):1100-1104.
- Williams, J. R. and A. D. Nicks. 1985. SWRRB, a simulator for water resources in rural basins: an overview. In: D. G. De Coursey (Ed.). Proc. of the Natural Resources Modeling Symp., Pingree Park, CO. USDA-ARS-ARS-30, pp. 17-22.
- Williams, J. R.; Jones, C. A. and P. T. Dyke. 1984. A modelling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. Trans. ASAE., 27(1):129-142.
- Wischmeier, W. H. 1959. A rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 23:246-249.



- Wischmeier, W. H. 1975. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed area. In present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. USDA ARS Publication ARS-S, 40:118-124.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Union, 39:285-291.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Guide for selection of practices for soil and water conservation. Agric. Handbook N° 282. 47 pp.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall-erosion losses. Agriculture Handbook N° 537. United State Department of Agriculture-Science and Education Administration. Washington DC. 58 pp.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. and Uhland, R. E. 1958. Evaluation of factors in the soil-loss equation. Agric. Eng., 39:458-462.
- Yalin, M. S. 1963. An expression for bed-load transportation. Journal of Hydraulics Division, ASCE, 98(HY3):221-250.
- Young, R. A. and C. A. Onstad. 1978. Characterization of rill and interrill eroded soil. Trans. ASAE., 21:1126-1130.
- Young, R. A.; Onstad, C. A.; Bosch, D. D. and W. P. Anderson. 1989. AGNPS: a non point source pollution model for evaluating agricultural watersheds. J. Soil and Water Cons., 44:168-173.
- Zanchi, 1983. Influenza dell'azione battente della pioggia e del ruscellamento nel processo erosivo e variazioni dell'erobilita del suolo nei diversi periodi stagionali. Annali Istituto Sperimentale Studio e Difesa Suolo, 14:347-358.
- Zeleke, G. T. and D. C. Flanagan. 1999. BPCDG: Breakpoint Climate Data Generator for WEPP using observed climate standart weather data sets. Available at: <http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb/weppmain/>. In: WEPP 2002.7.
- Zhang, X.; Risse, L. M. and M. A. Nearing. 1995. Estimation of Green-Ampt conductivity parameters: Part I. Row crops. Trans. ASAE., 38(4):1069-1077.
- Zhang, X. C.; Nearing, M. A. and L. M. Risse. 1995, Estimation of Green-Ampt conductivity parameters: part II. perennial crops: Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 38(4): 1079-1087.
- Zhang, X.C., M.A. Nearing, L.M. Risse, and K.C. McGregor. 1996. Evaluation of runoff and soil loss predictions using natural runoff plot data. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 39(3): 855-863.
- Zingg, A. W. 1940. Degree and length of land slope as if affects soil loss in runoff. Agric. Eng. 21:59-64.
- Zurita, J. J. 1993. Erosión hídrica potencial de los suelos del Chaco. Acta XIV Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Páginas 285-286.



APENDICE 1



En el Apéndice 1 se adjuntan las siguientes Tablas:

Tabla 1.1. Temperatura media mensual [°C], Estación Agrometeorológica de la U.N.R.C. (1974-2003).

Tabla 1.2. Temperatura media mensual [°C], Estación La Aguada (1994-2003).

Tabla 1.3. Dirección media anual de los vientos, Estación Los Chañares (1959-2003).

Tabla 1.4. Dirección media mensual de los vientos, Estación Los Chañares (1959-2003).

Tabla 1.5. Dirección media anual de los vientos, Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

Tabla 1.6. Dirección media mensual de los vientos, Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

Tabla 1.7. Balance hídrico seriado Estación Los Chañares (1941-2003).

Tabla 1.8. Balance hídrico seriado, Estación La Aguada (1995-2003).



Tabla 1.1. Temperatura media mensual [°C], Estación Agrometeorológica U.N.R.C., período 1974-2003.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio
1974	23,1	20,7	20,3	16,6	13,8	9,5	10,0	10,5	11,9	17,2	19,5	20,7	16,2
1975	22,8	22,0	18,9	17,0	13,6	12,8	7,2	9,4	13,9	16,5	19,4	24,1	16,5
1976	24,3	22,1	17,4	14,8	12,3	9,7	9,1	10,0	13,1	16,3	19,8	21,3	15,9
1977	22,7	21,3	20,3	17,7	12,6	11,1	9,8	12,1	15,5	19,0	20,7	23,0	17,2
1978	21,5	21,2	20,1	18,0	13,5	9,2	11,9	9,8	15,0	16,5	19,5	21,8	16,5
1979	22,9	21,6	19,2	15,9	13,6	10,5	11,3	13,4	11,4	16,9	17,7	20,8	16,3
1980	24,2	22,2	23,0	16,1	14,6	8,3	9,2	11,8	14,3	17,0	18,9	22,2	16,8
1981	22,0	22,5	20,8	16,9	15,2	9,0	9,4	12,9	13,1	17,3	18,6	21,5	16,6
1982	22,6	20,7	20,1	18,0	15,1	9,4	9,9	11,7	14,8	17,2	18,7	22,9	16,8
1983	22,4	21,3	19,8	17,6	12,6	7,2	7,9	10,0	12,9	19,2	19,9	23,9	16,2
1984	23,7	22,7	19,8	15,8	12,8	7,8	7,7	10,1	14,0	17,8	18,6	19,0	15,8
1985	21,6	21,7	20,8	16,3	15,3	11,9	9,1	11,6	13,5	16,1	20,3	22,2	16,7
1986	23,1	22,3	19,3	17,5	13,8	11,1	11,0	11,0	14,4	17,7	19,4	23,2	17,0
1987	23,7	22,8	19,8	17,5	10,3	11,3	10,9	10,3	13,4	17,8	20,5	20,3	16,6
1988	22,5	22,0	20,9	15,9	10,4	9,2	7,6	11,3	12,6	16,6	21,9	23,4	16,2
1989	24,7	24,9	19,1	17,3	12,7	11,4	9,6	12,5	12,8	17,2	20,5	23,7	17,2
1990	24,1	23,0	18,9	15,6	12,3	9,3	9,1	14,1	12,5	18,1	20,8	21,6	16,6
1991	21,9	21,3	21,4	17,2	14,0	9,9	8,3	10,3	13,5	14,8	19,6	20,7	16,1
1992	22,7	21,6	21,1	15,8	12,0	11,0	6,4	12,0	13,6	17,2	18,0	21,5	16,1
1993	23,2	21,4	21,7	16,2	11,5	9,5	7,3	11,3	13,0	16,7	18,9	21,9	16,1
1994	22,4	21,5	20,2	15,8	14,5	11,9	9,0	11,0	14,8	15,9	19,5	25,3	16,8
1995	21,7	20,2	20,4	17,1	13,9	9,8	8,4	10,0	14,9	17,3	20,9	24,7	16,6
1996	22,0	20,3	20,9	16,2	14,7	8,6	9,1	13,8	12,8	18,0	20,6	21,9	16,6
1997	25,0	22,7	21,2	18,9	15,7	10,4	12,1	12,6	14,7	16,2	19,6	21,1	17,5
1998	21,8	19,4	18,4	14,8	13,1	10,4	11,6	11,1	12,1	18,6	18,2	21,4	15,9
1999	20,8	23,7	19,1	14,4	12,8	8,6	7,6	10,6	15,1	16,4	18,8	20,5	15,7
2000	22,5	21,6	19,2	17,0	12,1	9,7	7,4	10,4	9,6	17,1	18,5	22,3	15,6
2001	23,1	25,3	20,7	15,6	11,5	12,5	8,5	11,9	12,9	16,7	19,1	22,9	16,7
2002	22,5	22,0	20,8	15,9	14,4	8,8	10,0	11,9	14,7	18,6	21,0	21,3	16,8
2003	23,2	22,0	20,6	15,8	12,8	11,1	8,5	9,7	14,6	19,5	22,1	20,8	16,7
Promedio	22,8	21,9	20,1	16,5	13,3	10,0	9,2	11,3	13,5	17,2	19,7	22,1	16,5

Tabla 1.2. Temperatura media mensual [°C], Estación La Aguada, período 1994-2003.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio
1994	21,7	20,4	19,3	15,2	13,9	11,1	8,2	10,5	14,2	15,2	19,0	24,4	16,1
1995	21,7	20,4	19,3	15,2	13,9	11,1	8,2	10,5	14,2	15,2	19,0	24,4	16,1
1996	23,2	21,0	19,8	18,1	14,4	9,2	11,3	11,6	13,6	15,0	18,2	19,8	16,3
1997	23,2	21,0	19,8	18,1	14,4	9,2	11,3	11,6	13,6	15,0	18,2	19,8	16,3
1998	21,2	18,2	17,2	14,3	12,7	9,5	10,8	10,7	11,2	18,4	17,9	20,8	15,3
1999	20,6	23,2	10,8	14,0	12,3	8,6	7,8	10,7	14,9	15,9	18,3	21,3	14,9
2000	22,5	20,5	17,5	16,2	11,0	2,1	6,7	5,9	12,6	12,6	17,2	21,1	13,8
2001	22,8	24,1	20,1	14,9	11,1	10,0	8,4	11,5	11,9	16,8	14,4	21,9	15,7
2002	21,4	20,2	19,3	11,1	13,3	7,6	9,0	11,3	14,0	17,5	20,0	20,4	15,4
2003	22,7	21,3	19,8	15,4	12,7	11,1	8,2	9,4	14,6	19,1	21,9	20,4	16,4
Promedio	22,1	21,0	18,3	15,3	13,0	8,9	9,0	10,4	13,5	16,1	18,4	21,4	15,6



Tabla 1.3. Dirección media anual de vientos, Estación Los Chañares (Serie 1959-2003).

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma
1959	295,9	13,7	5,5	5,5	175,3	8,2	76,7	0,0	420,0
1960	252,1	10,9	27,4	2,7	139,7	2,7	178,1	5,5	381,0
1961	317,8	8,2	27,4	13,7	136,9	0,0	158,9	5,5	331,6
1962	342,5	19,2	5,5	16,4	128,7	16,4	93,2	2,7	375,4
1963	260,3	41,1	30,1	52,1	117,8	8,2	123,3	52,1	315,0
1964	320,5	46,6	10,9	49,3	131,5	0,0	106,8	52,1	282,3
1965	268,5	57,5	38,4	38,4	106,8	16,4	126,0	63,0	285,0
1966	282,2	71,2	30,1	38,4	128,8	16,4	117,8	79,5	235,6
1967	309,6	68,5	35,6	35,6	109,6	27,4	95,9	93,2	224,6
1968	339,7	60,3	24,7	24,7	104,1	54,8	90,4	49,3	252,0
1969	320,5	73,9	41,1	41,1	84,9	63,0	115,1	35,6	224,8
1970	298,6	104,1	35,6	63,0	93,2	35,6	101,7	79,5	188,7
1971	309,6	76,7	21,9	49,3	98,6	49,3	87,7	52,1	254,8
1972	364,8	60,3	27,4	54,8	115,1	32,9	60,3	63,0	221,4
1973	438,4	134,3	0,0	57,5	90,4	65,7	35,6	24,7	153,4
1974	495,9	71,2	5,5	38,4	65,8	68,5	27,3	54,8	172,6
1975	547,9	95,9	0,0	13,7	139,7	30,1	16,4	21,9	134,4
1976	405,5	147,9	2,7	79,5	104,1	71,2	38,3	73,9	76,9
1977	449,3	150,7	0,0	54,8	84,9	57,5	19,2	101,4	82,2
1978	454,8	183,6	0,0	52,1	68,5	63,0	0,0	104,1	73,9
1979	528,8	134,3	2,7	30,1	46,6	54,8	2,7	101,4	98,6
1980	490,4	147,9	0,0	52,1	71,2	43,8	2,7	115,1	76,8
1981	498,6	202,7	0,0	52,1	79,5	27,4	8,2	79,5	52,0
1982	616,4	104,1	0,0	54,8	79,5	11,0	0,0	63,0	71,2
1983	594,5	112,3	2,7	73,9	98,6	16,4	0,0	49,3	52,3
1984	564,4	161,6	0,0	68,5	71,2	46,6	2,7	49,3	35,7
1985	660,3	123,3	0,0	54,8	57,5	0,0	0,0	24,7	79,4
1986	512,3	134,2	2,7	65,8	93,2	35,6	2,7	109,6	43,9
1987	632,9	120,5	2,7	43,8	73,9	27,4	0,0	52,1	46,7
1988	627,4	79,5	0,0	49,3	115,1	35,6	2,7	54,8	35,6
1989	600,0	84,9	0,0	43,8	117,8	19,2	0,0	57,5	76,8
1990	635,6	95,9	0,0	52,1	104,1	13,7	2,7	57,5	38,4
1991	558,9	189,0	0,0	57,5	73,9	46,6	0,0	52,1	22,0
1992	391,8	328,8	2,7	52,1	46,6	49,3	0,0	82,2	46,5
1993	323,3	339,7	2,7	123,3	30,1	52,1	0,0	95,9	32,9
1994	245,1	431,8	5,6	100,3	25,1	72,4	0,0	97,5	22,3
1995	214,5	378,8	0,0	80,8	19,5	72,4	0,0	206,1	27,9
1996	325,1	276,0	8,2	90,2	30,1	65,6	2,7	180,3	21,9
1997	273,2	327,9	2,7	65,6	38,3	70,0	0,0	207,7	13,7
1998	264,4	416,7	0,0	71,8	40,2	48,9	0,0	143,7	14,4
1999	244,5	406,6	2,7	107,1	30,2	41,2	2,7	148,4	16,5
2000	164,4	482,2	0,0	134,2	24,7	68,5	2,7	117,8	5,5
2001	139,7	410,6	11,2	164,8	39,1	76,6	2,8	142,5	16,8
2002	74,0	424,7	0,0	145,2	46,6	101,4	16,4	175,3	16,4
2003	109,6	271,2	0,0	142,5	24,7	145,2	2,7	290,4	13,7



Tabla 1.4. Dirección media mensual de vientos, Estación Los Chañares (1959-2003)

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma
Ene	9,7	10,9	0,2	1,9	1,4	0,9	0,6	2,8	0,8
Feb	10	8,2	0,2	1,5	1,3	1	0,7	3,8	4,6
Mar	10	8,6	0,2	1,9	1,8	1,3	0,6	3,6	2,9
Abr	11,2	7,9	0,4	2,3	2,1	1,4	0,7	3,2	3,5
May	8,8	7,8	0,3	3	1,6	1,7	2	3,1	3,3
Jun	8,1	8,6	0,3	2,8	1,7	1,4	2	3,2	3,2
Jul	9,3	4,7	0,2	3,2	2,3	2,3	1,1	4,5	3
Ago	10,2	4,8	0,2	2,2	2,6	2,7	2,6	4,5	2,2
Sep	10	6,3	0,3	2,5	2,4	2,5	1,5	4	1,5
Oct	10,4	8,1	0,3	2,3	2,2	2,1	1,1	2,9	1,7
Nov	10,1	7,6	0,4	2,8	2,3	1,3	1,2	3	1,7
Dic	9,6	7,7	0,3	1,9	2,3	1,3	0,7	3,1	3,8

Tabla 1.5. Dirección media anual de vientos, Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

	2000	2001	2002	2003	2004
N	76,3	119,3	65,8	76,2	55,3
NNE	113,2	120,0	158,4	199,8	155,5
NE	175,6	202,4	220,9	208,2	252,2
ENE	115,1	61,0	83,8	65,9	83,3
E	69,8	57,4	50,4	44,6	45,1
ESE	40,3	42,5	29,4	30,0	28,6
SE	29,5	46,0	30,9	32,2	29,8
SSE	29,5	43,2	31,0	37,0	30,2
S	40,5	42,6	38,5	38,9	37,8
SSO	42,5	47,3	50,6	43,4	45,6
SO	57,4	52,8	76,8	53,5	68,0
OSO	37,5	43,6	38,9	29,5	35,1
O	16,8	20,4	18,6	15,3	19,6
ONO	16,6	17,2	18,2	22,0	22,1
NO	37,2	30,1	35,5	41,0	31,2
NNO	35,2	48,1	41,8	38,9	32,5
Calma	67,1	6,1	10,4	23,4	28,2

Tabla 1.6. Dirección media mensual de vientos, Estación Rodeo Viejo (2000-2004).

Direcci	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
N	2,4	1,4	2,7	2,7	3,6	2,2	2,4	1,9	2,7	1,8	2,2	1,9
NNE	4,4	4,1	3,3	2,3	2,3	4,0	4,4	5,0	6,1	6,2	5,7	6,2
NE	7,5	8,4	7,6	5,7	5,0	6,1	5,9	5,3	6,2	6,4	6,0	6,7
ENE	3,6	3,3	3,8	3,6	2,6	1,9	1,5	1,5	2,0	1,9	2,0	2,2
E	2,0	2,0	2,2	3,0	2,2	1,2	0,8	0,7	1,2	1,4	1,4	1,5
ESE	1,2	0,9	1,3	1,9	1,4	0,9	0,4	0,5	0,9	1,1	0,9	1,0
SE	1,1	1,1	1,0	1,2	1,0	0,8	0,6	0,9	1,0	1,2	1,2	1,1
SSE	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0	1,1	0,8	1,0	0,8	1,1	1,7	1,1
S	1,1	1,1	0,8	0,8	1,0	1,3	1,0	1,2	1,1	1,4	1,7	1,7
SSO	0,9	0,9	1,0	0,8	1,2	1,3	1,4	1,9	1,6	1,8	2,0	1,6
SO	1,3	1,0	1,4	1,1	2,1	1,9	2,3	3,6	1,8	2,2	1,7	1,3
OSO	0,7	0,7	0,6	1,2	1,2	1,2	1,7	2,0	0,9	1,1	0,8	0,8
OSO	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	0,7	0,5	0,4	0,5	0,3
ONO	0,4	0,5	0,4	0,7	0,7	0,8	1,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5
NO	0,8	0,8	0,7	1,0	1,2	1,7	1,6	1,3	1,0	0,7	0,9	1,0
NNO	1,0	0,9	0,8	0,9	1,2	1,9	1,9	1,7	1,4	0,7	0,7	0,9
Calma	0,2	1,7	1,2	1,6	1,7	1,2	1,2	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2



Tabla 1.7. Balance hídrico seriado, Estación Los Chañares (1941-2003).

VARIABLES									
Agua útil en la capa superior =25 mm y en la capa inferior = 125 mm									
ETP: Evapotranspiración potencial									
ALMAC: almacenamiento									
RP: Recarga potencial									
R: Recarga									
APE: Agua potencialmente extraíble									
AE: Agua extrída									
ETR: Evapotranspiración real									
EXC: Exceso									
MES	P	ETP	ALMAC	RP	R	APE	AE	ETR	EXC
ene-41	40,0	132,0	69,2	0,0	0,0	114,2	80,8	120,8	0,0
feb-41	125,0	96,0	98,2	80,8	29,0	44,3	0,0	96,0	0,0
mar-41	225,0	92,0	150,0	51,8	51,8	57,7	0,0	92,0	81,2
abr-41	79,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	23,0
may-41	66,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	30,0
jun-41	8,0	22,0	136,0	0,0	0,0	22,0	14,0	22,0	0,0
jul-41	10,0	21,0	125,0	14,0	0,0	19,3	11,0	21,0	0,0
ago-41	23,0	32,0	117,5	25,0	0,0	26,7	7,5	30,5	0,0
sep-41	11,0	42,0	93,2	32,5	0,0	32,9	24,3	35,3	0,0
oct-41	83,0	75,0	101,2	56,8	8,0	46,6	0,0	75,0	0,0
nov-41	124,0	94,0	131,2	48,8	30,0	61,4	0,0	94,0	0,0
dic-41	78,0	126,0	89,9	18,8	0,0	96,5	41,3	119,3	0,0
ene-42	135,0	132,0	92,9	60,1	3,0	79,1	0,0	132,0	0,0
feb-42	100,0	96,0	96,9	57,1	4,0	58,8	0,0	96,0	0,0
mar-42	35,0	92,0	60,0	53,1	0,0	58,0	37,0	72,0	0,0
abr-42	33,0	56,0	50,8	90,0	0,0	22,4	9,2	42,2	0,0
may-42	57,0	36,0	71,8	99,2	21,0	12,2	0,0	36,0	0,0
jun-42	30,0	22,0	79,8	78,2	8,0	21,3	0,0	22,0	0,0
jul-42	12,0	21,0	70,8	70,2	0,0	21,0	9,0	21,0	0,0
ago-42	7,0	32,0	51,5	79,2	0,0	21,8	19,3	26,3	0,0
sep-42	17,0	42,0	42,9	98,5	0,0	14,4	8,6	25,6	0,0
oct-42	37,0	75,0	32,0	107,1	0,0	21,4	10,9	47,9	0,0
nov-42	101,0	94,0	39,0	118,0	7,0	20,1	0,0	94,0	0,0
dic-42	97,0	126,0	27,3	111,0	0,0	32,4	11,7	108,7	0,0
ene-43	79,0	132,0	17,7	122,7	0,0	24,1	9,7	88,7	0,0
feb-43	49,0	96,0	12,1	132,3	0,0	11,3	5,5	54,5	0,0
mar-43	183,0	92,0	103,1	137,9	91,0	7,4	0,0	92,0	0,0
abr-43	50,0	56,0	97,1	46,9	0,0	41,1	6,0	56,0	0,0
may-43	56,0	36,0	117,1	52,9	20,0	27,9	0,0	36,0	0,0
jun-43	32,0	22,0	127,1	32,9	10,0	22,0	0,0	22,0	0,0
jul-43	153,0	21,0	150,0	22,9	22,9	21,0	0,0	21,0	109,1
ago-43	15,0	32,0	133,0	0,0	0,0	30,8	17,0	32,0	0,0
sep-43	9,0	42,0	104,2	17,0	0,0	36,3	28,8	37,8	0,0
oct-43	245,0	75,0	150,0	45,8	45,8	52,1	0,0	75,0	124,2
nov-43	146,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	52,0



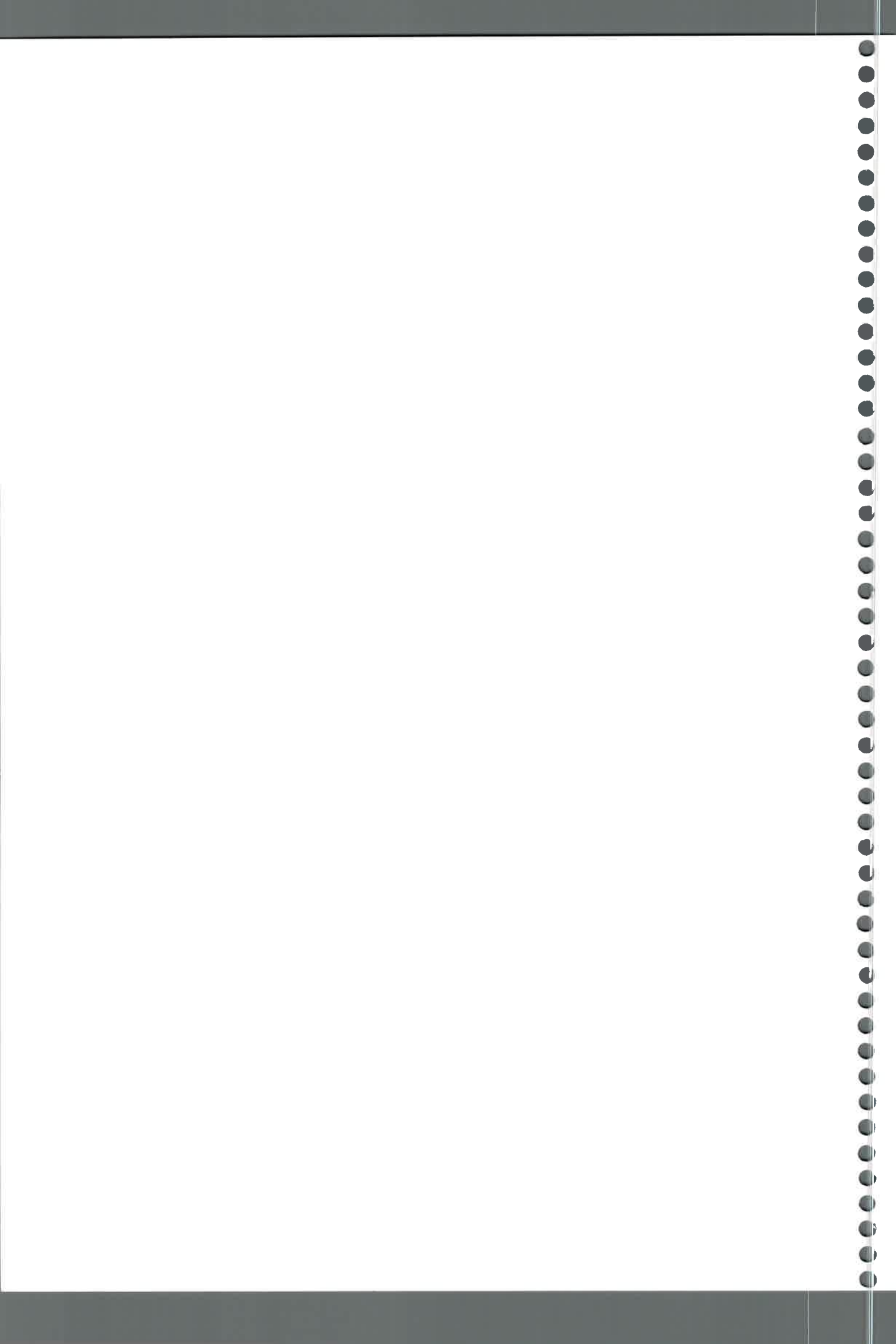
ene-44	176,0	132,0	150,0	6,0	6,0	113,2	0,0	132,0	38,0
feb-44	118,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	22,0
mar-44	109,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	17,0
abr-44	82,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	26,0
may-44	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-44	11,0	22,0	107,3	34,2	0,0	17,0	8,5	19,5	0,0
jul-44	0,0	21,0	92,3	42,7	0,0	15,0	15,0	15,0	0,0
ago-44	0,0	32,0	72,6	57,7	0,0	19,7	19,7	19,7	0,0
sep-44	0,0	42,0	52,3	77,4	0,0	20,3	20,3	20,3	0,0
oct-44	212,0	75,0	150,0	97,7	97,7	26,1	0,0	75,0	39,3
nov-44	30,0	94,0	92,5	0,0	0,0	82,5	57,5	87,5	0,0
dic-44	75,0	126,0	61,0	57,5	0,0	77,7	31,4	106,4	0,0
ene-45	101,0	132,0	48,4	89,0	0,0	53,7	12,6	113,6	0,0
feb-45	130,0	96,0	82,4	101,6	34,0	31,0	0,0	96,0	0,0
mar-45	153,0	92,0	143,4	67,6	61,0	50,7	0,0	92,0	0,0
abr-45	120,0	56,0	150,0	6,6	6,6	49,5	0,0	56,0	57,4
may-45	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-45	8,0	22,0	105,0	34,2	0,0	17,0	10,8	18,8	0,0
jul-45	9,0	21,0	96,6	45,0	0,0	14,7	8,4	17,4	0,0
ago-45	0,0	32,0	76,0	53,4	0,0	20,6	20,6	20,6	0,0
sep-45	40,0	42,0	75,0	74,0	0,0	21,3	1,0	41,0	0,0
oct-45	45,0	75,0	60,0	75,0	0,0	37,5	15,0	60,0	0,0
nov-45	45,0	94,0	40,4	90,0	0,0	37,6	19,6	64,6	0,0
dic-45	241,0	126,0	150,0	109,6	109,6	33,9	0,0	126,0	5,4
ene-46	79,0	132,0	101,7	0,0	0,0	114,2	48,3	127,3	0,0
feb-46	32,0	96,0	58,3	48,3	0,0	65,1	43,4	75,4	0,0
mar-46	52,0	92,0	42,7	91,7	0,0	35,8	15,5	67,5	0,0
abr-46	110,0	56,0	96,7	107,3	54,0	16,0	0,0	56,0	0,0
may-46	63,0	36,0	123,7	53,3	27,0	30,3	0,0	36,0	0,0
jun-46	17,0	22,0	118,7	26,3	0,0	22,0	5,0	22,0	0,0
jul-46	6,0	21,0	103,7	31,3	0,0	20,7	15,0	21,0	0,0
ago-46	39,0	32,0	110,7	46,3	7,0	22,8	0,0	32,0	0,0
sep-46	20,0	42,0	92,2	39,3	0,0	31,7	18,6	38,6	0,0
oct-46	36,0	75,0	68,2	57,8	0,0	46,1	24,0	60,0	0,0
nov-46	147,0	94,0	121,2	81,8	53,0	42,7	0,0	94,0	0,0
dic-46	101,0	126,0	96,2	28,8	0,0	89,8	25,0	126,0	0,0
ene-47	98,0	132,0	74,4	53,8	0,0	84,7	21,8	119,8	0,0
feb-47	132,0	96,0	110,4	75,6	36,0	47,6	0,0	96,0	0,0
mar-47	54,0	92,0	78,0	39,6	0,0	63,1	32,4	86,4	0,0
abr-47	140,0	56,0	150,0	72,0	72,0	29,1	0,0	56,0	12,0
may-47	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-47	16,0	22,0	111,2	34,2	0,0	17,0	4,6	20,6	0,0
jul-47	5,0	21,0	99,3	38,8	0,0	15,6	11,9	16,9	0,0
ago-47	23,0	32,0	93,4	50,7	0,0	21,2	6,0	29,0	0,0
sep-47	64,0	42,0	115,4	56,6	22,0	26,1	0,0	42,0	0,0
oct-47	78,0	75,0	118,4	34,6	3,0	55,0	0,0	75,0	0,0
nov-47	57,0	94,0	85,9	31,6	0,0	68,0	32,5	89,5	0,0
dic-47	21,0	126,0	25,8	64,1	0,0	72,2	60,1	81,1	0,0



ene-48	212,0	132,0	105,8	124,2	80,0	22,7	0,0	132,0	0,0
feb-48	81,0	96,0	90,8	44,2	0,0	63,2	15,0	96,0	0,0
mar-48	161,0	92,0	150,0	59,2	59,2	54,2	0,0	92,0	9,8
abr-48	26,0	56,0	120,8	0,0	0,0	50,8	29,2	55,2	0,0
may-48	16,0	36,0	104,7	29,2	0,0	29,0	16,1	32,1	0,0
jun-48	0,0	22,0	89,4	45,3	0,0	15,4	15,4	15,4	0,0
jul-48	3,0	21,0	78,6	60,6	0,0	12,5	10,7	13,7	0,0
ago-48	2,0	32,0	62,9	71,4	0,0	16,8	15,7	17,7	0,0
sep-48	20,0	42,0	53,7	87,1	0,0	17,6	9,2	29,2	0,0
oct-48	32,0	75,0	38,3	96,3	0,0	26,8	15,4	47,4	0,0
nov-48	46,0	94,0	26,0	111,7	0,0	24,0	12,3	58,3	0,0
dic-48	229,0	126,0	129,0	124,0	103,0	21,9	0,0	126,0	0,0
ene-49	73,0	132,0	80,5	21,0	0,0	99,2	48,6	121,6	0,0
feb-49	135,0	96,0	119,5	69,5	39,0	51,5	0,0	96,0	0,0
mar-49	46,0	92,0	81,2	30,5	0,0	67,2	38,2	84,2	0,0
abr-49	104,0	56,0	129,2	68,8	48,0	30,3	0,0	56,0	0,0
may-49	23,0	36,0	116,2	20,8	0,0	32,6	13,0	36,0	0,0
jun-49	0,0	22,0	97,3	33,8	0,0	18,9	18,9	18,9	0,0
jul-49	31,0	21,0	107,3	52,7	10,0	13,6	0,0	21,0	0,0
ago-49	44,0	32,0	119,3	42,7	12,0	24,3	0,0	32,0	0,0
sep-49	27,0	42,0	104,3	30,7	0,0	35,0	15,0	42,0	0,0
oct-49	106,0	75,0	135,3	45,7	31,0	51,1	0,0	75,0	0,0
nov-49	66,0	94,0	108,1	14,7	0,0	75,7	27,2	93,2	0,0
dic-49	117,0	126,0	101,6	41,9	0,0	90,8	6,5	123,5	0,0
ene-50	91,0	132,0	73,8	48,4	0,0	89,4	27,8	118,8	0,0
feb-50	59,0	96,0	55,6	76,2	0,0	47,2	18,2	77,2	0,0
mar-50	77,0	92,0	50,1	94,4	0,0	34,1	5,6	82,6	0,0
abr-50	11,0	56,0	35,0	99,9	0,0	18,7	15,0	26,0	0,0
may-50	19,0	36,0	31,1	115,0	0,0	8,4	4,0	23,0	0,0
jun-50	1,0	22,0	26,7	118,9	0,0	4,6	4,3	5,3	0,0
jul-50	5,0	21,0	23,9	123,3	0,0	3,7	2,8	7,8	0,0
ago-50	0,0	32,0	18,8	126,1	0,0	5,1	5,1	5,1	0,0
sep-50	43,0	42,0	19,8	131,2	1,0	5,3	0,0	42,0	0,0
oct-50	141,0	75,0	85,8	130,2	66,0	10,3	0,0	75,0	0,0
nov-50	170,0	94,0	150,0	64,2	64,2	53,0	0,0	94,0	11,8
dic-50	68,0	126,0	97,5	0,0	0,0	109,2	52,5	120,5	0,0
ene-51	83,0	132,0	65,7	52,5	0,0	85,8	31,9	114,8	0,0
feb-51	89,0	96,0	62,6	84,3	0,0	42,0	3,1	92,1	0,0
mar-51	68,0	92,0	52,6	87,4	0,0	38,4	10,0	78,0	0,0
abr-51	6,0	56,0	35,0	97,4	0,0	19,6	17,5	23,5	0,0
may-51	22,0	36,0	31,8	115,0	0,0	8,4	3,3	25,3	0,0
jun-51	7,0	22,0	28,6	118,2	0,0	4,7	3,2	10,2	0,0
jul-51	0,0	21,0	24,6	121,4	0,0	4,0	4,0	4,0	0,0
ago-51	9,0	32,0	20,8	125,4	0,0	5,2	3,8	12,8	0,0
sep-51	3,0	42,0	15,4	129,2	0,0	5,8	5,4	8,4	0,0
oct-51	21,0	75,0	9,9	134,6	0,0	7,7	5,5	26,5	0,0
nov-51	97,0	94,0	12,9	140,1	3,0	6,2	0,0	94,0	0,0
dic-51	188,0	126,0	74,9	137,1	62,0	11,1	0,0	126,0	0,0



ene-52	107,0	132,0	49,9	75,1	0,0	60,6	25,0	132,0	0,0
feb-52	113,0	96,0	66,9	100,1	17,0	31,9	0,0	96,0	0,0
mar-52	77,0	92,0	51,9	83,1	0,0	41,9	15,0	92,0	0,0
abr-52	8,0	56,0	34,6	98,1	0,0	20,0	17,3	25,3	0,0
may-52	12,0	36,0	29,0	115,4	0,0	8,3	5,5	17,5	0,0
jun-52	55,0	22,0	62,0	121,0	33,0	4,3	0,0	22,0	0,0
jul-52	15,0	21,0	56,0	88,0	0,0	21,0	6,0	21,0	0,0
ago-52	4,0	32,0	34,8	94,0	0,0	22,2	21,2	25,2	0,0
sep-52	36,0	42,0	33,4	115,2	0,0	9,7	1,4	37,4	0,0
oct-52	95,0	75,0	53,4	116,6	20,0	16,7	0,0	75,0	0,0
nov-52	87,0	94,0	46,4	96,6	0,0	36,5	7,0	94,0	0,0
dic-52	223,0	126,0	143,4	103,6	97,0	38,2	0,0	126,0	0,0
ene-53	87,0	132,0	102,6	6,6	0,0	109,5	40,8	127,8	0,0
feb-53	110,0	96,0	116,6	47,4	14,0	65,7	0,0	96,0	0,0
mar-53	174,0	92,0	150,0	33,4	33,4	67,4	0,0	92,0	48,6
abr-53	32,0	56,0	126,0	0,0	0,0	50,8	24,0	56,0	0,0
may-53	9,0	36,0	103,3	24,0	0,0	30,2	22,7	31,7	0,0
jun-53	47,0	22,0	128,3	46,7	25,0	15,2	0,0	22,0	0,0
jul-53	0,0	21,0	107,3	21,7	0,0	21,0	21,0	21,0	0,0
ago-53	0,0	32,0	84,0	42,7	0,0	23,3	23,3	23,3	0,0
sep-53	0,0	42,0	60,5	66,0	0,0	23,5	23,5	23,5	0,0
oct-53	89,0	75,0	74,5	89,5	14,0	30,3	0,0	75,0	0,0
nov-53	99,0	94,0	79,5	75,5	5,0	46,3	0,0	94,0	0,0
dic-53	273,0	126,0	150,0	70,5	70,5	62,2	0,0	126,0	76,5
ene-54	52,0	132,0	79,2	0,0	0,0	114,2	70,8	122,8	0,0
feb-54	17,0	96,0	37,5	70,8	0,0	50,7	41,7	58,7	0,0
mar-54	103,0	92,0	48,5	112,5	11,0	23,0	0,0	92,0	0,0
abr-54	124,0	56,0	116,5	101,5	68,0	22,2	0,0	56,0	0,0
may-54	1,0	36,0	85,4	33,5	0,0	31,7	31,1	32,1	0,0
jun-54	21,0	22,0	84,8	64,6	0,0	12,5	0,6	21,6	0,0
jul-54	25,0	21,0	88,8	65,2	4,0	11,9	0,0	21,0	0,0
ago-54	52,0	32,0	108,8	61,2	20,0	19,8	0,0	32,0	0,0
sep-54	39,0	42,0	105,8	41,2	0,0	34,2	3,0	42,0	0,0
oct-54	49,0	75,0	82,0	44,2	0,0	51,5	23,8	72,8	0,0
nov-54	90,0	94,0	79,8	68,0	0,0	51,4	2,2	92,2	0,0
dic-54	95,0	126,0	63,3	70,2	0,0	67,0	16,5	111,5	0,0
ene-55	110,0	132,0	54,0	86,7	0,0	55,7	9,3	119,3	0,0
feb-55	131,0	96,0	89,0	96,0	35,0	34,6	0,0	96,0	0,0
mar-55	84,0	92,0	81,0	61,0	0,0	53,6	8,0	92,0	0,0
abr-55	63,0	56,0	88,0	69,0	7,0	33,6	0,0	56,0	0,0
may-55	65,0	36,0	117,0	62,0	29,0	29,1	0,0	36,0	0,0
jun-55	17,0	22,0	112,0	33,0	0,0	22,0	5,0	22,0	0,0
jul-55	8,0	21,0	99,0	38,0	0,0	20,6	13,0	21,0	0,0
ago-55	0,0	32,0	76,7	51,0	0,0	22,3	22,3	22,3	0,0
sep-55	0,0	42,0	55,2	73,3	0,0	21,5	21,5	21,5	0,0
oct-55	178,0	75,0	150,0	94,8	94,8	27,6	0,0	75,0	8,2
nov-55	147,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	53,0
dic-55	121,0	126,0	145,0	0,0	0,0	109,2	5,0	126,0	0,0



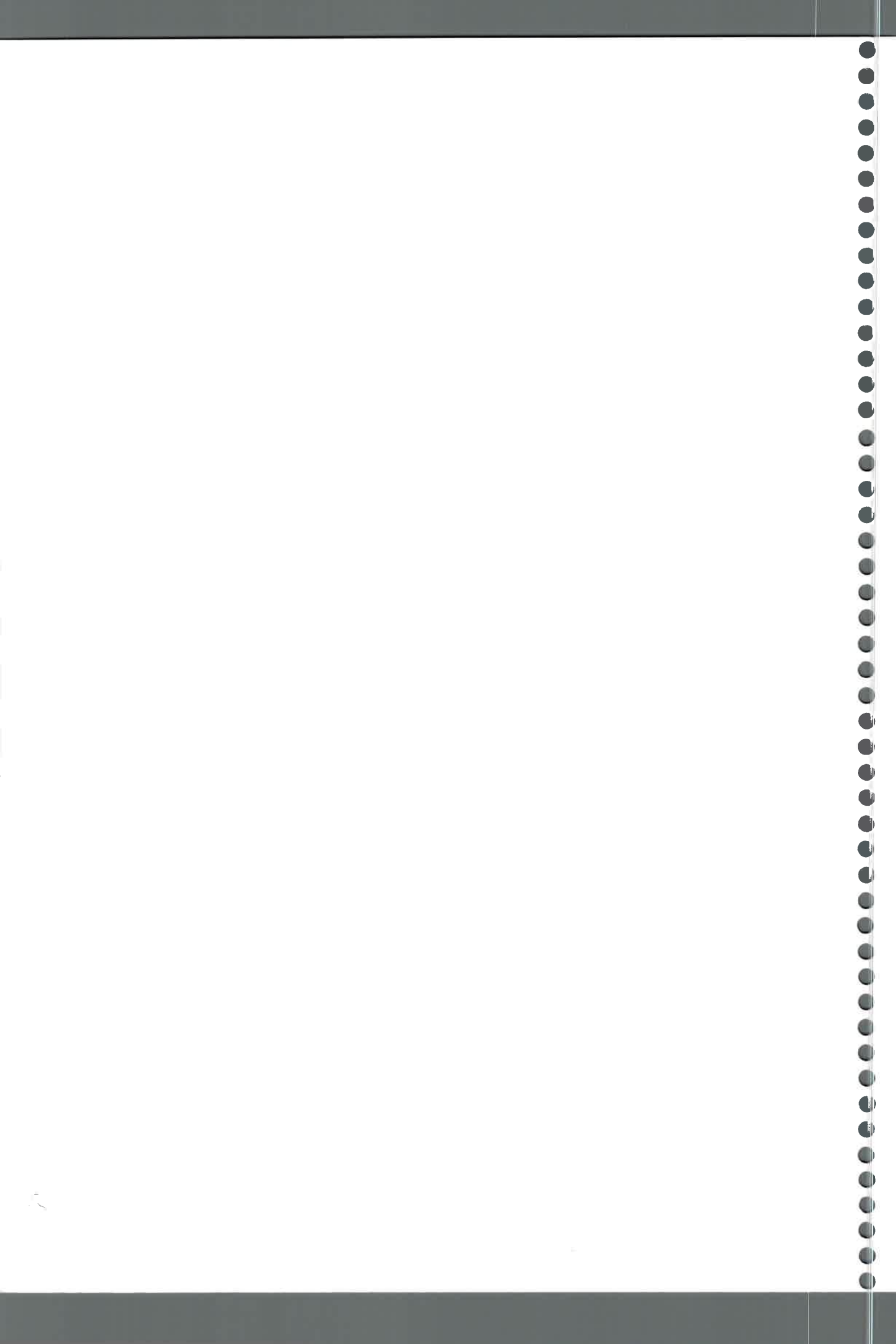
ene-56	162,0	132,0	150,0	5,0	5,0	113,3	0,0	132,0	25,0
feb-56	82,0	96,0	136,0	0,0	0,0	84,2	14,0	96,0	0,0
mar-56	67,0	92,0	113,3	14,0	0,0	78,5	22,7	89,7	0,0
abr-56	64,0	56,0	121,3	36,7	8,0	42,3	0,0	56,0	0,0
may-56	14,0	36,0	102,8	28,7	0,0	29,2	18,6	32,6	0,0
jun-56	53,0	22,0	133,8	47,2	31,0	15,1	0,0	22,0	0,0
jul-56	20,0	21,0	132,8	16,2	0,0	21,0	1,0	21,0	0,0
ago-56	5,0	32,0	106,6	17,2	0,0	29,8	26,2	31,2	0,0
sep-56	32,0	42,0	99,5	43,4	0,0	29,8	7,1	39,1	0,0
oct-56	276,0	75,0	150,0	50,5	50,5	49,7	0,0	75,0	150,5
nov-56	122,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	28,0
dic-56	91,0	126,0	116,7	0,0	0,0	109,2	33,3	124,3	0,0
ene-57	75,0	132,0	72,3	33,3	0,0	102,7	44,3	119,3	0,0
feb-57	133,0	96,0	109,3	77,7	37,0	46,3	0,0	96,0	0,0
mar-57	111,0	92,0	128,3	40,7	19,0	62,7	0,0	92,0	0,0
abr-57	96,0	56,0	150,0	21,7	21,7	46,4	0,0	56,0	18,3
may-57	44,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	8,0
jun-57	16,0	22,0	144,0	0,0	0,0	22,0	6,0	22,0	0,0
jul-57	0,0	21,0	123,3	6,0	0,0	20,7	20,7	20,7	0,0
ago-57	0,0	32,0	97,0	26,7	0,0	26,3	26,3	26,3	0,0
sep-57	36,0	42,0	93,1	53,0	0,0	27,2	3,9	39,9	0,0
oct-57	14,0	75,0	55,3	56,9	0,0	46,6	37,9	51,9	0,0
nov-57	188,0	94,0	149,3	94,7	94,0	34,6	0,0	94,0	0,0
dic-57	179,0	126,0	150,0	0,7	0,7	108,7	0,0	126,0	52,3
ene-58	70,0	132,0	94,2	0,0	0,0	114,2	55,8	125,8	0,0
feb-58	132,0	96,0	130,2	55,8	36,0	60,3	0,0	96,0	0,0
mar-58	63,0	92,0	102,4	19,8	0,0	72,0	27,8	90,8	0,0
abr-58	42,0	56,0	92,8	47,6	0,0	38,2	9,6	51,6	0,0
may-58	10,0	36,0	76,7	57,2	0,0	22,3	16,1	26,1	0,0
jun-58	41,0	22,0	95,7	73,3	19,0	11,3	0,0	22,0	0,0
jul-58	47,0	21,0	121,7	54,3	26,0	20,0	0,0	21,0	0,0
ago-58	93,0	32,0	150,0	28,3	28,3	29,5	0,0	32,0	32,7
sep-58	52,0	42,0	150,0	0,0	0,0	39,2	0,0	42,0	10,0
oct-58	75,0	75,0	150,0	0,0	0,0	66,7	0,0	75,0	0,0
nov-58	96,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	2,0
dic-58	160,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	34,0
ene-59	133,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	1,0
feb-59	69,0	96,0	123,3	0,0	0,0	84,2	26,7	95,7	0,0
mar-59	108,0	92,0	139,3	26,7	16,0	75,6	0,0	92,0	0,0
abr-59	192,0	56,0	150,0	10,7	10,7	48,9	0,0	56,0	125,3
may-59	64,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	28,0
jun-59	37,0	22,0	150,0	0,0	0,0	22,0	0,0	22,0	15,0
jul-59	10,0	21,0	139,0	0,0	0,0	21,0	11,0	21,0	0,0
ago-59	68,0	32,0	150,0	11,0	11,0	29,0	0,0	32,0	25,0
sep-59	14,0	42,0	122,5	0,0	0,0	39,2	27,5	41,5	0,0
oct-59	85,0	75,0	132,5	27,5	10,0	61,3	0,0	75,0	0,0
nov-59	82,0	94,0	120,9	17,5	0,0	78,6	11,6	93,6	0,0
dic-59	220,0	126,0	150,0	29,1	29,1	101,5	0,0	126,0	64,9



ene-60	99,0	132,0	118,3	0,0	0,0	114,2	31,7	130,7	0,0
feb-60	48,0	96,0	80,5	31,7	0,0	75,7	37,9	85,9	0,0
mar-60	86,0	92,0	77,2	69,5	0,0	49,4	3,2	89,2	0,0
abr-60	0,0	56,0	48,4	72,8	0,0	28,8	28,8	28,8	0,0
may-60	30,0	36,0	46,5	101,6	0,0	11,6	1,9	31,9	0,0
jun-60	0,0	22,0	39,7	103,5	0,0	6,8	6,8	6,8	0,0
jul-60	26,0	21,0	44,7	110,3	5,0	5,6	0,0	21,0	0,0
ago-60	0,0	32,0	32,5	105,3	0,0	12,1	12,1	12,1	0,0
sep-60	24,0	42,0	28,6	117,5	0,0	9,1	3,9	27,9	0,0
oct-60	141,0	75,0	94,6	121,4	66,0	14,3	0,0	75,0	0,0
nov-60	145,0	94,0	145,6	55,4	51,0	57,0	0,0	94,0	0,0
dic-60	152,0	126,0	150,0	4,4	4,4	106,2	0,0	126,0	21,6
ene-61	85,0	132,0	106,7	0,0	0,0	114,2	43,3	128,3	0,0
feb-61	31,0	96,0	60,4	43,3	0,0	68,3	46,2	77,2	0,0
mar-61	180,0	92,0	148,4	89,6	88,0	37,1	0,0	92,0	0,0
abr-61	55,0	56,0	147,4	1,6	0,0	50,5	1,0	56,0	0,0
may-61	70,0	36,0	150,0	2,6	2,6	33,9	0,0	36,0	31,4
jun-61	5,0	22,0	133,0	0,0	0,0	22,0	17,0	22,0	0,0
jul-61	0,0	21,0	114,2	17,0	0,0	18,8	18,8	18,8	0,0
ago-61	17,0	32,0	102,8	35,8	0,0	24,4	11,4	28,4	0,0
sep-61	29,0	42,0	93,8	47,2	0,0	28,8	8,9	37,9	0,0
oct-61	254,0	75,0	150,0	56,2	56,2	46,9	0,0	75,0	122,8
nov-61	181,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	87,0
dic-61	140,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	14,0
ene-62	205,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	73,0
feb-62	116,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	20,0
mar-62	127,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	35,0
abr-62	21,0	56,0	116,7	0,0	0,0	50,8	33,3	54,3	0,0
may-62	13,0	36,0	98,8	33,3	0,0	28,0	17,9	30,9	0,0
jun-62	1,0	22,0	84,9	51,2	0,0	14,5	13,8	14,8	0,0
jul-62	48,0	21,0	111,9	65,1	27,0	11,9	0,0	21,0	0,0
ago-62	41,0	32,0	120,9	38,1	9,0	29,1	0,0	32,0	0,0
sep-62	0,0	42,0	85,1	29,1	0,0	35,9	35,9	35,9	0,0
oct-62	64,0	75,0	78,8	64,9	0,0	42,5	6,2	70,2	0,0
nov-62	123,0	94,0	107,8	71,2	29,0	49,4	0,0	94,0	0,0
dic-62	243,0	126,0	150,0	42,2	42,2	80,8	0,0	126,0	74,8
ene-63	150,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	18,0
feb-63	167,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	71,0
mar-63	113,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	21,0
abr-63	32,0	56,0	126,0	0,0	0,0	50,8	24,0	56,0	0,0
may-63	28,0	36,0	119,2	24,0	0,0	30,2	6,8	34,8	0,0
jun-63	2,0	22,0	103,3	30,8	0,0	17,5	15,9	17,9	0,0
jul-63	19,0	21,0	101,9	46,7	0,0	14,5	1,4	20,4	0,0
ago-63	0,0	32,0	80,2	48,1	0,0	21,7	21,7	21,7	0,0
sep-63	42,0	42,0	80,2	69,8	0,0	22,4	0,0	42,0	0,0
oct-63	47,0	75,0	65,2	69,8	0,0	40,1	15,0	62,0	0,0
nov-63	191,0	94,0	150,0	84,8	84,8	40,9	0,0	94,0	12,2
dic-63	78,0	126,0	105,8	0,0	0,0	109,2	44,2	122,2	0,0



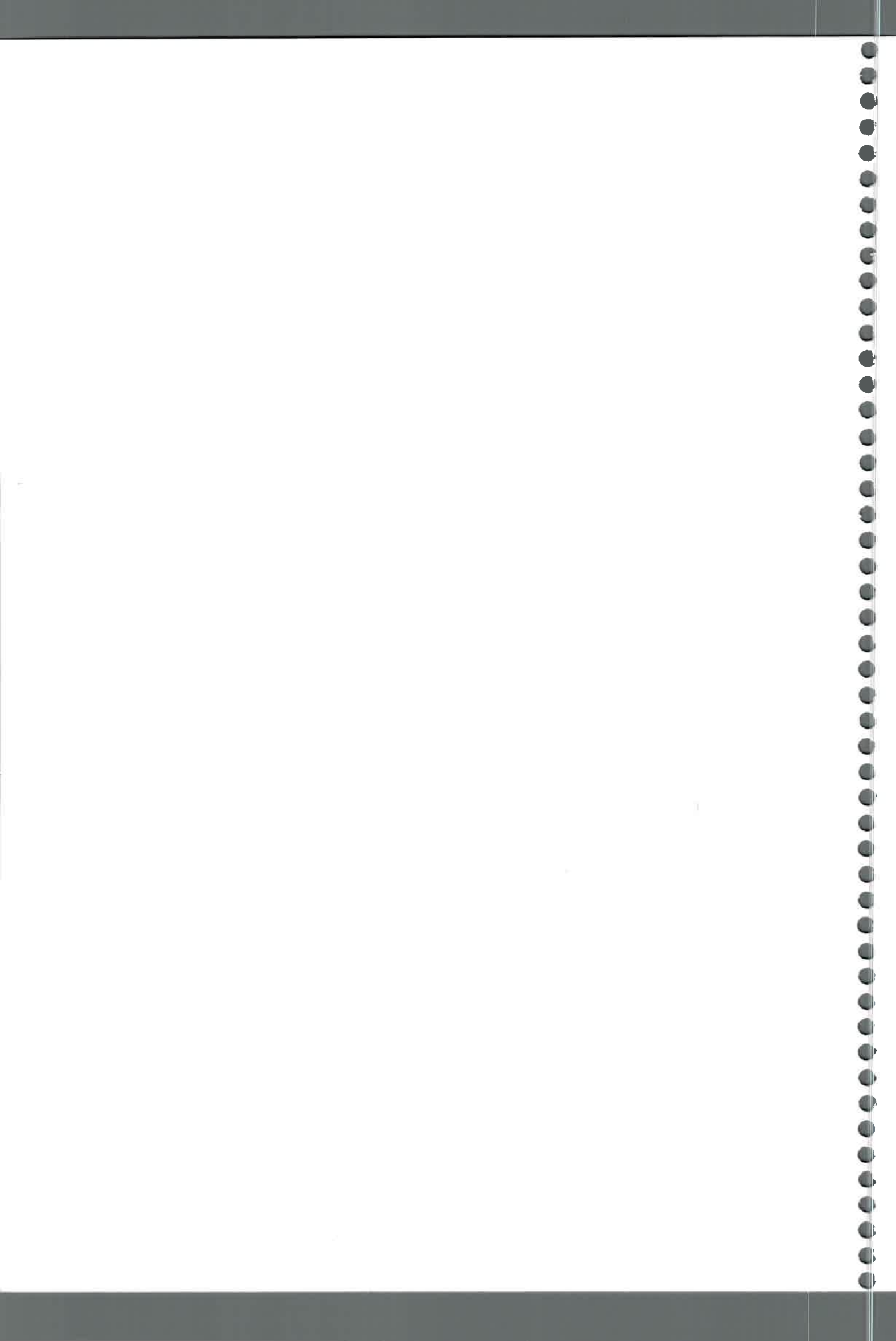
ene-64	219,0	132,0	150,0	44,2	44,2	93,1	0,0	132,0	42,8
feb-64	62,0	96,0	117,5	0,0	0,0	84,2	32,5	94,5	0,0
mar-64	222,0	92,0	150,0	32,5	32,5	72,1	0,0	92,0	97,5
abr-64	85,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	29,0
may-64	8,0	36,0	122,5	0,0	0,0	34,2	27,5	35,5	0,0
jun-64	48,0	22,0	148,5	27,5	26,0	18,0	0,0	22,0	0,0
jul-64	0,0	21,0	127,5	1,5	0,0	21,0	21,0	21,0	0,0
ago-64	0,0	32,0	100,4	22,5	0,0	27,1	27,1	27,1	0,0
sep-64	115,0	42,0	150,0	49,6	49,6	28,1	0,0	42,0	23,4
oct-64	125,0	75,0	150,0	0,0	0,0	66,7	0,0	75,0	50,0
nov-64	142,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	48,0
dic-64	208,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	82,0
ene-65	92,0	132,0	112,5	0,0	0,0	114,2	37,5	129,5	0,0
feb-65	114,0	96,0	130,5	37,5	18,0	72,0	0,0	96,0	0,0
mar-65	96,0	92,0	134,5	19,5	4,0	73,5	0,0	92,0	0,0
abr-65	24,0	56,0	105,0	15,5	0,0	47,5	29,5	53,5	0,0
may-65	15,0	36,0	90,3	45,0	0,0	25,2	14,7	29,7	0,0
jun-65	13,0	22,0	84,9	59,7	0,0	13,2	5,4	18,4	0,0
jul-65	2,0	21,0	74,1	65,1	0,0	11,9	10,8	12,8	0,0
ago-65	8,0	32,0	62,3	75,9	0,0	15,8	11,9	19,9	0,0
sep-65	53,0	42,0	73,3	87,7	11,0	17,4	0,0	42,0	0,0
oct-65	93,0	75,0	91,3	76,7	18,0	37,6	0,0	75,0	0,0
nov-65	66,0	94,0	64,9	58,7	0,0	55,5	26,3	92,3	0,0
dic-65	75,0	126,0	42,9	85,1	0,0	54,6	22,1	97,1	0,0
ene-66	256,0	132,0	150,0	107,1	107,1	37,7	0,0	132,0	16,9
feb-66	78,0	96,0	132,0	0,0	0,0	84,2	18,0	96,0	0,0
mar-66	114,0	92,0	150,0	18,0	18,0	77,8	0,0	92,0	4,0
abr-66	192,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	136,0
may-66	2,0	36,0	117,5	0,0	0,0	34,2	32,5	34,5	0,0
jun-66	1,0	22,0	101,0	32,5	0,0	17,2	16,5	17,5	0,0
jul-66	4,0	21,0	89,6	49,0	0,0	14,1	11,5	15,5	0,0
ago-66	3,0	32,0	72,3	60,4	0,0	19,1	17,3	20,3	0,0
sep-66	13,0	42,0	58,3	77,7	0,0	20,2	14,0	27,0	0,0
oct-66	0,0	75,0	29,2	91,7	0,0	29,2	29,2	29,2	0,0
nov-66	277,0	94,0	150,0	120,8	120,8	18,3	0,0	94,0	62,2
dic-66	94,0	126,0	119,2	0,0	0,0	109,2	30,8	124,8	0,0
ene-67	141,0	132,0	128,2	30,8	9,0	104,9	0,0	132,0	0,0
feb-67	116,0	96,0	148,2	21,8	20,0	78,1	0,0	96,0	0,0
mar-67	159,0	92,0	150,0	1,8	1,8	80,0	0,0	92,0	65,2
abr-67	60,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	4,0
may-67	23,0	36,0	137,0	0,0	0,0	34,2	13,0	36,0	0,0
jun-67	2,0	22,0	118,3	13,0	0,0	20,3	18,7	20,7	0,0
jul-67	18,0	21,0	116,0	31,7	0,0	16,6	2,4	20,4	0,0
ago-67	13,0	32,0	101,3	34,0	0,0	24,7	14,7	27,7	0,0
sep-67	98,0	42,0	150,0	48,7	48,7	28,4	0,0	42,0	7,3
oct-67	144,0	75,0	150,0	0,0	0,0	66,7	0,0	75,0	69,0
nov-67	104,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	10,0
dic-67	35,0	126,0	70,0	0,0	0,0	109,2	80,0	115,0	0,0



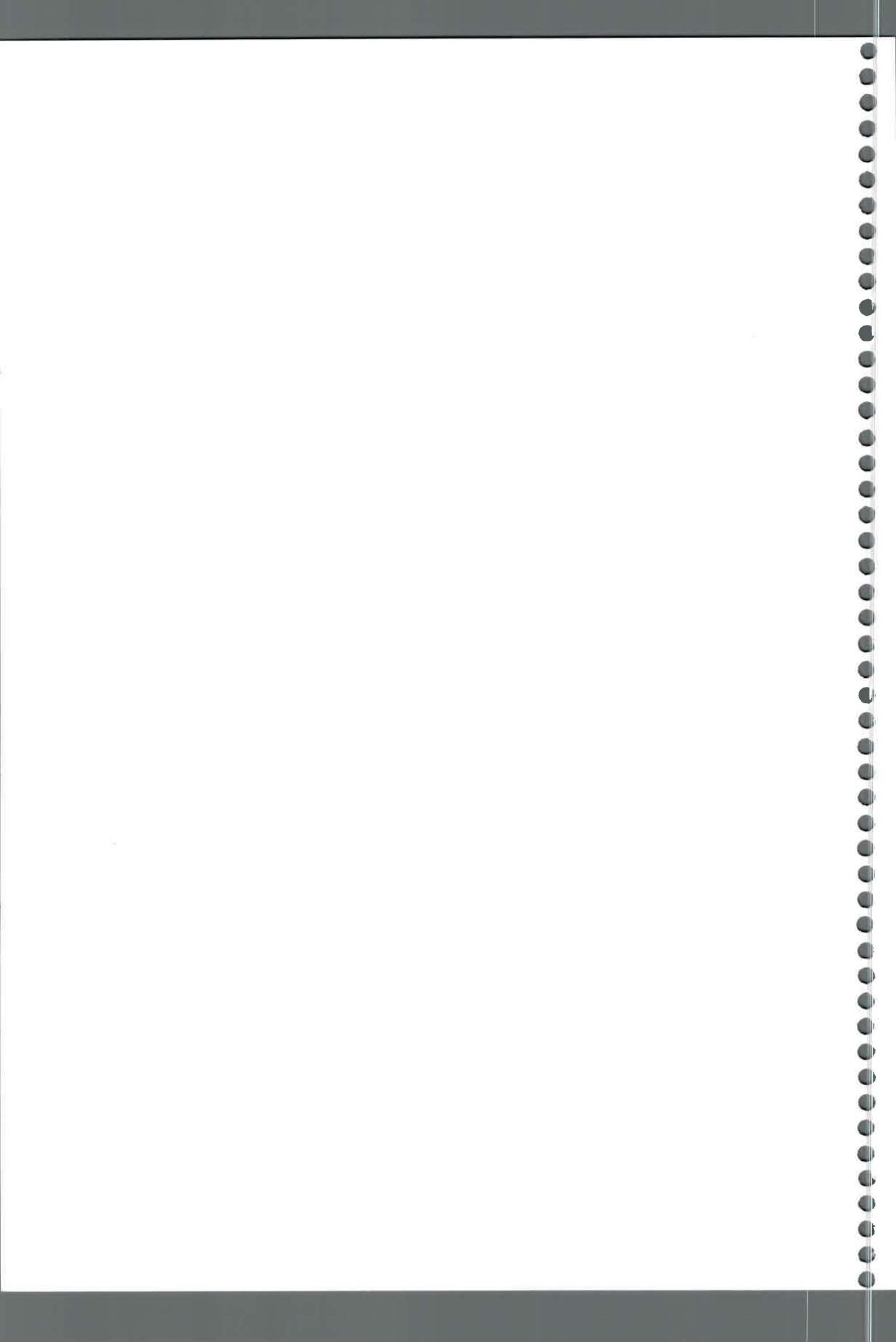
ene-68	63,0	132,0	37,8	80,0	0,0	61,6	32,2	95,2	0,0
feb-68	100,0	96,0	41,8	112,2	4,0	24,2	0,0	96,0	0,0
mar-68	187,0	92,0	136,8	108,2	95,0	26,2	0,0	92,0	0,0
abr-68	26,0	56,0	108,1	13,2	0,0	48,1	28,7	54,7	0,0
may-68	0,0	36,0	82,1	41,9	0,0	25,9	25,9	25,9	0,0
jun-68	48,0	22,0	108,1	67,9	26,0	12,0	0,0	22,0	0,0
jul-68	4,0	21,0	91,1	41,9	0,0	21,0	17,0	21,0	0,0
ago-68	41,0	32,0	100,1	58,9	9,0	21,3	0,0	32,0	0,0
sep-68	36,0	42,0	94,1	49,9	0,0	30,9	6,0	42,0	0,0
oct-68	71,0	75,0	90,1	55,9	0,0	46,5	4,0	75,0	0,0
nov-68	62,0	94,0	69,3	59,9	0,0	55,2	20,9	82,9	0,0
dic-68	295,0	126,0	150,0	80,7	80,7	58,2	0,0	126,0	88,3
ene-69	67,0	132,0	91,7	0,0	0,0	114,2	58,3	125,3	0,0
feb-69	69,0	96,0	75,2	58,3	0,0	58,7	16,5	85,5	0,0
mar-69	94,0	92,0	77,2	74,8	2,0	46,1	0,0	92,0	0,0
abr-69	51,0	56,0	73,7	72,8	0,0	29,1	3,5	54,5	0,0
may-69	66,0	36,0	103,7	76,3	30,0	17,7	0,0	36,0	0,0
jun-69	39,0	22,0	120,7	46,3	17,0	22,0	0,0	22,0	0,0
jul-69	3,0	21,0	102,7	29,3	0,0	21,0	18,0	21,0	0,0
ago-69	7,0	32,0	84,2	47,3	0,0	22,9	18,5	25,5	0,0
sep-69	19,0	42,0	71,3	65,8	0,0	23,6	12,9	31,9	0,0
oct-69	8,0	75,0	39,4	78,7	0,0	35,6	31,8	39,8	0,0
nov-69	145,0	94,0	90,4	110,6	51,0	24,7	0,0	94,0	0,0
dic-69	96,0	126,0	63,3	59,6	0,0	69,1	27,2	123,2	0,0
ene-70	198,0	132,0	129,3	86,7	66,0	55,7	0,0	132,0	0,0
feb-70	63,0	96,0	98,7	20,7	0,0	74,3	30,6	93,6	0,0
mar-70	39,0	92,0	63,8	51,3	0,0	60,5	34,9	73,9	0,0
abr-70	0,0	56,0	40,0	86,2	0,0	23,8	23,8	23,8	0,0
may-70	54,0	36,0	58,0	110,0	18,0	9,6	0,0	36,0	0,0
jun-70	2,0	22,0	39,5	92,0	0,0	19,1	18,5	20,5	0,0
jul-70	0,0	21,0	33,9	110,5	0,0	5,5	5,5	5,5	0,0
ago-70	0,0	32,0	26,7	116,1	0,0	7,2	7,2	7,2	0,0
sep-70	10,0	42,0	21,0	123,3	0,0	7,5	5,7	15,7	0,0
oct-70	49,0	75,0	17,4	129,0	0,0	10,5	3,6	52,6	0,0
nov-70	86,0	94,0	16,4	132,6	0,0	10,9	0,9	86,9	0,0
dic-70	81,0	126,0	11,5	133,6	0,0	13,8	4,9	85,9	0,0
ene-71	184,0	132,0	63,5	138,5	52,0	10,1	0,0	132,0	0,0
feb-71	196,0	96,0	150,0	86,5	86,5	43,2	0,0	96,0	13,5
mar-71	99,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	7,0
abr-71	33,0	56,0	127,0	0,0	0,0	50,8	23,0	56,0	0,0
may-71	5,0	36,0	100,8	23,0	0,0	30,3	26,2	31,2	0,0
jun-71	9,0	22,0	92,1	49,2	0,0	14,8	8,7	17,7	0,0
jul-71	6,0	21,0	82,9	57,9	0,0	12,9	9,2	15,2	0,0
ago-71	4,0	32,0	67,4	67,1	0,0	17,7	15,5	19,5	0,0
sep-71	10,0	42,0	53,0	82,6	0,0	18,9	14,4	24,4	0,0
oct-71	36,0	75,0	39,2	97,0	0,0	26,5	13,8	49,8	0,0
nov-71	30,0	94,0	22,5	110,8	0,0	24,6	16,7	46,7	0,0
dic-71	27,0	126,0	7,6	127,5	0,0	18,9	14,8	41,8	0,0



ene-72	130,0	132,0	7,5	142,4	0,0	6,7	0,1	130,1	0,0
feb-72	79,0	96,0	6,7	142,5	0,0	4,8	0,9	79,9	0,0
mar-72	110,0	92,0	24,7	143,3	18,0	4,1	0,0	92,0	0,0
abr-72	63,0	56,0	31,7	125,3	7,0	19,7	0,0	56,0	0,0
may-72	3,0	36,0	6,3	118,3	0,0	25,5	25,4	28,4	0,0
jun-72	10,0	22,0	5,8	143,7	0,0	0,9	0,5	10,5	0,0
jul-72	4,0	21,0	5,2	144,2	0,0	0,8	0,7	4,7	0,0
ago-72	50,0	32,0	23,2	144,8	18,0	1,1	0,0	32,0	0,0
sep-72	93,0	42,0	74,2	126,8	51,0	18,8	0,0	42,0	0,0
oct-72	146,0	75,0	145,2	75,8	71,0	41,4	0,0	75,0	0,0
nov-72	196,0	94,0	150,0	4,8	4,8	80,3	0,0	94,0	97,2
dic-72	242,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	116,0
ene-73	64,0	132,0	89,2	0,0	0,0	114,2	60,8	124,8	0,0
feb-73	156,0	96,0	149,2	60,8	60,0	57,1	0,0	96,0	0,0
mar-73	209,0	92,0	150,0	0,8	0,8	80,5	0,0	92,0	116,2
abr-73	63,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	7,0
may-73	15,0	36,0	129,0	0,0	0,0	34,2	21,0	36,0	0,0
jun-73	19,0	22,0	126,0	21,0	0,0	19,0	3,0	22,0	0,0
jul-73	32,0	21,0	137,0	24,0	11,0	17,7	0,0	21,0	0,0
ago-73	0,0	32,0	108,3	13,0	0,0	28,7	28,7	28,7	0,0
sep-73	12,0	42,0	86,7	41,7	0,0	30,3	21,7	33,7	0,0
oct-73	58,0	75,0	76,8	63,3	0,0	43,3	9,8	67,8	0,0
nov-73	42,0	94,0	50,2	73,2	0,0	48,2	26,6	68,6	0,0
dic-73	114,0	126,0	46,2	99,8	0,0	42,2	4,0	118,0	0,0
ene-74	76,0	132,0	28,9	103,8	0,0	40,6	17,2	93,2	0,0
feb-74	119,0	96,0	51,9	121,1	23,0	18,5	0,0	96,0	0,0
mar-74	126,0	92,0	85,9	98,1	34,0	36,3	0,0	92,0	0,0
abr-74	2,0	56,0	49,2	64,1	0,0	37,6	36,8	38,8	0,0
may-74	74,0	36,0	87,2	100,8	38,0	11,8	0,0	36,0	0,0
jun-74	5,0	22,0	70,2	62,8	0,0	22,0	17,0	22,0	0,0
jul-74	36,0	21,0	85,2	79,8	15,0	13,4	0,0	21,0	0,0
ago-74	10,0	32,0	63,2	64,8	0,0	26,7	22,0	32,0	0,0
sep-74	27,0	42,0	56,4	86,8	0,0	18,0	6,8	33,8	0,0
oct-74	43,0	75,0	44,3	93,6	0,0	28,2	12,0	55,0	0,0
nov-74	81,0	94,0	40,5	105,7	0,0	27,8	3,8	84,8	0,0
dic-74	122,0	126,0	39,4	109,5	0,0	34,0	1,1	123,1	0,0
ene-75	204,0	132,0	111,4	110,6	72,0	34,7	0,0	132,0	0,0
feb-75	138,0	96,0	150,0	38,6	38,6	65,9	0,0	96,0	3,4
mar-75	162,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	70,0
abr-75	49,0	56,0	143,0	0,0	0,0	50,8	7,0	56,0	0,0
may-75	10,0	36,0	118,3	7,0	0,0	33,0	24,7	34,7	0,0
jun-75	28,0	22,0	124,3	31,7	6,0	17,4	0,0	22,0	0,0
jul-75	4,0	21,0	109,7	25,7	0,0	17,8	14,7	18,7	0,0
ago-75	59,0	32,0	136,7	40,3	27,0	23,4	0,0	32,0	0,0
sep-75	58,0	42,0	150,0	13,3	13,3	37,7	0,0	42,0	2,7
oct-75	81,0	75,0	150,0	0,0	0,0	66,7	0,0	75,0	6,0
nov-75	57,0	94,0	115,0	0,0	0,0	82,5	35,0	92,0	0,0
dic-75	25,0	126,0	37,6	35,0	0,0	96,6	77,4	102,4	0,0



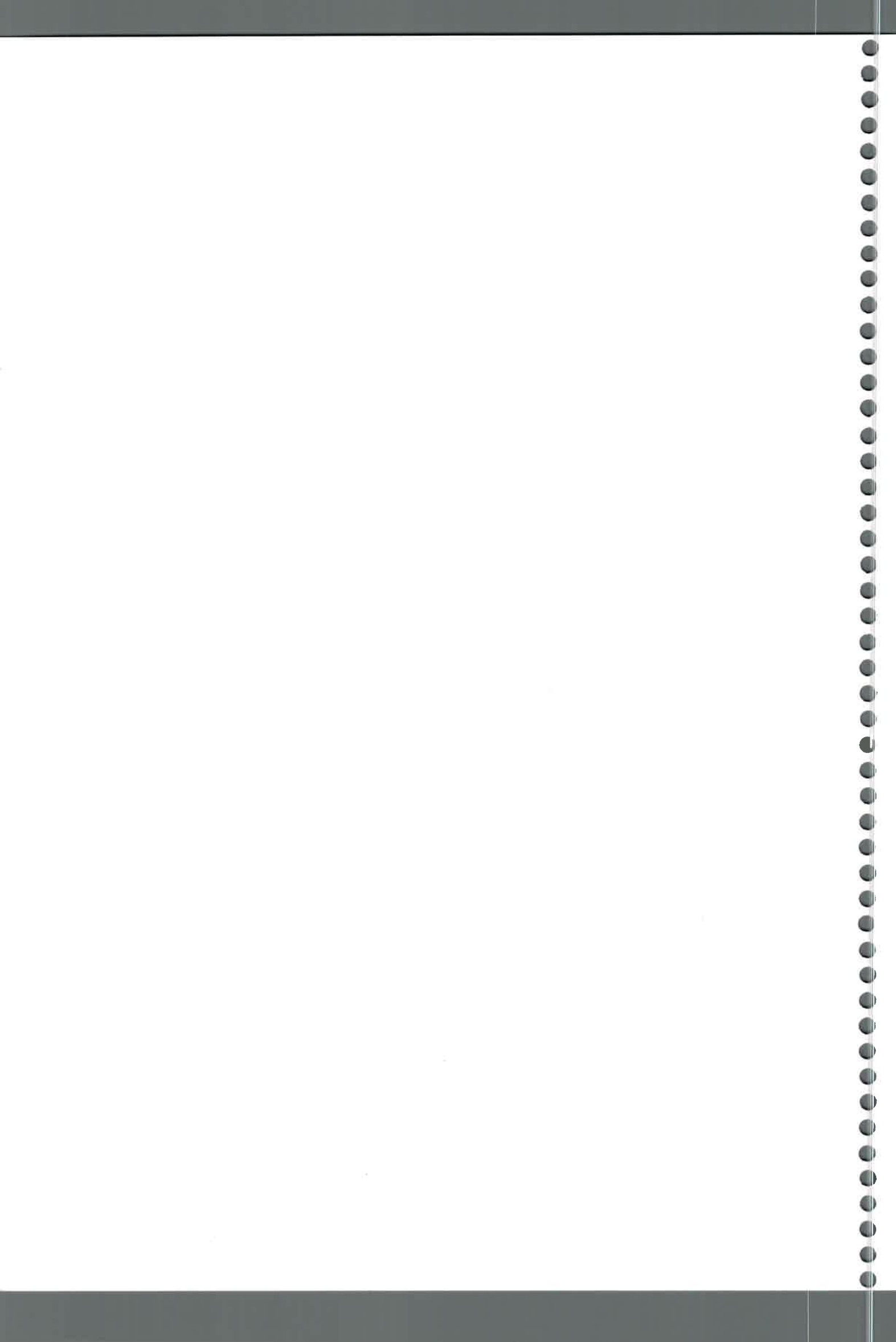
ene-76	31,0	132,0	12,3	112,4	0,0	33,1	25,3	56,3	0,0
feb-76	179,0	96,0	95,3	137,7	83,0	7,9	0,0	96,0	0,0
mar-76	7,0	92,0	42,2	54,7	0,0	56,4	53,1	60,1	0,0
abr-76	51,0	56,0	40,8	107,8	0,0	15,7	1,4	52,4	0,0
may-76	38,0	36,0	42,8	109,2	2,0	9,8	0,0	36,0	0,0
jun-76	7,0	22,0	37,2	107,2	0,0	7,4	5,5	12,5	0,0
jul-76	0,0	21,0	32,0	112,8	0,0	5,2	5,2	5,2	0,0
ago-76	45,0	32,0	45,0	118,0	13,0	6,8	0,0	32,0	0,0
sep-76	44,0	42,0	47,0	105,0	2,0	19,2	0,0	42,0	0,0
oct-76	56,0	75,0	31,2	103,0	0,0	27,8	15,9	71,9	0,0
nov-76	165,0	94,0	102,2	118,8	71,0	19,5	0,0	94,0	0,0
dic-76	198,0	126,0	150,0	47,8	47,8	77,0	0,0	126,0	24,2
ene-77	178,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	46,0
feb-77	91,0	96,0	145,0	0,0	0,0	84,2	5,0	96,0	0,0
mar-77	93,0	92,0	146,0	5,0	1,0	80,0	0,0	92,0	0,0
abr-77	31,0	56,0	121,7	4,0	0,0	50,2	24,3	55,3	0,0
may-77	13,0	36,0	103,0	28,3	0,0	29,2	18,7	31,7	0,0
jun-77	19,0	22,0	101,0	47,0	0,0	15,1	2,1	21,1	0,0
jul-77	2,0	21,0	88,2	49,0	0,0	14,1	12,8	14,8	0,0
ago-77	20,0	32,0	81,1	61,8	0,0	18,8	7,1	27,1	0,0
sep-77	7,0	42,0	62,2	68,9	0,0	22,7	18,9	25,9	0,0
oct-77	82,0	75,0	69,2	87,8	7,0	31,1	0,0	75,0	0,0
nov-77	35,0	94,0	40,6	80,8	0,0	43,1	28,6	63,6	0,0
dic-77	256,0	126,0	150,0	109,4	109,4	34,1	0,0	126,0	20,6
ene-78	125,0	132,0	143,0	0,0	0,0	114,2	7,0	132,0	0,0
feb-78	133,0	96,0	150,0	7,0	7,0	83,0	0,0	96,0	30,0
mar-78	148,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	56,0
abr-78	10,0	56,0	107,5	0,0	0,0	50,8	42,5	52,5	0,0
may-78	3,0	36,0	83,8	42,5	0,0	25,8	23,7	26,7	0,0
jun-78	13,0	22,0	78,8	66,2	0,0	12,3	5,0	18,0	0,0
jul-78	5,0	21,0	70,4	71,2	0,0	11,0	8,4	13,4	0,0
ago-78	0,0	32,0	55,4	79,6	0,0	15,0	15,0	15,0	0,0
sep-78	127,0	42,0	140,4	94,6	85,0	15,5	0,0	42,0	0,0
oct-78	34,0	75,0	103,1	9,6	0,0	63,5	37,3	71,3	0,0
nov-78	91,0	94,0	101,0	46,9	0,0	64,6	2,1	93,1	0,0
dic-78	241,0	126,0	150,0	49,0	49,0	84,9	0,0	126,0	66,0
ene-79	201,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	69,0
feb-79	268,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	172,0
mar-79	91,0	92,0	149,0	0,0	0,0	80,8	1,0	92,0	0,0
abr-79	100,0	56,0	150,0	1,0	1,0	50,7	0,0	56,0	43,0
may-79	15,0	36,0	129,0	0,0	0,0	34,2	21,0	36,0	0,0
jun-79	35,0	22,0	142,0	21,0	13,0	19,0	0,0	22,0	0,0
jul-79	57,0	21,0	150,0	8,0	8,0	20,3	0,0	21,0	28,0
ago-79	1,0	32,0	120,0	0,0	0,0	30,8	30,0	31,0	0,0
sep-79	40,0	42,0	118,4	30,0	0,0	33,6	1,6	41,6	0,0
oct-79	30,0	75,0	82,9	31,6	0,0	59,2	35,5	65,5	0,0
nov-79	180,0	94,0	150,0	67,1	67,1	51,9	0,0	94,0	18,9
dic-79	211,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	85,0



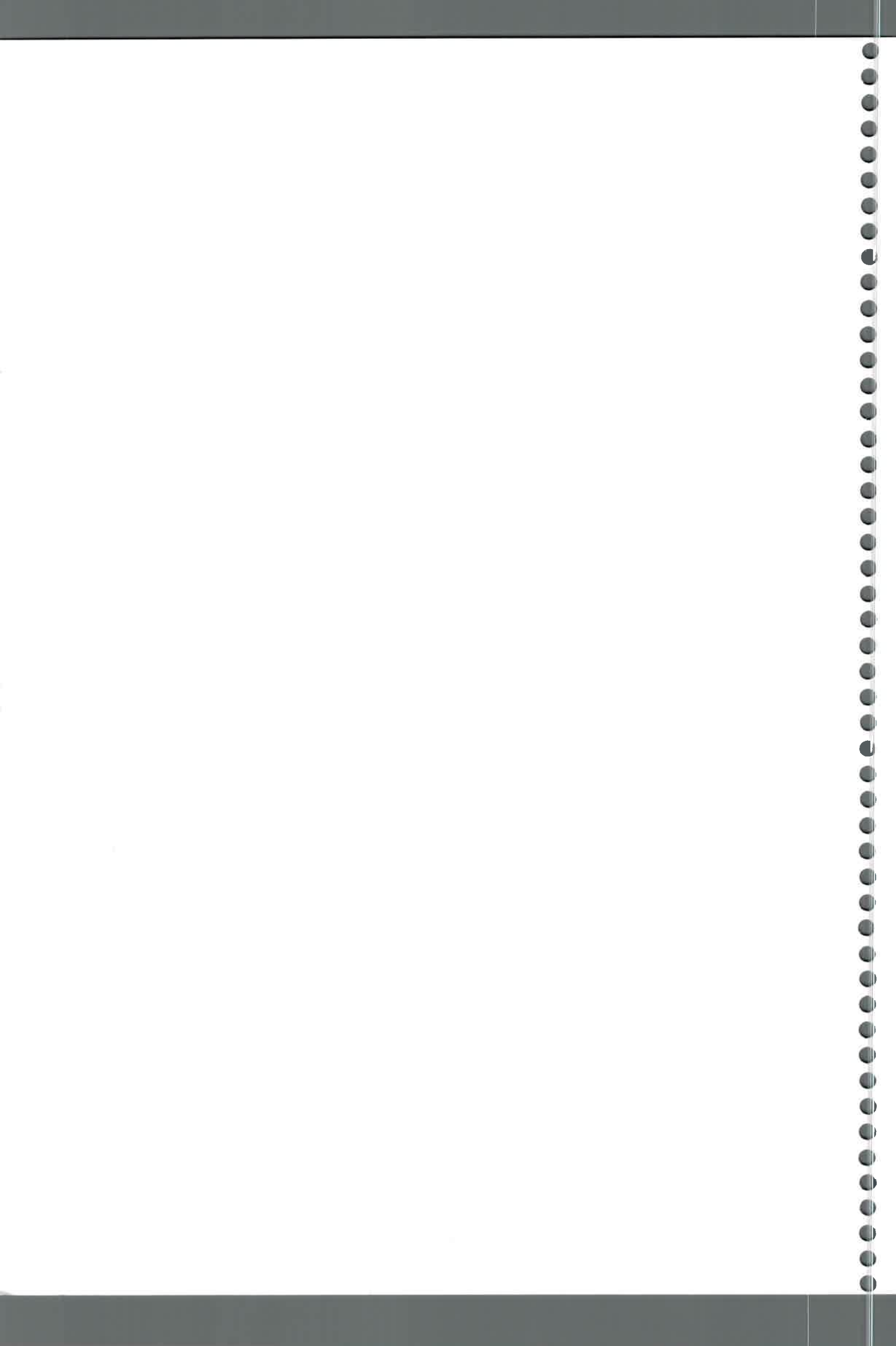
ene-80	123,0	132,0	141,0	0,0	0,0	114,2	9,0	132,0	0,0
feb-80	203,0	96,0	150,0	9,0	9,0	82,7	0,0	96,0	98,0
mar-80	125,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	33,0
abr-80	103,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	47,0
may-80	17,0	36,0	131,0	0,0	0,0	34,2	19,0	36,0	0,0
jun-80	25,0	22,0	134,0	19,0	3,0	19,3	0,0	22,0	0,0
jul-80	0,0	21,0	115,0	16,0	0,0	19,0	19,0	19,0	0,0
ago-80	0,0	32,0	90,5	35,0	0,0	24,5	24,5	24,5	0,0
sep-80	7,0	42,0	69,4	59,5	0,0	25,3	21,1	28,1	0,0
oct-80	119,0	75,0	113,4	80,6	44,0	34,7	0,0	75,0	0,0
nov-80	91,0	94,0	110,4	36,6	0,0	65,6	3,0	94,0	0,0
dic-80	146,0	126,0	130,4	39,6	20,0	83,3	0,0	126,0	0,0
ene-81	260,0	132,0	150,0	19,6	19,6	100,2	0,0	132,0	108,4
feb-81	95,0	96,0	149,0	0,0	0,0	84,2	1,0	96,0	0,0
mar-81	134,0	92,0	150,0	1,0	1,0	80,7	0,0	92,0	41,0
abr-81	90,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	34,0
may-81	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-81	0,0	22,0	98,8	34,2	0,0	17,0	17,0	17,0	0,0
jul-81	4,0	21,0	87,6	51,2	0,0	13,8	11,2	15,2	0,0
ago-81	0,0	32,0	68,9	62,4	0,0	18,7	18,7	18,7	0,0
sep-81	15,0	42,0	56,5	81,1	0,0	19,3	12,4	27,4	0,0
oct-81	77,0	75,0	58,5	93,5	2,0	28,3	0,0	75,0	0,0
nov-81	167,0	94,0	131,5	91,5	73,0	36,7	0,0	94,0	0,0
dic-81	298,0	126,0	150,0	18,5	18,5	96,7	0,0	126,0	153,5
ene-82	57,0	132,0	83,3	0,0	0,0	114,2	66,7	123,7	0,0
feb-82	194,0	96,0	150,0	66,7	66,7	53,3	0,0	96,0	31,3
mar-82	87,0	92,0	145,0	0,0	0,0	80,8	5,0	92,0	0,0
abr-82	187,0	56,0	150,0	5,0	5,0	50,0	0,0	56,0	126,0
may-82	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-82	20,0	22,0	114,3	34,2	0,0	17,0	1,5	21,5	0,0
jul-82	26,0	21,0	119,3	35,7	5,0	16,0	0,0	21,0	0,0
ago-82	2,0	32,0	95,2	30,7	0,0	25,6	24,0	26,0	0,0
sep-82	95,0	42,0	148,2	54,8	53,0	26,7	0,0	42,0	0,0
oct-82	11,0	75,0	91,2	1,8	0,0	66,1	57,0	68,0	0,0
nov-82	180,0	94,0	150,0	58,8	58,8	57,2	0,0	94,0	27,2
dic-82	69,0	126,0	98,3	0,0	0,0	109,2	51,7	120,7	0,0
ene-83	325,0	132,0	150,0	51,7	51,7	86,5	0,0	132,0	141,3
feb-83	78,0	96,0	132,0	0,0	0,0	84,2	18,0	96,0	0,0
mar-83	58,0	92,0	102,5	18,0	0,0	77,8	29,5	87,5	0,0
abr-83	66,0	56,0	112,5	47,5	10,0	38,3	0,0	56,0	0,0
may-83	28,0	36,0	104,5	37,5	0,0	27,8	8,0	36,0	0,0
jun-83	0,0	22,0	88,8	45,5	0,0	15,7	15,7	15,7	0,0
jul-83	25,0	21,0	92,8	61,2	4,0	12,4	0,0	21,0	0,0
ago-83	30,0	32,0	90,8	57,2	0,0	20,6	2,0	32,0	0,0
sep-83	45,0	42,0	93,8	59,2	3,0	25,7	0,0	42,0	0,0
oct-83	117,0	75,0	135,8	56,2	42,0	46,5	0,0	75,0	0,0
nov-83	108,0	94,0	149,8	14,2	14,0	76,0	0,0	94,0	0,0
dic-83	138,0	126,0	150,0	0,2	0,2	109,1	0,0	126,0	11,8



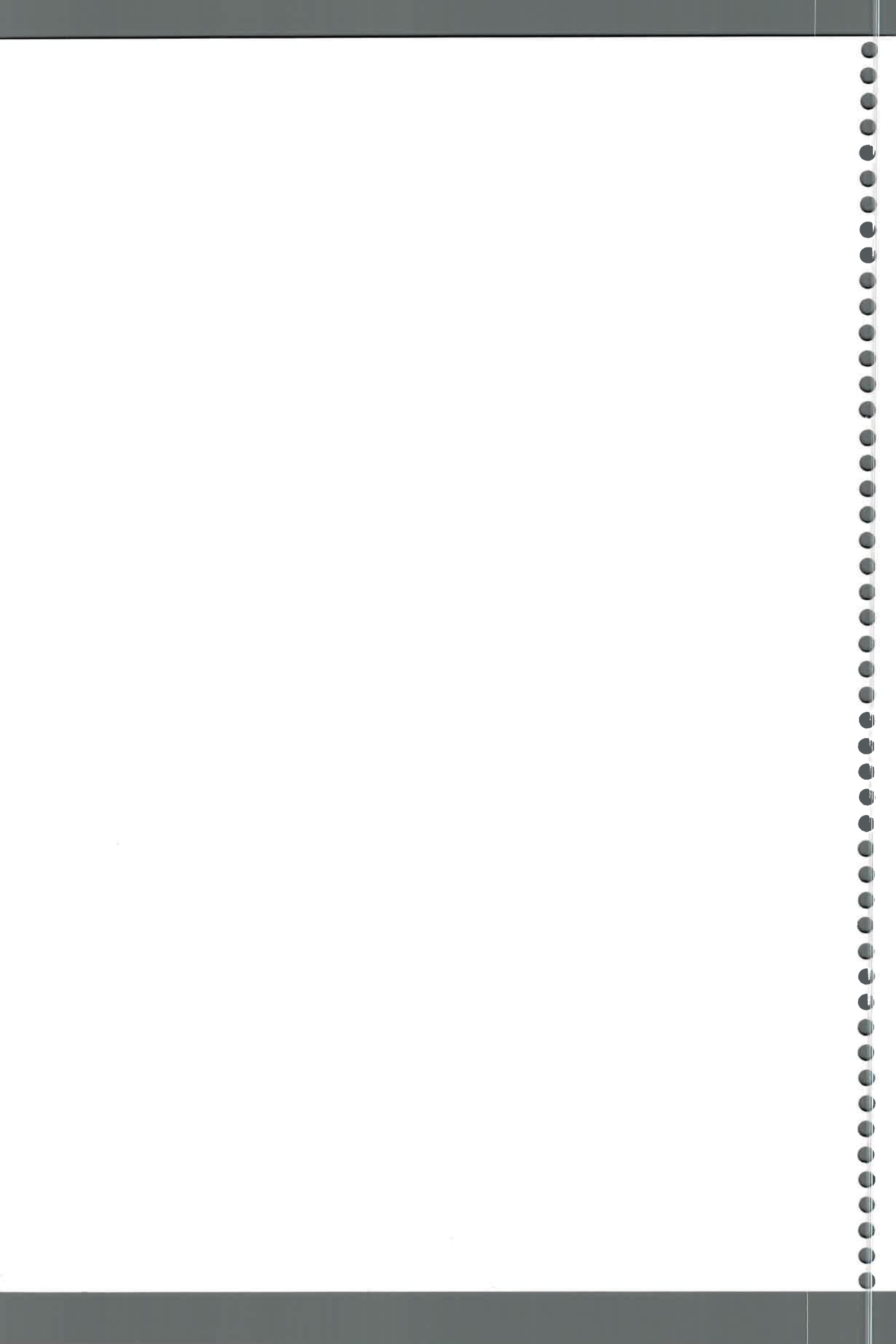
ene-84	150,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	18,0
feb-84	228,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	132,0
mar-84	188,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	96,0
abr-84	31,0	56,0	125,0	0,0	0,0	50,8	25,0	56,0	0,0
may-84	6,0	36,0	100,0	25,0	0,0	30,0	25,0	31,0	0,0
jun-84	15,0	22,0	95,3	50,0	0,0	14,7	4,7	19,7	0,0
jul-84	0,0	21,0	82,0	54,7	0,0	13,3	13,3	13,3	0,0
ago-84	13,0	32,0	71,6	68,0	0,0	17,5	10,4	23,4	0,0
sep-84	94,0	42,0	123,6	78,4	52,0	20,0	0,0	42,0	0,0
oct-84	22,0	75,0	80,2	26,4	0,0	57,9	43,4	65,4	0,0
nov-84	139,0	94,0	125,2	69,8	45,0	50,3	0,0	94,0	0,0
dic-84	286,0	126,0	150,0	24,8	24,8	92,5	0,0	126,0	135,2
ene-85	208,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	76,0
feb-85	89,0	96,0	143,0	0,0	0,0	84,2	7,0	96,0	0,0
mar-85	87,0	92,0	138,0	7,0	0,0	79,7	5,0	92,0	0,0
abr-85	17,0	56,0	103,3	12,0	0,0	48,8	34,7	51,7	0,0
may-85	0,0	36,0	78,5	46,7	0,0	24,8	24,8	24,8	0,0
jun-85	41,0	22,0	97,5	71,5	19,0	11,5	0,0	22,0	0,0
jul-85	125,0	21,0	150,0	52,5	52,5	20,0	0,0	21,0	51,5
ago-85	2,0	32,0	120,8	0,0	0,0	30,8	29,2	31,2	0,0
sep-85	20,0	42,0	103,1	29,2	0,0	33,8	17,7	37,7	0,0
oct-85	200,0	75,0	150,0	46,9	46,9	51,6	0,0	75,0	78,1
nov-85	112,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	18,0
dic-85	228,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	102,0
ene-86	86,0	132,0	107,5	0,0	0,0	114,2	42,5	128,5	0,0
feb-86	77,0	96,0	93,9	42,5	0,0	68,8	13,6	90,6	0,0
mar-86	46,0	92,0	65,1	56,1	0,0	57,6	28,8	74,8	0,0
abr-86	27,0	56,0	52,5	84,9	0,0	24,3	12,6	39,6	0,0
may-86	6,0	36,0	42,0	97,5	0,0	12,6	10,5	16,5	0,0
jun-86	7,0	22,0	37,8	108,0	0,0	6,2	4,2	11,2	0,0
jul-86	19,0	21,0	37,3	112,2	0,0	5,3	0,5	19,5	0,0
ago-86	29,0	32,0	36,6	112,7	0,0	8,0	0,7	29,7	0,0
sep-86	61,0	42,0	55,6	113,4	19,0	10,2	0,0	42,0	0,0
oct-86	62,0	75,0	42,6	94,4	0,0	32,6	13,0	75,0	0,0
nov-86	47,0	94,0	26,6	107,4	0,0	27,4	16,0	63,0	0,0
dic-86	254,0	126,0	150,0	123,4	123,4	22,3	0,0	126,0	4,6
ene-87	152,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	20,0
feb-87	73,0	96,0	127,0	0,0	0,0	84,2	23,0	96,0	0,0
mar-87	173,0	92,0	150,0	23,0	23,0	77,0	0,0	92,0	58,0
abr-87	83,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	27,0
may-87	62,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	26,0
jun-87	0,0	22,0	128,0	0,0	0,0	22,0	22,0	22,0	0,0
jul-87	20,0	21,0	127,0	22,0	0,0	18,0	1,0	21,0	0,0
ago-87	17,0	32,0	114,2	23,0	0,0	27,0	12,8	29,8	0,0
sep-87	0,0	42,0	82,2	35,8	0,0	32,0	32,0	32,0	0,0
oct-87	84,0	75,0	91,2	67,8	9,0	41,1	0,0	75,0	0,0
nov-87	103,0	94,0	100,2	58,8	9,0	55,6	0,0	94,0	0,0
dic-87	227,0	126,0	150,0	49,8	49,8	77,2	0,0	126,0	51,2



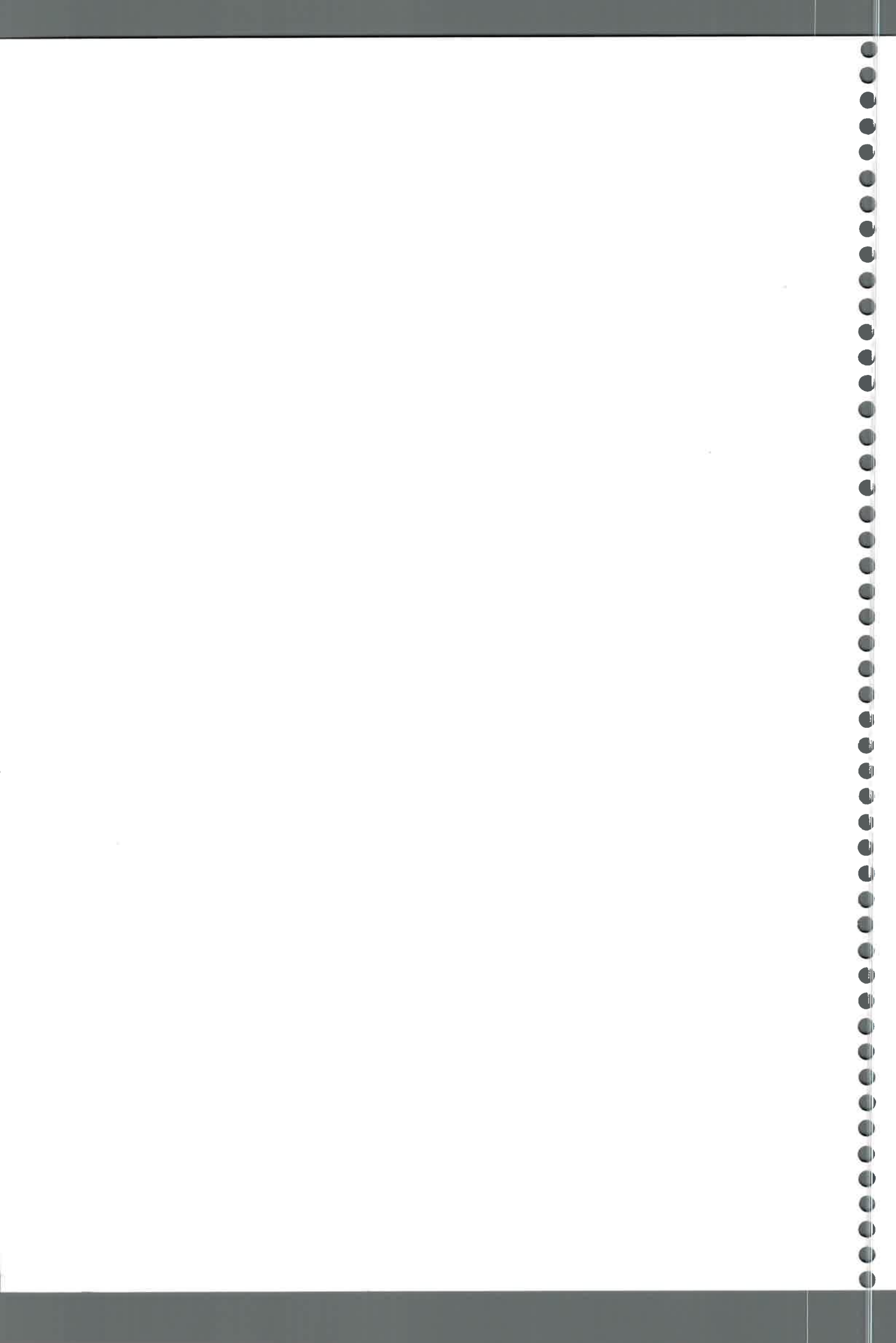
ene-88	99,0	132,0	118,3	0,0	0,0	114,2	31,7	130,7	0,0
feb-88	143,0	96,0	150,0	31,7	31,7	75,7	0,0	96,0	15,3
mar-88	202,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	110,0
abr-88	57,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	1,0
may-88	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-88	2,0	22,0	100,4	34,2	0,0	17,0	15,4	17,4	0,0
jul-88	0,0	21,0	86,3	49,6	0,0	14,1	14,1	14,1	0,0
ago-88	0,0	32,0	67,9	63,7	0,0	18,4	18,4	18,4	0,0
sep-88	50,0	42,0	75,9	82,1	8,0	19,0	0,0	42,0	0,0
oct-88	0,0	75,0	37,6	74,1	0,0	38,3	38,3	38,3	0,0
nov-88	50,0	94,0	26,6	112,4	0,0	23,6	11,0	61,0	0,0
dic-88	255,0	126,0	150,0	123,4	123,4	22,3	0,0	126,0	5,6
ene-89	81,0	132,0	103,3	0,0	0,0	114,2	46,7	127,7	0,0
feb-89	126,0	96,0	133,3	46,7	30,0	66,1	0,0	96,0	0,0
mar-89	317,0	92,0	150,0	16,7	16,7	73,4	0,0	92,0	208,3
abr-89	15,0	56,0	111,7	0,0	0,0	50,8	38,3	53,3	0,0
may-89	80,0	36,0	150,0	38,3	38,3	26,8	0,0	36,0	5,7
jun-89	39,0	22,0	150,0	0,0	0,0	22,0	0,0	22,0	17,0
jul-89	0,0	21,0	129,0	0,0	0,0	21,0	21,0	21,0	0,0
ago-89	0,0	32,0	101,7	21,0	0,0	27,3	27,3	27,3	0,0
sep-89	31,0	42,0	94,2	48,3	0,0	28,5	7,5	38,5	0,0
oct-89	53,0	75,0	80,4	55,8	0,0	47,1	13,8	66,8	0,0
nov-89	220,0	94,0	150,0	69,6	69,6	50,4	0,0	94,0	56,4
dic-89	257,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	131,0
ene-90	92,0	132,0	112,5	0,0	0,0	114,2	37,5	129,5	0,0
feb-90	128,0	96,0	144,5	37,5	32,0	72,0	0,0	96,0	0,0
mar-90	158,0	92,0	150,0	5,5	5,5	78,4	0,0	92,0	60,5
abr-90	81,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	25,0
may-90	15,0	36,0	129,0	0,0	0,0	34,2	21,0	36,0	0,0
jun-90	5,0	22,0	114,2	21,0	0,0	19,0	14,8	19,8	0,0
jul-90	28,0	21,0	121,2	35,8	7,0	16,0	0,0	21,0	0,0
ago-90	10,0	32,0	102,8	28,8	0,0	26,0	18,4	28,4	0,0
sep-90	12,0	42,0	82,2	47,2	0,0	28,8	20,5	32,5	0,0
oct-90	159,0	75,0	150,0	67,8	67,8	41,1	0,0	75,0	16,2
nov-90	175,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	81,0
dic-90	102,0	126,0	126,0	0,0	0,0	109,2	24,0	126,0	0,0
ene-91	217,0	132,0	150,0	24,0	24,0	110,2	0,0	132,0	61,0
feb-91	116,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	20,0
mar-91	123,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	31,0
abr-91	102,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	46,0
may-91	52,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	16,0
jun-91	12,0	22,0	140,0	0,0	0,0	22,0	10,0	22,0	0,0
jul-91	26,0	21,0	145,0	10,0	5,0	20,0	0,0	21,0	0,0
ago-91	29,0	32,0	142,0	5,0	0,0	30,0	3,0	32,0	0,0
sep-91	40,0	42,0	140,0	8,0	0,0	37,8	2,0	42,0	0,0
oct-91	123,0	75,0	150,0	10,0	10,0	65,0	0,0	75,0	38,0
nov-91	168,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	74,0
dic-91	222,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	96,0



ene-92	206,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	74,0
feb-92	178,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	82,0
mar-92	226,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	134,0
abr-92	39,0	56,0	133,0	0,0	0,0	50,8	17,0	56,0	0,0
may-92	10,0	36,0	110,0	17,0	0,0	31,3	23,0	33,0	0,0
jun-92	0,0	22,0	93,9	40,0	0,0	16,1	16,1	16,1	0,0
jul-92	18,0	21,0	92,0	56,1	0,0	13,1	1,9	19,9	0,0
ago-92	32,0	32,0	92,0	58,0	0,0	19,6	0,0	32,0	0,0
sep-92	67,0	42,0	117,0	58,0	25,0	25,8	0,0	42,0	0,0
oct-92	43,0	75,0	87,7	33,0	0,0	55,7	29,3	72,3	0,0
nov-92	165,0	94,0	150,0	62,3	62,3	55,0	0,0	94,0	8,7
dic-92	225,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	99,0
ene-93	220,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	88,0
feb-93	76,0	96,0	130,0	0,0	0,0	84,2	20,0	96,0	0,0
mar-93	176,0	92,0	150,0	20,0	20,0	77,5	0,0	92,0	64,0
abr-93	44,0	56,0	138,0	0,0	0,0	50,8	12,0	56,0	0,0
may-93	35,0	36,0	137,0	12,0	0,0	32,2	1,0	36,0	0,0
jun-93	35,0	22,0	150,0	13,0	13,0	20,3	0,0	22,0	0,0
jul-93	0,0	21,0	129,0	0,0	0,0	21,0	21,0	21,0	0,0
ago-93	19,0	32,0	117,5	21,0	0,0	27,3	11,5	30,5	0,0
sep-93	18,0	42,0	98,7	32,5	0,0	32,9	18,8	36,8	0,0
oct-93	133,0	75,0	150,0	51,3	51,3	49,3	0,0	75,0	6,7
nov-93	260,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	166,0
dic-93	166,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	40,0
ene-94	142,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	10,0
feb-94	185,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	89,0
mar-94	233,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	141,0
abr-94	49,0	56,0	143,0	0,0	0,0	50,8	7,0	56,0	0,0
may-94	83,0	36,0	150,0	7,0	7,0	33,0	0,0	36,0	40,0
jun-94	17,0	22,0	145,0	0,0	0,0	22,0	5,0	22,0	0,0
jul-94	22,0	21,0	146,0	5,0	1,0	20,8	0,0	21,0	0,0
ago-94	38,0	32,0	150,0	4,0	4,0	30,2	0,0	32,0	2,0
sep-94	20,0	42,0	128,0	0,0	0,0	39,2	22,0	42,0	0,0
oct-94	100,0	75,0	150,0	22,0	22,0	63,0	0,0	75,0	3,0
nov-94	212,0	94,0	150,0	0,0	0,0	82,5	0,0	94,0	118,0
dic-94	91,0	126,0	116,7	0,0	0,0	109,2	33,3	124,3	0,0
ene-95	288,0	132,0	150,0	33,3	33,3	102,7	0,0	132,0	122,7
feb-95	82,0	96,0	136,0	0,0	0,0	84,2	14,0	96,0	0,0
mar-95	83,0	92,0	127,0	14,0	0,0	78,5	9,0	92,0	0,0
abr-95	10,0	56,0	88,3	23,0	0,0	47,0	38,7	48,7	0,0
may-95	52,0	36,0	104,3	61,7	16,0	21,2	0,0	36,0	0,0
jun-95	0,0	22,0	84,8	45,7	0,0	19,5	19,5	19,5	0,0
jul-95	5,0	21,0	75,8	65,2	0,0	11,9	9,0	14,0	0,0
ago-95	3,0	32,0	61,1	74,2	0,0	16,2	14,6	17,6	0,0
sep-95	8,0	42,0	47,3	88,9	0,0	17,1	13,9	21,9	0,0
oct-95	19,0	75,0	29,6	102,7	0,0	23,6	17,6	36,6	0,0
nov-95	277,0	94,0	150,0	120,4	120,4	18,6	0,0	94,0	62,6
dic-95	50,0	126,0	82,5	0,0	0,0	109,2	67,5	117,5	0,0



ene-96	212,0	132,0	150,0	67,5	67,5	72,6	0,0	132,0	12,5
feb-96	211,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	115,0
mar-96	49,0	92,0	110,0	0,0	0,0	80,8	40,0	89,0	0,0
abr-96	109,0	56,0	150,0	40,0	40,0	41,1	0,0	56,0	13,0
may-96	12,0	36,0	126,0	0,0	0,0	34,2	24,0	36,0	0,0
jun-96	10,0	22,0	115,8	24,0	0,0	18,5	10,2	20,2	0,0
jul-96	0,0	21,0	99,6	34,2	0,0	16,2	16,2	16,2	0,0
ago-96	0,0	32,0	78,4	50,4	0,0	21,3	21,3	21,3	0,0
sep-96	33,0	42,0	73,7	71,6	0,0	21,9	4,7	37,7	0,0
oct-96	10,0	75,0	41,7	76,3	0,0	36,8	31,9	41,9	0,0
nov-96	77,0	94,0	37,0	108,3	0,0	26,2	4,7	81,7	0,0
dic-96	101,0	126,0	30,8	113,0	0,0	31,1	6,2	107,2	0,0
ene-97	127,0	132,0	29,8	119,2	0,0	27,1	1,0	128,0	0,0
feb-97	53,0	96,0	21,3	120,2	0,0	19,1	8,5	61,5	0,0
mar-97	164,0	92,0	93,3	128,7	72,0	13,0	0,0	92,0	0,0
abr-97	32,0	56,0	69,3	56,7	0,0	39,1	24,0	56,0	0,0
may-97	18,0	36,0	60,5	80,7	0,0	16,9	8,7	26,7	0,0
jun-97	20,0	22,0	59,7	89,5	0,0	8,9	0,8	20,8	0,0
jul-97	9,0	21,0	54,9	90,3	0,0	8,4	4,8	13,8	0,0
ago-97	37,0	32,0	59,9	95,1	5,0	11,7	0,0	32,0	0,0
sep-97	70,0	42,0	87,9	90,1	28,0	18,6	0,0	42,0	0,0
oct-97	132,0	75,0	144,9	62,1	57,0	46,0	0,0	75,0	0,0
nov-97	194,0	94,0	150,0	5,1	5,1	80,2	0,0	94,0	94,9
dic-97	211,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	85,0
ene-98	201,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	69,0
feb-98	134,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	38,0
mar-98	92,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	0,0
abr-98	171,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	115,0
may-98	95,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	59,0
jun-98	43,0	22,0	150,0	0,0	0,0	22,0	0,0	22,0	21,0
jul-98	2,0	21,0	131,0	0,0	0,0	21,0	19,0	21,0	0,0
ago-98	10,0	32,0	111,7	19,0	0,0	27,7	19,3	29,3	0,0
sep-98	46,0	42,0	115,7	38,3	4,0	31,3	0,0	42,0	0,0
oct-98	24,0	75,0	76,7	34,3	0,0	56,9	39,0	63,0	0,0
nov-98	255,0	94,0	150,0	73,3	73,3	48,1	0,0	94,0	87,7
dic-98	137,0	126,0	150,0	0,0	0,0	109,2	0,0	126,0	11,0
ene-99	90,0	132,0	110,8	0,0	0,0	114,2	39,2	129,2	0,0
feb-99	22,0	96,0	56,2	39,2	0,0	70,9	54,7	76,7	0,0
mar-99	255,0	92,0	150,0	93,8	93,8	34,4	0,0	92,0	69,2
abr-99	93,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	37,0
may-99	4,0	36,0	119,2	0,0	0,0	34,2	30,8	34,8	0,0
jun-99	14,0	22,0	112,8	30,8	0,0	17,5	6,4	20,4	0,0
jul-99	20,0	21,0	112,1	37,2	0,0	15,8	0,8	20,8	0,0
ago-99	30,0	32,0	110,6	37,9	0,0	23,9	1,5	31,5	0,0
sep-99	31,0	42,0	102,5	39,4	0,0	31,0	8,1	39,1	0,0
oct-99	120,0	75,0	147,5	47,5	45,0	51,2	0,0	75,0	0,0
nov-99	79,0	94,0	132,5	2,5	0,0	81,3	15,0	94,0	0,0
dic-99	241,0	126,0	150,0	17,5	17,5	104,7	0,0	126,0	97,5



ene-00	315,0	132,0	150,0	0,0	0,0	114,2	0,0	132,0	183,0
feb-00	140,0	96,0	150,0	0,0	0,0	84,2	0,0	96,0	44,0
mar-00	116,0	92,0	150,0	0,0	0,0	80,8	0,0	92,0	24,0
abr-00	161,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	105,0
may-00	147,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	111,0
jun-00	18,0	22,0	146,0	0,0	0,0	22,0	4,0	22,0	0,0
jul-00	25,0	21,0	150,0	4,0	4,0	21,0	0,0	21,0	0,0
ago-00	0,0	32,0	119,2	0,0	0,0	30,8	30,8	30,8	0,0
sep-00	12,0	42,0	95,3	30,8	0,0	33,4	23,8	35,8	0,0
oct-00	107,0	75,0	127,3	54,7	32,0	47,7	0,0	75,0	0,0
nov-00	226,0	94,0	150,0	22,7	22,7	72,1	0,0	94,0	109,3
dic-00	100,0	126,0	124,2	0,0	0,0	109,2	25,8	125,8	0,0
ene-01	142,0	132,0	134,2	25,8	10,0	109,3	0,0	132,0	0,0
feb-01	69,0	96,0	110,1	15,8	0,0	81,2	24,1	93,1	0,0
mar-01	215,0	92,0	150,0	39,9	39,9	67,5	0,0	92,0	83,1
abr-01	194,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	138,0
may-01	0,0	36,0	115,8	0,0	0,0	34,2	34,2	34,2	0,0
jun-01	8,0	22,0	105,0	34,2	0,0	17,0	10,8	18,8	0,0
jul-01	21,0	21,0	105,0	45,0	0,0	14,7	0,0	21,0	0,0
ago-01	15,0	32,0	93,1	45,0	0,0	22,4	11,9	26,9	0,0
sep-01	164,0	42,0	150,0	56,9	56,9	26,1	0,0	42,0	65,1
oct-01	160,0	75,0	150,0	0,0	0,0	66,7	0,0	75,0	85,0
nov-01	72,0	94,0	128,0	0,0	0,0	82,5	22,0	94,0	0,0
dic-01	134,0	126,0	136,0	22,0	8,0	105,5	0,0	126,0	0,0
ene-02	109,0	132,0	115,0	14,0	0,0	111,8	21,0	130,0	0,0
feb-02	279,0	96,0	150,0	35,0	35,0	73,6	0,0	96,0	148,0
mar-02	91,0	92,0	149,0	0,0	0,0	80,8	1,0	92,0	0,0
abr-02	247,0	56,0	150,0	1,0	1,0	50,7	0,0	56,0	190,0
may-02	56,0	36,0	150,0	0,0	0,0	34,2	0,0	36,0	20,0
jun-02	0,0	22,0	128,0	0,0	0,0	22,0	22,0	22,0	0,0
jul-02	6,0	21,0	115,0	22,0	0,0	18,0	13,0	19,0	0,0
ago-02	67,0	32,0	150,0	35,0	35,0	24,5	0,0	32,0	0,0
sep-02	0,0	42,0	110,8	0,0	0,0	39,2	39,2	39,2	0,0
oct-02	60,0	75,0	99,7	39,2	0,0	55,4	11,1	71,1	0,0
nov-02	57,0	94,0	75,1	50,3	0,0	62,5	24,6	81,6	0,0
dic-02	182,0	126,0	131,1	74,9	56,0	63,1	0,0	126,0	0,0
ene-03	140,0	132,0	139,1	18,9	8,0	100,7	0,0	132,0	0,0
feb-03	66,0	96,0	110,3	10,9	0,0	79,0	28,8	94,8	0,0
mar-03	76,0	92,0	98,6	39,7	0,0	67,7	11,8	87,8	0,0
abr-03	139,0	56,0	150,0	51,4	51,4	36,8	0,0	56,0	31,6
may-03	10,0	36,0	124,2	0,0	0,0	34,2	25,8	35,8	0,0
jun-03	0,0	22,0	106,0	25,8	0,0	18,2	18,2	18,2	0,0
jul-03	65,0	21,0	150,0	44,0	44,0	14,8	0,0	21,0	0,0
ago-03	1,0	32,0	120,0	0,0	0,0	30,8	30,0	31,0	0,0
sep-03	0,0	42,0	86,4	30,0	0,0	33,6	33,6	33,6	0,0
oct-03	18,0	75,0	53,5	63,6	0,0	43,2	32,8	50,8	0,0
nov-03	16,0	94,0	25,7	96,5	0,0	33,6	27,8	43,8	0,0
dic-03	168,0	126,0	67,7	124,3	42,0	21,6	0,0	126,0	0,0



Tabla 1.8. Balance hídrico seriado, Estación La Aguada (1994-2003).

Variables

Agua útil en la capa superior =25 mm y en la inferior = 125 mm.

P: Precip.

ETP: Evapotranspiración potencial

ALMAC: almacenamiento

RP: Recarga potencial

R: Recarga

APE: Agua potencialmente extraíble

AE: Agu:

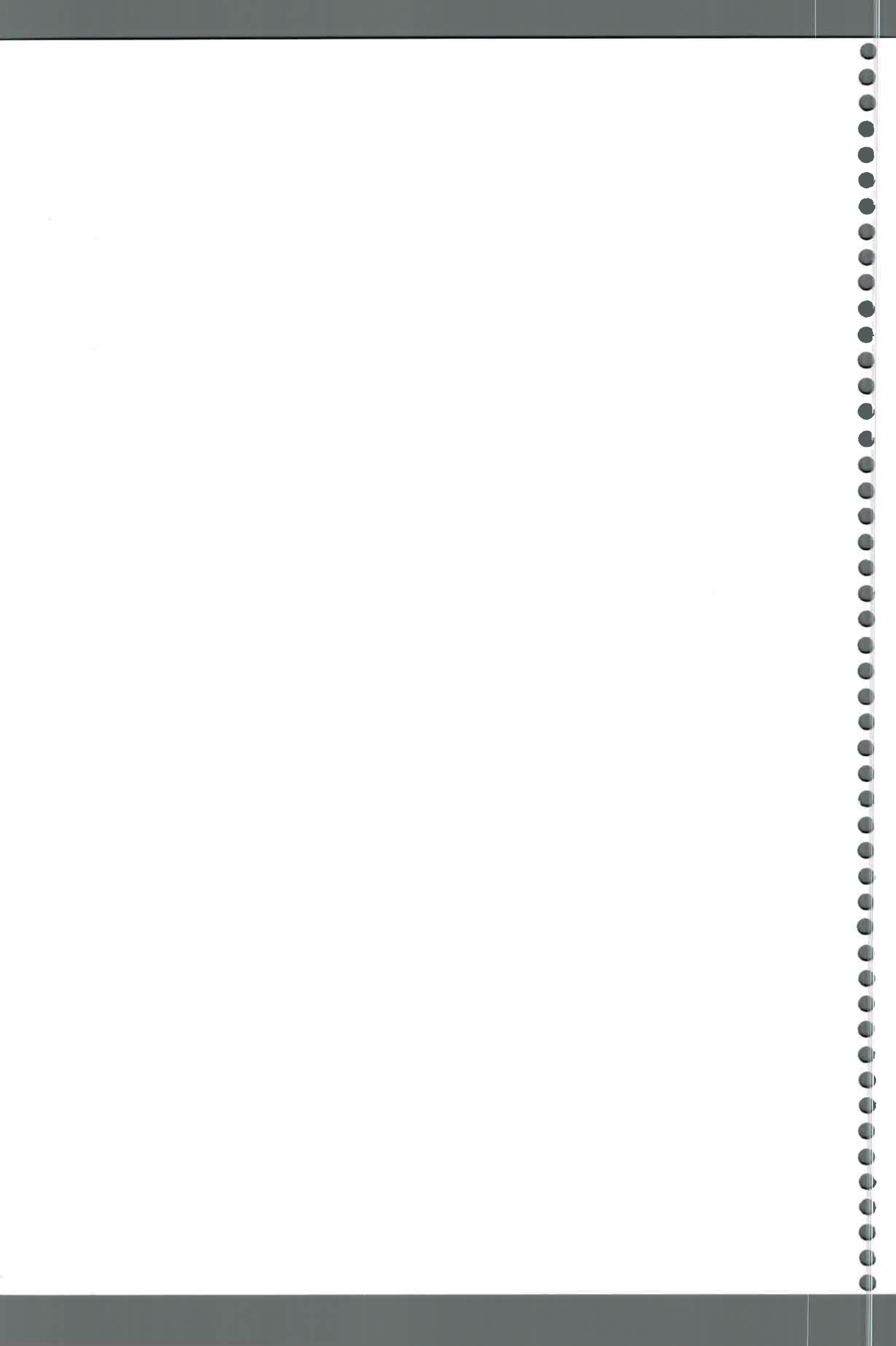
ETR: Evapotranspiración Real

EXC: Exceso

MES	P	ETP	ALMA	RP	R	APE	AE	ETR	EXC
ene-95	138,0	159,0	129,0	0,0	0,0	136,7	21,0	159,0	0,0
feb-95	95,0	76,0	148,0	21,0	19,0	64,0	0,0	76,0	0,0
mar-95	41,0	79,0	112,5	2,0	0,0	69,7	35,5	76,5	0,0
abr-95	5,0	44,0	83,3	37,5	0,0	33,0	29,3	34,3	0,0
may-95	45,0	16,0	112,3	66,7	29,0	8,9	0,0	16,0	0,0
jun-95	3,0	0,0	115,3	37,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
jul-95	4,0	0,0	119,3	34,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ago-95	0,0	0,0	119,3	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sep-95	6,0	0,0	125,2	30,8	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
oct-95	39,0	55,0	109,2	24,8	0,0	45,0	16,0	55,0	0,0
nov-95	186,0	141,0	150,0	40,8	40,8	97,2	0,0	141,0	4,3
dic-95	67,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	11,0
ene-96	128,0	159,0	120,0	0,0	0,0	136,7	30,0	158,0	0,0
feb-96	185,0	76,0	150,0	30,0	30,0	60,8	0,0	76,0	79,0
mar-96	48,0	79,0	120,0	0,0	0,0	70,0	30,0	78,0	0,0
abr-96	102,0	44,0	150,0	30,0	30,0	35,2	0,0	44,0	28,0
may-96	6,0	16,0	140,0	0,0	0,0	16,0	10,0	16,0	0,0
jun-96	9,0	0,0	149,0	10,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0
jul-96	8,0	0,0	150,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	7,0
ago-96	0,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sep-96	24,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
oct-96	13,0	55,0	110,8	0,0	0,0	50,0	39,2	52,2	0,0
nov-96	81,0	141,0	66,5	39,2	0,0	104,2	44,3	125,3	0,0
dic-96	133,0	56,0	143,5	83,5	77,0	24,8	0,0	56,0	0,0
ene-97	119,0	159,0	106,6	6,5	0,0	130,9	36,8	155,8	0,0
feb-97	90,0	76,0	120,7	43,4	14,0	54,0	0,0	76,0	0,0
mar-97	86,0	79,0	127,6	29,4	7,0	60,2	0,0	79,0	0,0
abr-97	40,0	44,0	123,6	22,4	0,0	37,4	4,0	44,0	0,0
may-97	34,0	16,0	141,6	26,4	18,0	16,0	0,0	16,0	0,0
jun-97	24,0	0,0	150,0	8,3	8,3	0,0	0,0	0,0	15,7
jul-97	7,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
ago-97	19,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0
sep-97	58,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,0
oct-97	70,0	55,0	150,0	0,0	0,0	50,0	0,0	55,0	15,0
nov-97	136,0	141,0	145,0	0,0	0,0	121,7	5,0	141,0	0,0



ene-98	219,0	159,0	150,0	0,0	0,0	136,7	0,0	159,0	60,0
feb-98	160,0	76,0	150,0	0,0	0,0	67,5	0,0	76,0	84,0
mar-98	41,0	79,0	114,2	0,0	0,0	70,0	35,8	76,8	0,0
abr-98	149,0	44,0	150,0	35,8	35,8	33,5	0,0	44,0	69,2
may-98	58,0	16,0	150,0	0,0	0,0	16,0	0,0	16,0	42,0
jun-98	18,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0
jul-98	0,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ago-98	8,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
sep-98	48,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,0
oct-98	29,0	55,0	124,2	0,0	0,0	50,0	25,8	54,8	0,0
nov-98	193,0	141,0	150,0	25,8	25,8	116,7	0,0	141,0	26,2
dic-98	152,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	96,0
ene-99	54,0	159,0	58,3	0,0	0,0	136,7	91,7	145,7	0,0
feb-99	43,0	76,0	45,5	91,7	0,0	29,6	12,8	55,8	0,0
mar-99	220,0	79,0	150,0	104,5	104,5	24,0	0,0	79,0	36,5
abr-99	82,0	44,0	150,0	0,0	0,0	40,8	0,0	44,0	38,0
may-99	7,0	16,0	141,0	0,0	0,0	16,0	9,0	16,0	0,0
jun-99	13,0	0,0	150,0	9,0	9,0	0,0	0,0	0,0	4,0
jul-99	12,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
ago-99	24,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
sep-99	25,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
oct-99	78,0	55,0	150,0	0,0	0,0	50,0	0,0	55,0	23,0
nov-99	96,0	141,0	108,3	0,0	0,0	121,7	41,7	137,7	0,0
dic-99	202,0	56,0	150,0	41,7	41,7	40,4	0,0	56,0	104,3
ene-00	189,0	159,0	150,0	0,0	0,0	136,7	0,0	159,0	30,0
feb-00	128,0	76,0	150,0	0,0	0,0	67,5	0,0	76,0	52,0
mar-00	152,0	79,0	150,0	0,0	0,0	70,0	0,0	79,0	73,0
abr-00	128,0	44,0	150,0	0,0	0,0	40,8	0,0	44,0	84,0
may-00	69,0	16,0	150,0	0,0	0,0	16,0	0,0	16,0	53,0
jun-00	16,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
jul-00	23,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0
ago-00	0,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sep-00	5,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
oct-00	67,0	55,0	150,0	0,0	0,0	50,0	0,0	55,0	12,0
nov-00	152,0	141,0	150,0	0,0	0,0	121,7	0,0	141,0	11,0
dic-00	103,0	56,0	150,0	0,0	0,0	50,8	0,0	56,0	47,0
ene-01	165,0	159,0	150,0	0,0	0,0	136,7	0,0	159,0	6,0
feb-01	23,0	76,0	101,7	0,0	0,0	67,5	48,3	71,3	0,0
mar-01	180,0	79,0	150,0	48,3	48,3	53,5	0,0	79,0	52,7
abr-01	131,0	44,0	150,0	0,0	0,0	40,8	0,0	44,0	87,0
may-01	6,0	16,0	140,0	0,0	0,0	16,0	10,0	16,0	0,0
jun-01	16,0	0,0	150,0	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	6,0
jul-01	12,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
ago-01	8,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
sep-01	75,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,0
oct-01	53,0	55,0	148,0	0,0	0,0	50,0	2,0	55,0	0,0
nov-01	10,0	141,0	35,0	2,0	0,0	121,3	113,0	123,0	0,0
dic-01	27,0	56,0	28,2	115,0	0,0	13,1	6,8	33,8	0,0





ene-02	45,0	159,0	6,8	121,8	0,0	28,2	21,5	66,5	0,0
feb-02	38,0	76,0	5,1	143,2	0,0	3,4	1,7	39,7	0,0
mar-02	49,0	79,0	4,0	144,9	0,0	2,7	1,0	50,0	0,0
abr-02	74,0	44,0	34,0	146,0	30,0	1,2	0,0	44,0	0,0
may-02	25,0	16,0	43,0	116,0	9,0	16,0	0,0	16,0	0,0
jun-02	4,0	0,0	47,0	107,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
jul-02	5,0	0,0	52,0	103,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ago-02	55,0	0,0	107,0	98,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sep-02	1,0	0,0	108,0	43,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
oct-02	65,0	55,0	118,0	42,0	10,0	41,6	0,0	55,0	0,0
nov-02	135,0	141,0	112,0	32,0	0,0	97,0	6,0	141,0	0,0
dic-02	124,0	56,0	150,0	38,0	38,0	42,0	0,0	56,0	30,0
ene-03	126,0	159,0	118,3	0,0	0,0	136,7	31,7	157,7	0,0
feb-03	67,0	76,0	111,2	31,7	0,0	60,0	7,1	74,1	0,0
mar-03	72,0	79,0	106,0	38,8	0,0	58,6	5,2	77,2	0,0
abr-03	86,0	44,0	148,0	44,0	42,0	31,1	0,0	44,0	0,0
may-03	0,0	16,0	132,0	2,0	0,0	16,0	16,0	16,0	0,0
jun-03	0,0	0,0	132,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
jul-03	43,0	0,0	150,0	18,0	18,0	0,0	0,0	0,0	25,0
ago-03	0,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
sep-03	0,0	0,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
oct-03	10,0	55,0	108,3	0,0	0,0	50,0	41,7	51,7	0,0
nov-03	35,0	141,0	31,8	41,7	0,0	101,8	76,6	111,6	0,0
dic-03	178,0	56,0	150,0	118,2	118,2	11,9	0,0	56,0	3,8



APENDICE 2



En el Apéndice 2 se adjuntan las siguientes Tablas:

Tabla 2.1. Archivo de clima, base de datos con información climática histórica, Estación Rodeo Viejo.

Tabla 2.2. Archivo de clima, Estación Rodeo Viejo.cli

Tabla 2.3. Archivo de clima, eventos considerados en la aplicación del modelo WEPP, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.4. Archivo de clima, eventos considerados en la aplicación del modelo WEPP, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.5. Archivo de pendiente, siembra directa con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.6. Archivo de pendiente, siembra directa sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.7. Archivo de pendiente, siembra directa con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.8. Archivo de pendiente, siembra directa sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.9. Archivo de pendiente, labranza reducida con fertilización y sin pastoreo, pendiente El Pozo del Carril.

Tabla 2.10. Archivo de pendiente, labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.11. Archivo de pendiente, labranza reducida con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.12. Archivo de pendiente, labranza reducida sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.13. Archivo de pendiente, labranza convencional con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.14. Archivo de pendiente, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.15. Archivo de pendiente, labranza convencional con fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.16. Archivo de pendiente, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.



Tabla 2.17. Archivo de pendiente, sección loma plana, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.18. Archivo de pendiente, sección loma alta, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.19. Archivo de pendiente, sección loma media, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.20. Archivo de pendiente, sección loma baja, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.21. Archivo de suelo, siembra directa con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.22. Archivo de suelo, siembra directa sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.23. Archivo de suelo, siembra directa con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.24. Archivo de suelo, siembra directa sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.25. Archivo de suelo, labranza reducida con fertilización y sin pastoreo, pendiente El Pozo del Carril.

Tabla 2.26. Archivo de suelo, labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.27. Archivo de suelo, labranza reducida con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.28. Archivo de suelo, labranza reducida sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.29. Archivo de suelo, labranza convencional con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.30. Archivo de suelo, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.31. Archivo de suelo, labranza convencional con fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.32. Archivo de suelo, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.33. Archivo de suelo, sección loma plana, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.34. Archivo de suelo, sección loma alta, pendiente El Vertedero.



Tabla 2.35. Archivo de suelo, sección loma media, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.36. Archivo de suelo, sección loma baja, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.37. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, siembra directa con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.38. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, siembra directa sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.39. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, siembra directa con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.40. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, siembra directa sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.41. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida con fertilización y sin pastoreo, pendiente El Pozo del Carril.

Tabla 2.42. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.43. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.44. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.45. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.46. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.47. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional con fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.48. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.49. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, sección loma plana, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.50. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, sección loma alta, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.51. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, sección loma media, pendiente El Vertedero.



Tabla 2.52. Archivo de manejo y plantas, condición inicial, sección loma baja, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.53. Base de datos del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*), pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.54. Base de datos del cultivo de maíz (*Zea mays*), sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.55. Base de datos del cultivo de maíz (*Zea mays*), con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.56. Base de datos del cultivo de maíz (*Zea mays*), con fertilización, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.57. Base de datos del cultivo de soja (*Glycine max*), con fertilización, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.58. Base de datos del cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum*), pendiente El Vertedero.

Tabla 2.59. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, arado de cincel.

Tabla 2.60. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, rastra de disco.

Tabla 2.61. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, rastra de dientes.

Tabla 2.62. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, arado de rejas y vertedera.

Tabla 2.63. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, sembradora de siembra.

Tabla 2.64. Archivo de manejo y plantas, operación de contorno, siembra directa con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.65. Archivo de manejo y plantas, operación de contorno, siembra directa sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.63. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, sembradora de siembra.

Tabla 2.64. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, siembra directa con fertilización, pendiente Pozo del Carril.



Tabla 2.65. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, siembra directa sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.66. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, labranza reducida con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.67. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, labranza reducida sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.68. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, labranza convencional con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.69. Archivo de manejo y plantas, operación de labranza, labranza convencional sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.70. Archivo de manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2000, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.71. Archivo de manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2001, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.72. Archivo de manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2002, pendiente Pozo del Carril.

Tabla 2.73. Archivo de manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2000, pendiente El Vertedero.

Tabla 2.74. Archivo de manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2002, pendiente El Vertedero.

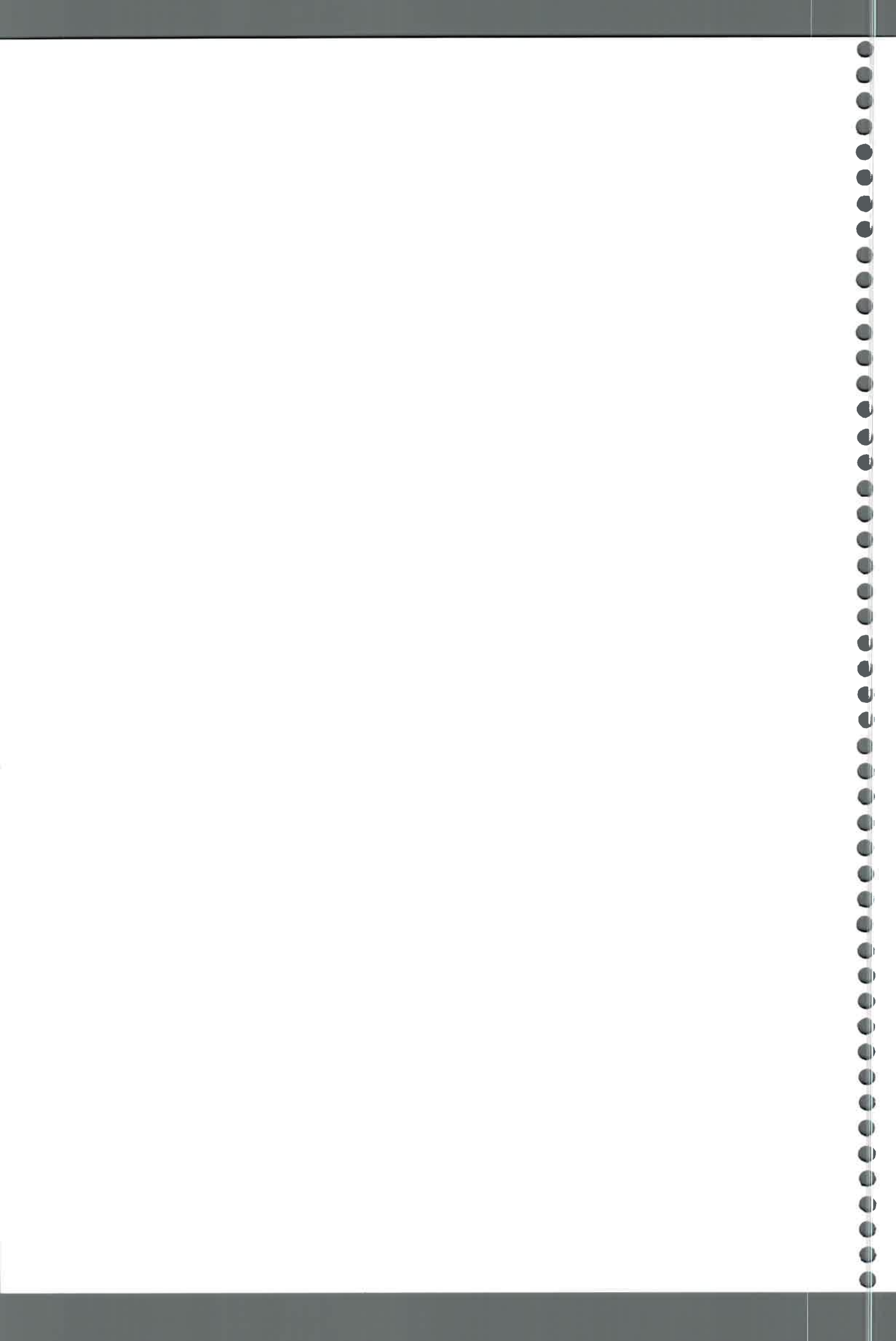


Tabla 2.1. Archivo de clima, base de datos con información climática histórica, Estación Rodeo Viejo.

Station Rodeo Viejo		CLIGEN (version 4.3)											Line
Latitude	Longitude	Elevation (m)			Obs. Years		Beginning year		Years simulated				
-32.57	-64.41	640			5		1		5				1
Observed monthly ave max temperature (C)													
31.2	32.3	26.8	21.7	17.9	16.9	16.2	18.5	14.9	23.3	21.8	30.4		2
Observed monthly ave min temperature (C)													
13.1	17.4	15.2	9.7	5.7	4.9	2.6	5.9	3.5	11.8	7.7	14.6		3
Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)													
607.7	562.7	445.0	337.3	258.4	222.5	256.0	320.6	420.1	492.8	578.9	634.0		4
Observed monthly ave precipitation (mm)													
139.4	118.1	122.7	70.5	30.8	17.5	17.0	18.4	36.4	88.4	126.8	160.8		5
1	1	1	0.0	0	0	0	18.8	27.8	1.31	3.9	45	19.1	6
2	1	1	2.6	1.3	0.4	2.4	16.9	27.6	1.16	3.2	90	18.5	7
3	1	1	8.6	2.2	0.2	4	16.3	27.9	0.66	2.2	22.5	16.8	8
4	1	1	11.4	1.5	0.3	10	14.3	24.5	0.91	1	247.5	13.9	9
5	1	1	0.0	0	0	0	15.1	28.7	1.41	1.4	315	13	10
6	1	1	0.0	0	0	0	16.3	30.3	1.37	3.6	67.5	10.8	11
7	1	1	0.2	0.2	0.1	1	17.1	27.9	0.60	2.3	45	15.2	12
8	1	1	14.2	5.5	0.1	5.5	15.4	24.4	0.51	2	22.5	17.7	13
9	1	1	44.0	1.25	0.5	67.2	16.2	27.3	1.31	3.5	67.5	17.8	14
10	1	1	50.2	6.5	0.5	68.8	14.6	25.9	0.60	2.1	90	18.3	15
11	1	1	22.0	3	2.25	38.8	17.5	26.4	0.62	2.6	45	19	16
12	1	1	0.4	0.2	0.1	2.4	14.8	29.3	1.30	2.2	67.5	21	17
13	1	1	0.0	0	0	0	18.6	26.7	0.89	1.5	135	16.8	18
14	1	1	45.0	8	7.25	22.4	16.6	25.4	0.86	2	45	11	19
15	1	1	3.6	2	0.3	2	19.1	27.6	1.08	2.9	45	10.1	20
16	1	1	10.4	5	0.1	5	16	21.9	0.36	1.3	0	15.1	21
17	1	1	0.0	0	0	0	13.7	25.3	1.33	1.2	90	15.4	22
18	1	1	0.0	0	0	0	14.8	29.2	1.38	2	67.5	16	23
19	1	1	0.0	0	0	0	17.9	30.8	1.38	2.5	67.5	16.4	24
20	1	1	0.0	0	0	0	19.7	30.4	1.18	1.3	22.5	15.8	25
21	1	1	2.0	0.5	0.2	4.8	14.9	24.3	0.52	1.6	225	14.4	26
22	1	1	0.2	0.2	0.1	1	12.7	23.5	1.30	1.8	90	17.6	27
23	1	1	0.0	0	0	0	14.7	28.1	1.20	1.9	45	16.5	28
24	1	1	5.6	2.5	0.2	2.5	14.9	24.7	1.18	1.6	45	13.7	29
25	1	1	0.2	0.2	0.1	1	14.6	26.2	1.32	2.9	67.5	16.7	30
26	1	1	0.0	0	0	0	16.6	27.8	1.33	2.9	45	14.4	31
27	1	1	0.0	0	0	0	17.6	29.1	1.33	3.3	45	12.9	32
28	1	1	0.0	0	0	0	15	29.4	1.31	2.7	45	17.4	33
29	1	1	8.4	2	0.3	4.8	13.4	21.6	0.31	1.6	67.5	15.4	34
30	1	1	0.2	0.2	0.1	1	12.3	29.2	1.32	1.3	45	18.4	35
31	1	1	0.0	0	0	0	16.3	28.7	1.28	2.4	45	15.6	36



Tabla 2.2. Archivo de clima, Estación Rodeo Viejo.cli

RODEO VIEJO

RODEO VIEJO AR
LATT= -32.57 LONG= -64.41 YEARS= 5.
ELEVATION = 2099

MEAN P	.71	.67	.57	.34	.23	.20	.15	.22	.44	.41	.59	.51
S DEV P	1.01	1.00	.69	.36	.26	.47	.41	.30	.61	.49	.72	.56
SKEW P	3.15	2.73	2.46	1.85	2.06	4.52	5.23	2.11	2.24	1.96	2.98	2.10
P(W W)	.31	.32	.35	.34	.24	.31	.33	.33	.31	.38	.31	.35
P(W D)	.21	.16	.18	.11	.06	.05	.06	.04	.07	.13	.19	.25
TMAX AV	83.50	81.86	78.04	71.91	66.20	59.74	58.96	63.61	67.22	73.66	77.80	81.60
TMIN AV	64.33	63.06	60.29	53.83	47.68	40.91	40.74	43.13	46.65	53.83	58.12	62.80
SD TMAX	7.30	7.44	8.02	7.91	7.82	7.64	8.10	9.39	10.01	10.04	9.23	8.33
SD TMIN	5.07	5.34	5.92	6.71	7.05	6.60	7.04	7.09	6.97	7.29	6.21	5.56
SOL.RAD	607.	562.	445.	337.	258.	222.	256.	320.	420.	492.	578.	634.
SD SOL	185.5	170.3	161.9	133.8	101.8	82.0	89.5	106.5	134.8	182.5	193.4	181.0
MX .5 P	.60	.54	.34	.38	.11	.07	.17	.20	.14	.26	.33	.47
DEW PT	62.07	59.19	57.09	51.56	46.63	40.15	36.90	37.77	39.83	49.66	51.88	57.58
Time pk	.083	.227	.409	.490	.618	.770	.793	.822	.913	.953	.984	1.000
% N	7.90	4.74	9.02	9.04	11.91	7.24	7.96	6.47	8.94	6.61	7.14	5.90
MEAN	3.59	2.64	2.93	3.03	3.30	3.17	3.50	4.51	5.21	4.38	4.29	4.01
STD DEV	3.47	3.34	2.79	2.21	2.38	2.77	2.60	2.98	3.73	3.37	3.57	3.80
SKEW	1.14	0.29	1.78	1.41	2.19	-0.80	-2.09	-2.11	-1.69	-0.66	0.05	-0.07
% NNE	14.71	13.71	11.04	7.54	7.54	13.30	14.55	16.54	20.36	20.54	19.17	19.10
MEAN	6.22	4.56	4.36	3.94	4.41	5.98	7.06	8.93	9.79	9.48	8.32	7.43
STD DEV	4.73	4.23	4.16	3.56	3.57	5.39	5.80	6.69	6.22	6.84	5.88	5.15
SKEW	1.06	-0.03	1.48	0.44	-0.62	-1.53	-1.42	-2.01	-1.80	-0.60	-0.10	.19
% NE	24.93	27.99	25.44	18.94	16.73	20.47	19.75	17.83	20.82	20.93	19.74	22.62
MEAN	8.17	6.84	6.68	6.28	6.32	8.52	9.68	10.74	11.64	11.32	9.73	8.12
STD DEV	5.79	5.19	4.90	5.33	5.22	7.32	6.43	6.77	6.58	7.22	6.19	5.27
SKEW	1.18	0.53	-0.69	-1.11	-1.46	1.49	-1.78	-1.70	-1.45	-0.76	-0.52	-0.30
% ENE	12.05	11.08	12.57	12.04	8.57	6.39	4.99	4.84	6.55	7.63	6.27	9.12
MEAN	6.79	5.36	6.40	5.82	6.66	6.54	6.37	6.82	8.07	7.32	6.81	5.70
STD DEV	5.07	4.37	4.62	4.83	5.56	5.68	4.76	4.63	6.37	5.20	4.69	4.39
SKEW	-1.58	-0.65	-0.72	-1.84	-1.18	-0.73	-0.75	-1.17	-1.50	-0.37	-0.77	-0.86
% E	6.60	6.54	7.33	10.03	7.26	3.86	2.54	2.19	3.87	5.07	4.78	5.01
MEAN	5.22	4.42	5.27	5.07	5.11	4.55	4.58	5.79	6.56	5.99	5.76	4.38
STD DEV	4.00	4.00	4.33	4.31	4.67	3.88	3.94	4.04	4.79	4.16	3.75	3.25
SKEW	1.19	-0.08	-0.95	-0.23	.70	-0.20	-1.29	-1.08	-1.56	-0.14	-0.58	-0.27
% ESE	3.86	2.88	4.24	6.30	4.69	2.88	1.37	1.64	2.92	3.51	3.25	3.12
MEAN	3.55	2.79	3.22	3.98	3.31	2.84	3.30	3.77	4.95	4.57	4.79	3.73
STD DEV	3.16	2.75	3.08	3.43	3.26	2.86	2.77	3.29	3.98	3.54	3.47	2.97
SKEW	.60	1.49	1.63	1.30	-0.21	1.02	-1.29	-2.04	-1.78	-0.41	-0.17	.07
% SE	3.68	3.50	3.21	4.01	3.38	2.72	2.09	2.88	3.36	3.77	4.00	3.30
MEAN	3.77	2.05	3.26	2.79	2.65	2.77	3.01	3.45	5.11	4.79	4.81	3.57
STD DEV	3.06	2.00	2.62	2.52	2.91	2.63	2.77	3.44	4.01	3.54	4.01	3.04
SKEW	.94	-0.02	1.98	2.21	1.99	.67	-1.98	-0.99	-1.43	-0.95	-0.31	.78
% SSE	3.85	2.67	2.73	3.32	3.33	3.55	2.58	3.42	2.74	3.29	5.13	3.59
MEAN	3.60	2.59	2.37	2.51	2.31	3.03	3.17	4.76	5.77	5.01	5.13	3.81
STD DEV	3.72	2.15	2.53	2.30	2.06	3.51	3.40	4.27	4.58	4.54	4.56	3.51
SKEW	.91	-0.14	1.45	1.96	.83	-0.32	-0.36	-0.16	-1.60	-0.81	-0.05	1.19
% S	3.55	3.80	2.61	2.61	3.47	4.27	3.26	3.98	3.83	4.43	5.45	5.55
MEAN	4.12	3.17	2.36	2.42	2.26	3.81	4.04	5.25	6.92	6.96	5.59	4.65



RODEO VIEJO

STD DEV	3.61	3.10	2.69	2.81	1.86	3.84	4.01	4.19	5.72	5.95	4.60	3.94
SKEW	-0.29	.56	.62	1.13	.43	-0.43	-0.25	-1.60	-1.81	-0.47	.00	.71
% SSW	3.00	3.14	3.30	2.67	4.06	4.21	4.79	6.20	5.28	5.47	6.47	5.36
MEAN	4.78	3.14	3.20	2.64	2.38	4.41	5.59	6.43	8.61	7.82	7.43	4.97
STD DEV	4.17	4.00	3.42	2.73	2.26	4.62	5.25	5.74	5.98	5.89	6.01	4.48
SKEW	.03	.87	.15	.45	1.55	-0.77	-1.88	-2.01	-1.89	-0.65	.09	.54
% SW	4.18	3.48	4.69	3.67	7.16	6.32	7.52	12.07	6.08	7.79	5.76	4.16
MEAN	5.49	4.66	4.52	4.20	3.95	4.87	7.19	9.38	8.50	8.75	8.56	4.88
STD DEV	4.69	5.11	4.75	3.93	3.98	5.12	6.47	6.88	6.92	6.35	7.17	5.17
SKEW	.71	1.90	-1.42	-0.42	.33	1.42	-0.81	-1.62	-2.15	-0.73	.23	.89
% WSW	2.39	2.26	2.11	4.13	3.98	3.93	5.83	6.70	3.14	3.65	3.12	3.27
MEAN	4.45	4.48	3.55	4.86	5.23	3.99	5.30	7.41	5.20	5.70	6.01	3.83
STD DEV	4.71	4.38	4.93	4.87	5.25	4.92	5.40	6.50	4.84	5.52	6.34	4.21
SKEW	.98	1.33	.58	-0.05	.28	-1.40	-1.08	.52	.52	.25	.14	-0.16
% W	1.42	1.27	1.22	1.73	2.06	2.23	3.44	2.40	1.71	1.16	1.83	1.55
MEAN	3.36	3.35	2.19	3.00	2.65	2.66	3.02	4.82	4.34	3.58	3.42	2.79
STD DEV	4.06	4.11	2.21	3.13	2.81	3.77	2.96	4.12	4.71	4.26	3.56	2.88
SKEW	.77	2.17	-0.53	.03	1.19	-0.42	-0.88	.07	1.00	-0.02	-0.02	1.11
% WNW	1.25	1.51	1.39	2.30	2.33	2.77	3.60	1.70	1.53	1.06	1.81	1.96
MEAN	3.25	4.33	2.19	2.91	2.84	3.15	3.53	3.76	4.92	4.42	3.54	2.99
STD DEV	3.50	5.18	2.64	3.08	3.06	5.12	2.95	2.79	4.48	3.25	3.96	3.45
SKEW	-1.25	.73	.33	-0.02	-0.48	.42	-1.01	-1.32	-1.36	1.12	-0.58	1.71
% NW	2.68	2.62	2.36	3.34	4.00	5.56	5.28	4.34	3.30	2.11	3.07	3.23
MEAN	3.73	2.86	2.38	2.57	2.84	2.58	3.14	4.27	5.62	3.47	3.23	3.01
STD DEV	3.70	3.55	2.24	1.92	2.18	2.25	2.72	3.82	6.73	3.42	2.33	2.84
SKEW	-0.03	-1.38	.84	-1.11	-1.09	-0.61	-1.22	-1.91	-0.99	-0.40	-0.26	.47
% NNW	3.25	3.00	2.60	3.01	4.02	6.45	6.44	5.53	4.81	2.26	2.74	2.61
MEAN	3.34	2.62	2.43	2.93	3.04	2.72	3.14	3.72	4.49	4.68	3.52	2.79
STD DEV	2.84	2.26	2.45	1.85	2.61	2.17	1.78	2.45	4.15	5.23	2.82	2.03
SKEW	-0.95	.11	1.93	1.58	1.68	-1.77	-1.42	-2.21	-1.44	.92	-0.03	.35
CALM	0.68	5.80	4.14	5.31	5.52	3.88	4.01	1.27	0.75	0.72	0.25	0.56



Tabla 2.3. Eventos considerados en la aplicación del modelo WEPP, pendiente Pozo del Carril.

CICLO	EVENTO			
	I	II	III	IV
2000 - 2001	7/1/2001 Pp = 39,2 mm Dur = 8,25 h Imáx = 68 mm/h %Tp = 3	26/1/2001 Pp = 39,4 mm Dur = 5,25 h Imáx = 39,2 mm/h %Tp = 5	11/3/2001 Pp = 20 mm Dur = 2,5 h Imáx = 18,4 mm/h %Tp = 20	21/3/2001 Pp = 36,8 mm Dur = 3,25 h Imáx = 41,6 mm/h %Tp = 31
2001 - 2002	20/12/2001 Pp = 35,4 mm Dur = 2,5 h Imáx = 55,2 mm/h %Tp = 10	16/2/2002 Pp = 31,4 mm Dur = 5,75 h Imáx = 28,8 mm/h %Tp = 30	17/3/2002 Pp = 20,4 mm Dur = 6 h Imáx = 23,2 mm/h %Tp = 70	9/4/2002 Pp = 66,8 mm Dur = 21,5 h Imáx = 71,2 mm/h %Tp = 6
2002 - 2003	15/11/2002 Pp = 62,8 mm Dur = 3,5 h Imáx = 72 mm/h %Tp = 64	15/12/2002 Pp = 35 mm Dur = 1,75 h Imáx = 63,2 mm/h %Tp = 14	21/1/2003 Pp = 23,4 mm Dur = 6 h Imáx = 40,8 mm/h %Tp = 30	10/2/2003 Pp = 31 mm Dur = 2,25 h Imáx = 52 mm/h %Tp = 11

Pp=precipitación, Dur=duración de la tormenta, Imax=intensidad máxima y %Tp=porcentaje al pico de la tormenta.



Tabla 2.4. Eventos considerados en la aplicación del modelo WEPP, pendiente El Vertedero.

CICLO	EVENTO			
	I	II	III	IV
1999 - 2000	18/12/1999 Pp = 42,4 mm Dur = 6,75 h Imáx = 15,2 mm/h %Tp = 22	27/12/1999 Pp = 63,4 mm Dur = 11 h Imáx = 19,2 mm/h %Tp = 7	10/1/2000 Pp = 50,4 mm Dur = 6,5 h Imáx = 68,8 mm/h %Tp = 8	19/2/2000 Pp = 80,6 mm Dur = 24 h Imáx = 98,4 mm/h %Tp = 96
2000 - 2001	7/1/2001 Pp = 39,2 mm Dur = 8,25 h Imáx = 68 mm/h %Tp = 3	26/1/2001 Pp = 39,4 mm Dur = 5,25 h Imáx = 39,2 mm/h %Tp = 5	11/3/2001 Pp = 20 mm Dur = 2,5 h Imáx = 18,4 mm/h %Tp = 20	21/3/2001 Pp = 36,8 mm Dur = 3,25 h Imáx = 41,6 mm/h %Tp = 31
2001 - 2002	20/12/2001 Pp = 35,4 mm Dur = 2,5 h Imáx = 55,2 mm/h %Tp = 10	16/2/2002 Pp = 31,4 mm Dur = 5,75 h Imáx = 28,8 mm/h %Tp = 30	17/3/2002 Pp = 20,4 mm Dur = 6 h Imáx = 23,2 mm/h %Tp = 70	9/4/2002 Pp = 66,8 mm Dur = 21,5 h Imáx = 71,2 mm/h %Tp = 6
2002 - 2003	15/11/2002 Pp = 62,8 mm Dur = 3,5 h Imáx = 72 mm/h %Tp = 64	15/12/2002 Pp = 35 mm Dur = 1,75 h Imáx = 63,2 mm/h %Tp = 14	21/1/2003 Pp = 23,4 mm Dur = 6 h Imáx = 40,8 mm/h %Tp = 30	10/2/2003 Pp = 31 mm Dur = 2,25 h Imáx = 52 mm/h %Tp = 11

Pp=precipitación, Dur=duración de la tormenta, Imáx=intensidad máxima y %Tp=porcentaje al pico de la tormenta.



Tabla 2.5. Archivo de pendiente, siembra directa con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	0,93
2	20	0,93
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.6. Archivo de pendiente, siembra directa sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	0,90
2	20	0,90
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.7. Archivo de pendiente, siembra directa con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	0,93
2	20	0,93
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.8. Archivo de pendiente, siembra directa sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	0,90
2	20	0,90
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.9. Archivo de pendiente, labranza reducida con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,12
2	20	1,12
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

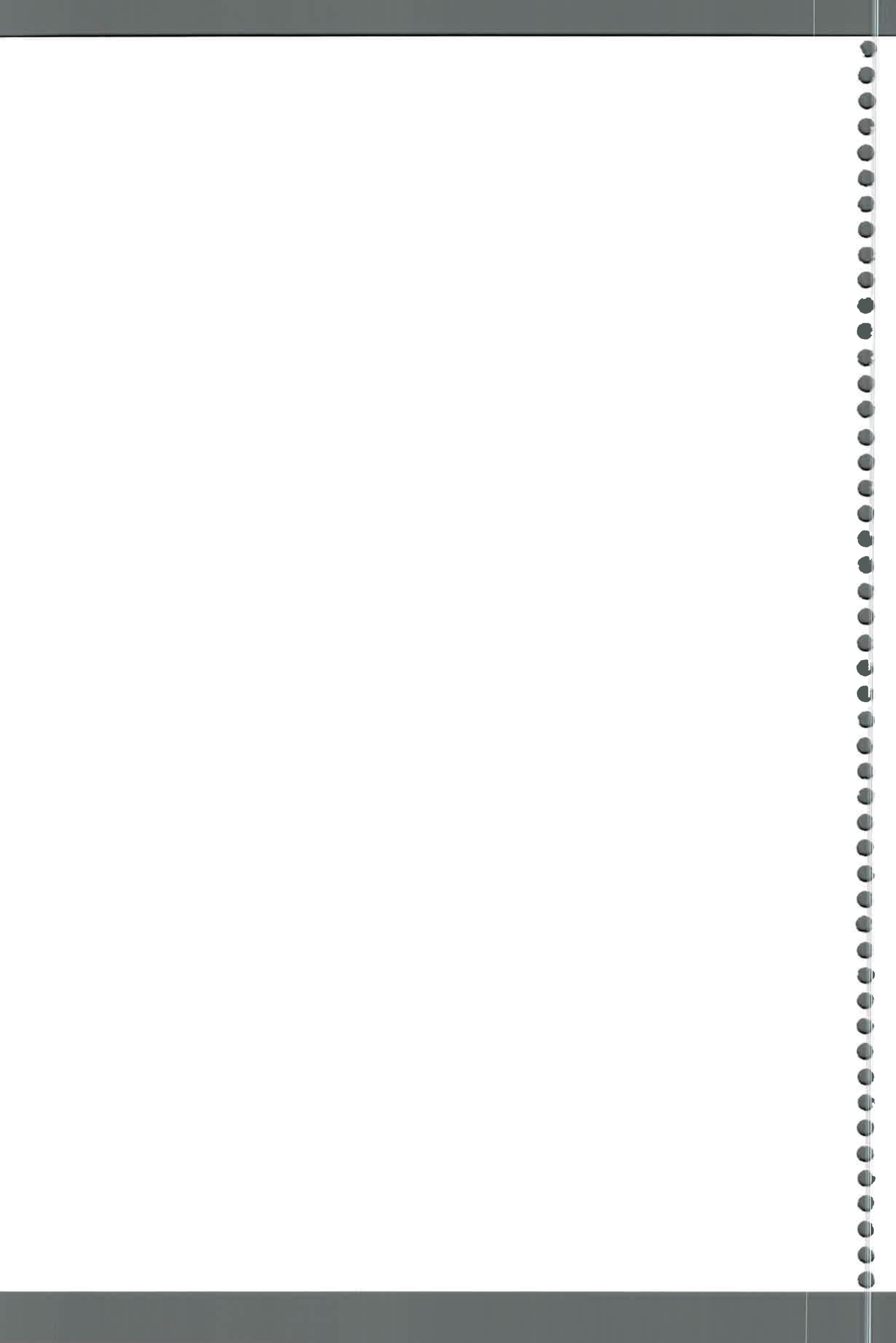


Tabla 2.10. Archivo de pendiente, labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,22
2	20	1,22
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.11. Archivo de pendiente, labranza reducida con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,12
2	20	1,12
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.12. Archivo de pendiente, labranza reducida sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,22
2	20	1,22
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.13. Archivo de pendiente, labranza convencional con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,37
2	20	1,37
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.14. Archivo de pendiente, labranza convencional sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,49
2	20	1,49
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1



Tabla 1.15. Archivo de pendiente. Labranza convencional con fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,37
2	20	1,37
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.16. Archivo de pendiente, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,49
2	20	1,49
Orientación de la pendiente [Grados]		280
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.17. Archivo de pendiente, sección loma plana, pendiente El Vertedero.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	0,4
2	20	0,4
Orientación de la pendiente [Grados]		100
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.18. Archivo de pendiente, sección loma alta, pendiente El Vertedero.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	2,6
2	20	2,6
Orientación de la pendiente [Grados]		100
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.19. Archivo de pendiente, sección loma media, pendiente El Vertedero.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	2,7
2	20	2,7
Orientación de la pendiente [Grados]		100
Ancho del perfil [m]		1

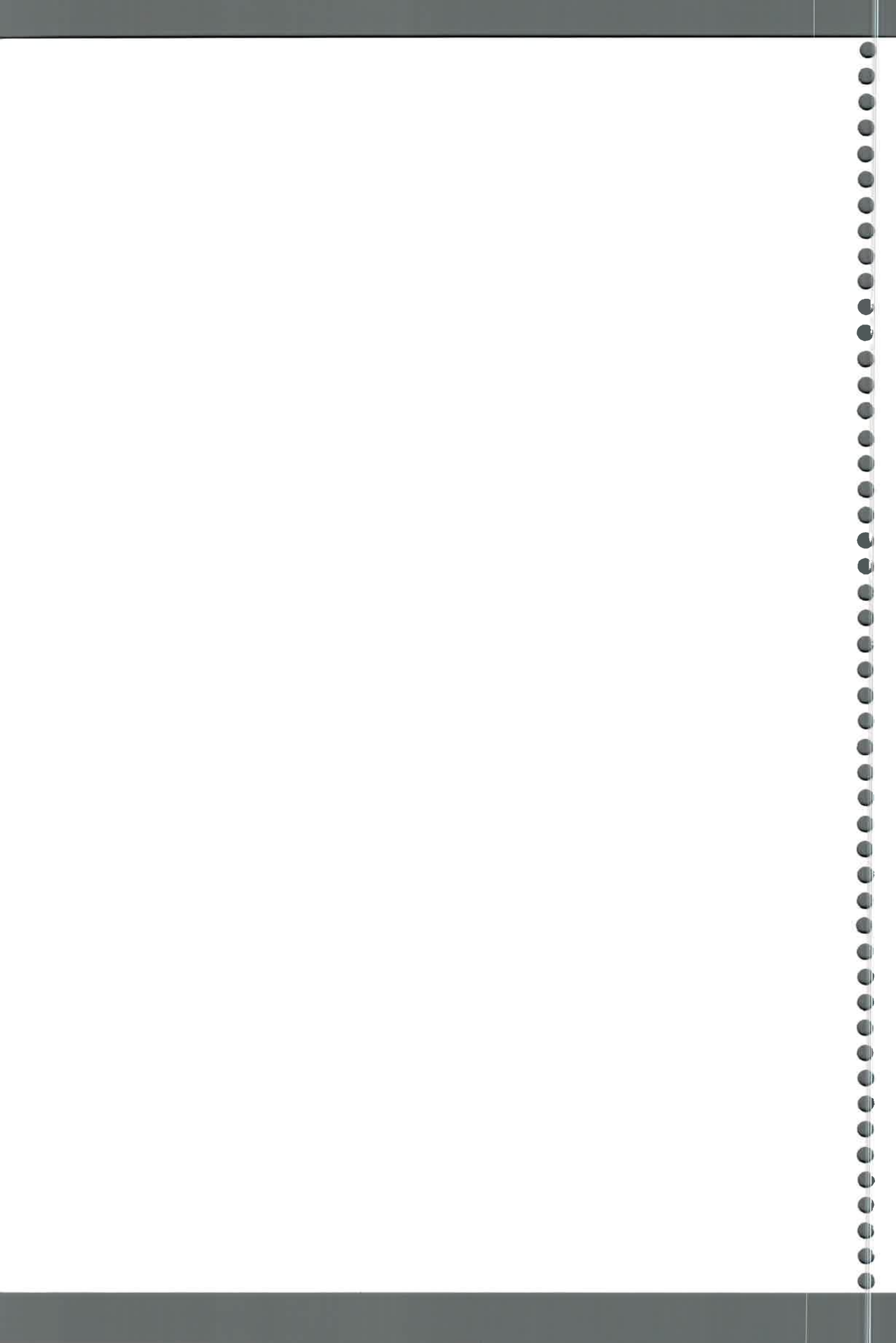


Tabla 2.20. Archivo de pendiente, sección loma baja, pendiente El Vertedero.

Punto pendiente	Distancia [m]	Gradiente [%]
1	0	1,8
2	20	1,8
Orientación de la pendiente [Grados]		100
Ancho del perfil [m]		1

Tabla 2.21. Archivo de suelo, siembra directa con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo	36 [%]				
Nivel de saturación	70 [%]				
Erobabilidad laminar	10412000 [kg.s/m ⁻⁴]				
Erobabilidad en surco	0,018 [s.m]				
Corte crítico	1,826 [Pa]				
Conductividad hidráulica efectiva	13,83 [mm/h]				
Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	80	56,6	22,8	1,290	10,7
2	140	62,7	12,3	0,963	11,7
3	290	61,4	12,5	0,912	11,8
4	410	60,9	14,8	1,238	12,6
5	650	61,9	12,9	0,413	12,9
6	850	56,4	14,5	0,206	12,4

Tabla 2.22. Archivo de suelo, siembra directa sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo	28 [%]				
Nivel de saturación	70 [%]				
Erobabilidad laminar	10412000 [kg.s/m ⁻⁴]				
Erobabilidad en surco	0,015 [s.m]				
Corte crítico	1,520 [Pa]				
Conductividad hidráulica efectiva	11,62 [mm/h]				
Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	80	50,4	18,0	1,909	11,8
2	140	62,7	12,3	0,894	13,1
3	290	61,4	12,5	0,980	13,2
4	410	65,4	14,8	1,238	12,6
5	650	61,9	12,9	0,413	12,9
6	850	56,4	14,5	0,206	12,4

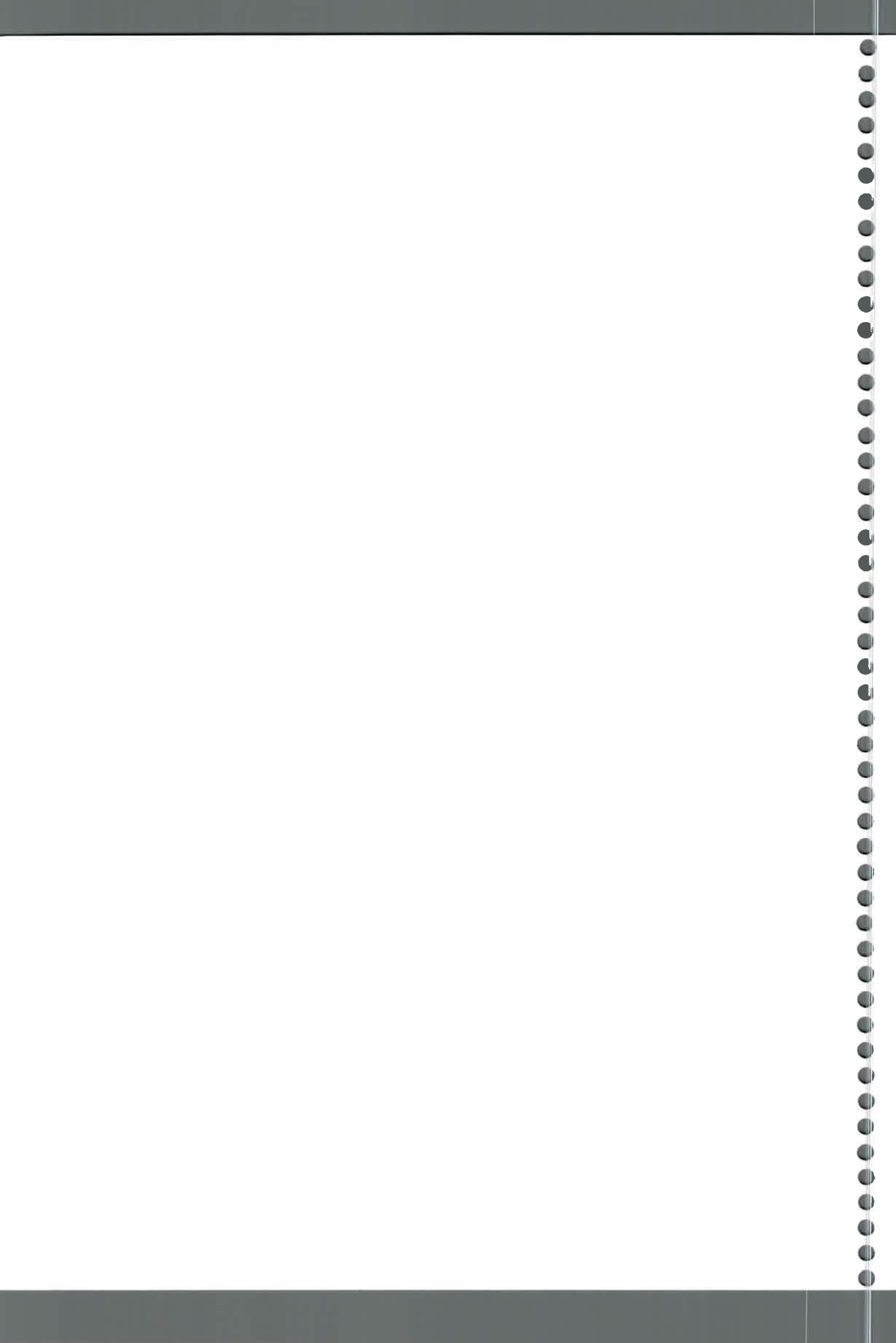


Tabla 2.23. Archivo de suelo, siembra directa con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					32 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁴]
Erobabilidad en surco					0,016 [s.m]
Corte crítico					1,458 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					12,35 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	80	52,9	17,0	1,582	11,8
2	140	62,7	12,3	1,462	12,6
3	290	61,4	12,5	1,101	12,4
4	410	60,9	14,8	1,238	12,6
5	650	61,9	12,9	0,413	12,9
6	850	56,4	14,5	0,206	12,4

Tabla 2.24. Archivo de suelo, siembra directa sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					32 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁴]
Erobabilidad en surco					0,016 [s.m]
Corte crítico					1,137 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					13,49 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	80	56,1	12,1	1,548	13,1
2	140	62,1	12,3	1,290	11,3
3	290	61,4	12,5	1,359	11,3
4	410	60,9	14,8	1,238	12,9
5	650	61,9	12,9	0,413	11,2
6	850	56,4	14,5	0,206	11,0

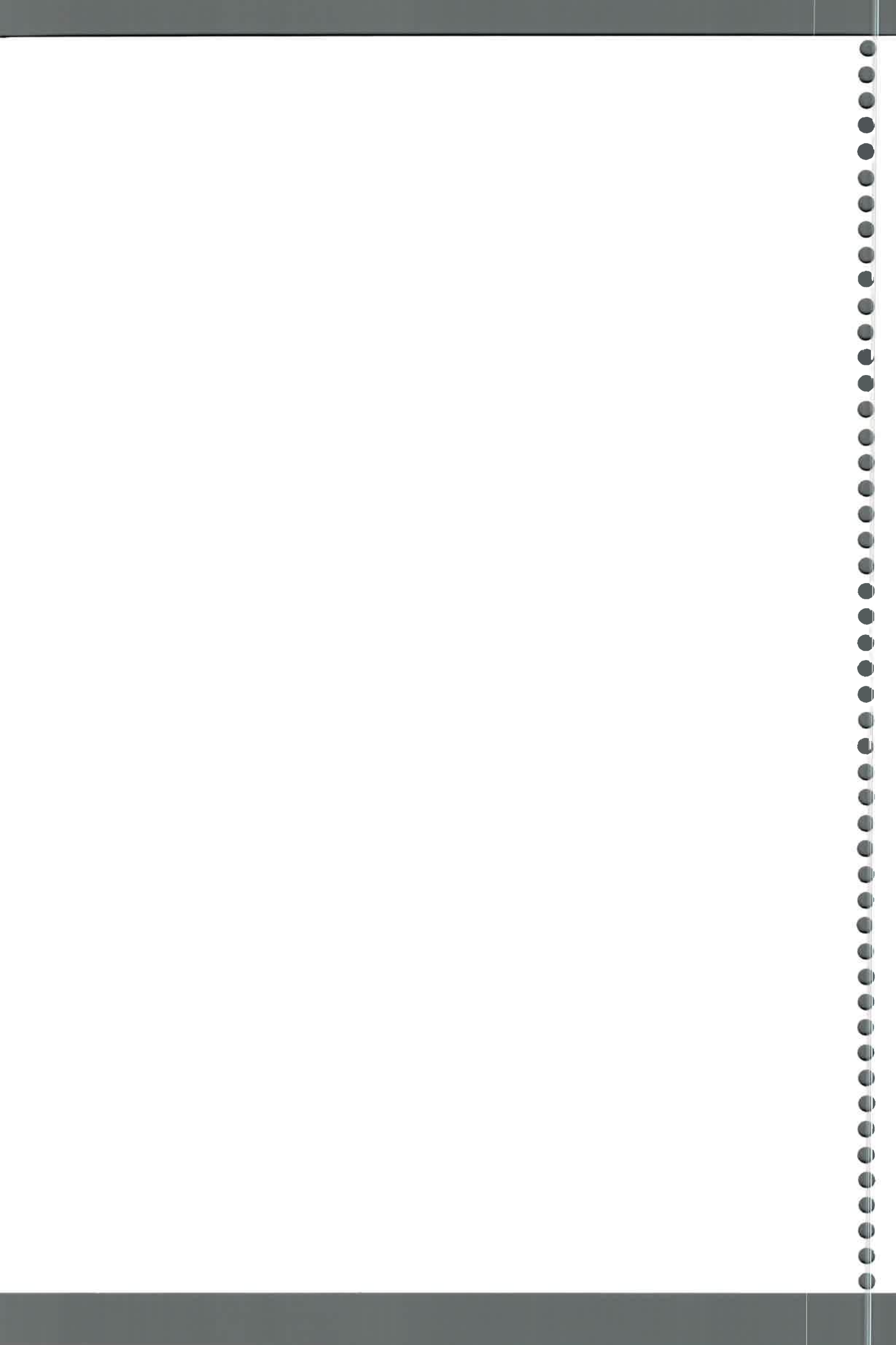


Tabla 2.25. Archivo de suelo, labranza reducida con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo	32 [%]				
Nivel de saturación	70 [%]				
Erobabilidad laminar	10412000 [kg.s/m ⁴]				
Erobabilidad en surco	0,016 [s.m]				
Corte crítico	1,634 [Pa]				
Conductividad hidráulica efectiva	11,95 [mm/h]				
Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	140	51,1	19,8	1,600	10,6
2	310	61,4	12,5	1,256	10,6
3	420	60,9	14,8	1,238	12,9
4	650	61,9	12,9	0,413	11,2
5	850	56,4	14,5	0,206	11,0

Tabla 2.26. Archivo de suelo, labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo	30 [%]				
Nivel de saturación	70 [%]				
Erobabilidad laminar	10412000 [kg.s/m ⁴]				
Erobabilidad en surco	0,016 [s.m]				
Corte crítico	1,675 [Pa]				
Conductividad hidráulica efectiva	14,24 [mm/h]				
Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	140	57,8	20,4	1,720	12,4
2	310	61,4	12,5	1,101	13,5
3	420	60,9	14,8	1,238	12,9
4	650	61,9	12,9	0,413	11,2
5	850	56,4	14,5	0,206	11,0

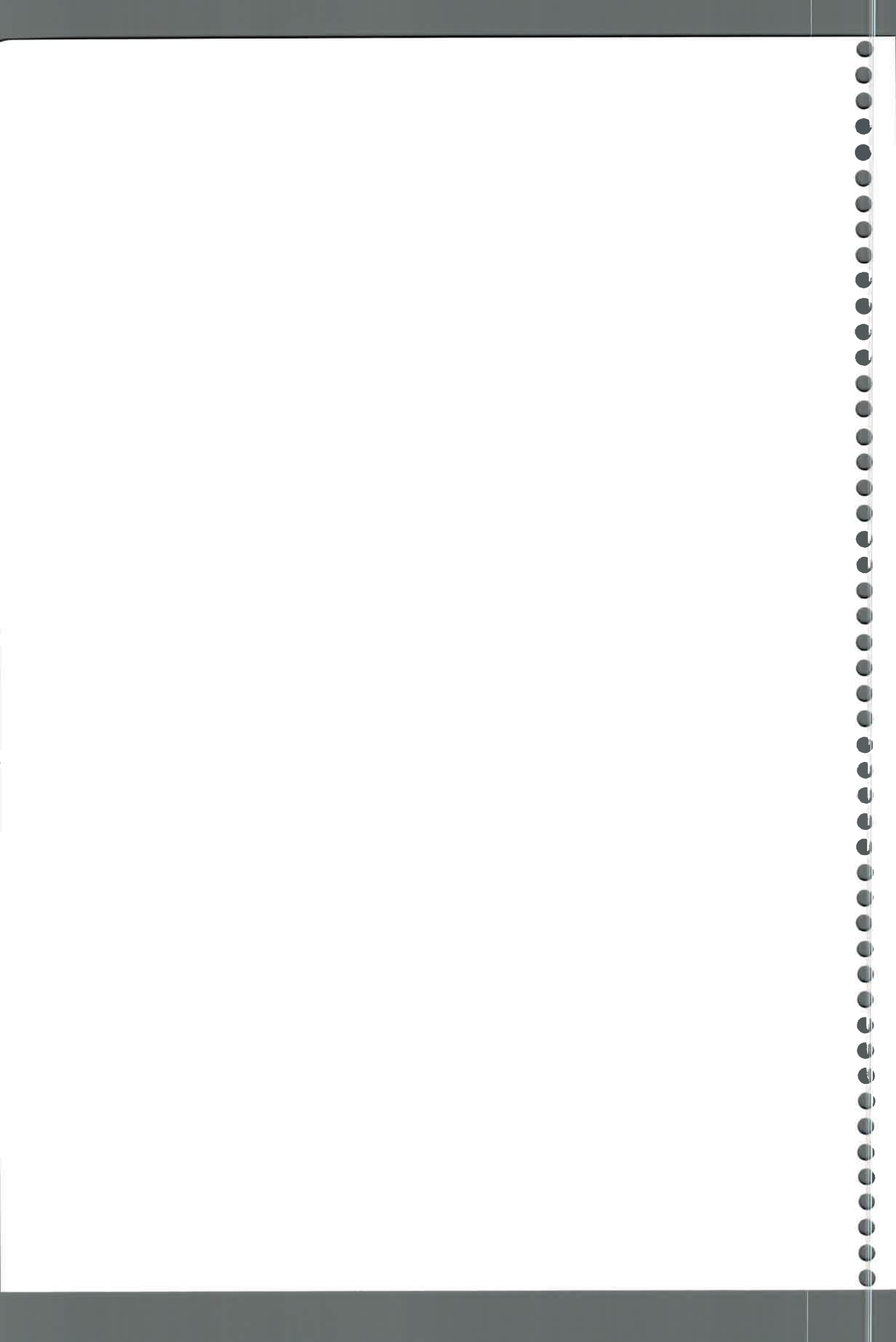


Tabla 2.27. Archivo de suelo, labranza reducida con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					34 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁴]
Erobabilidad en surco					0,017 [s.m]
Corte crítico					1,448 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					13,65 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	140	55,1	16,9	1,445	9,1
2	310	61,4	12,5	0,808	9,6
3	420	60,9	14,8	0,894	12,9
4	650	61,9	12,9	0,413	11,2
5	850	56,4	14,5	0,206	11,0

Tabla 2.28. Archivo de suelo, labranza reducida sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					29 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁴]
Erobabilidad en surco					0,015 [s.m]
Corte crítico					1,448 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					12,69 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	140	53,3	21,2	1,789	12,0
2	310	61,4	12,5	0,774	13,1
3	420	60,9	14,8	0,860	13,2
4	650	61,9	12,9	0,396	12,9
5	800	56,4	14,5	0,206	12,4



Tabla 2.29. Archivo de suelo, labranza convencional con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					33 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁴]
Erobabilidad en surco					0,017 [s.m]
Corte crítico					1,497 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					11,49 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	150	49,7	17,6	1,479	10,1
2	300	60,6	14,4	1,531	11,0
3	430	60,2	13,3	1,238	12,9
4	660	60,3	12,4	0,413	11,2
5	850	56,4	13,5	0,206	11,0

Tabla 2.30. Archivo de suelo, labranza convencional sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					34 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁴]
Erobabilidad en surco					0,017 [s.m]
Corte crítico					1,543 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					9,76 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	150	45,3	18,4	1,393	11,8
2	300	60,6	14,4	1,221	11,4
3	430	60,2	13,3	1,238	12,9
4	660	60,3	12,4	0,413	11,2
5	850	56,4	13,5	0,206	11,0



Tabla 2.31. Archivo de suelo, labranza convencional con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo	28 [%]				
Nivel de saturación	70 [%]				
Erobabilidad laminar	10412000 [kg.s/m ⁴]				
Erobabilidad en surco	0,015 [s.m]				
Corte crítico	1,595 [Pa]				
Conductividad hidráulica efectiva	10,81 [mm/h]				

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	150	45,3	18,4	1,393	11,8
2	300	60,6	14,4	1,221	11,4
3	430	60,2	13,3	1,238	12,9
4	660	60,3	12,4	0,413	11,2
5	850	56,4	13,5	0,206	11,0

Tabla 2.32. Archivo de suelo, labranza convencional sin fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

Textura	Franco arenosa				
Albedo	31 [%]				
Nivel de saturación	70 [%]				
Erobabilidad laminar	10412000 [kg.s/m ⁴]				
Erobabilidad en surco	0,016 [s.m]				
Corte crítico	1,092 [Pa]				
Conductividad hidráulica efectiva	14,19 [mm/h]				

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	150	57,8	11,4	1,634	12,7
2	300	60,6	14,4	1,600	12,5
3	430	60,2	13,3	1,238	12,9
4	660	60,3	12,4	0,619	11,2
5	850	56,4	13,5	0,206	11,0

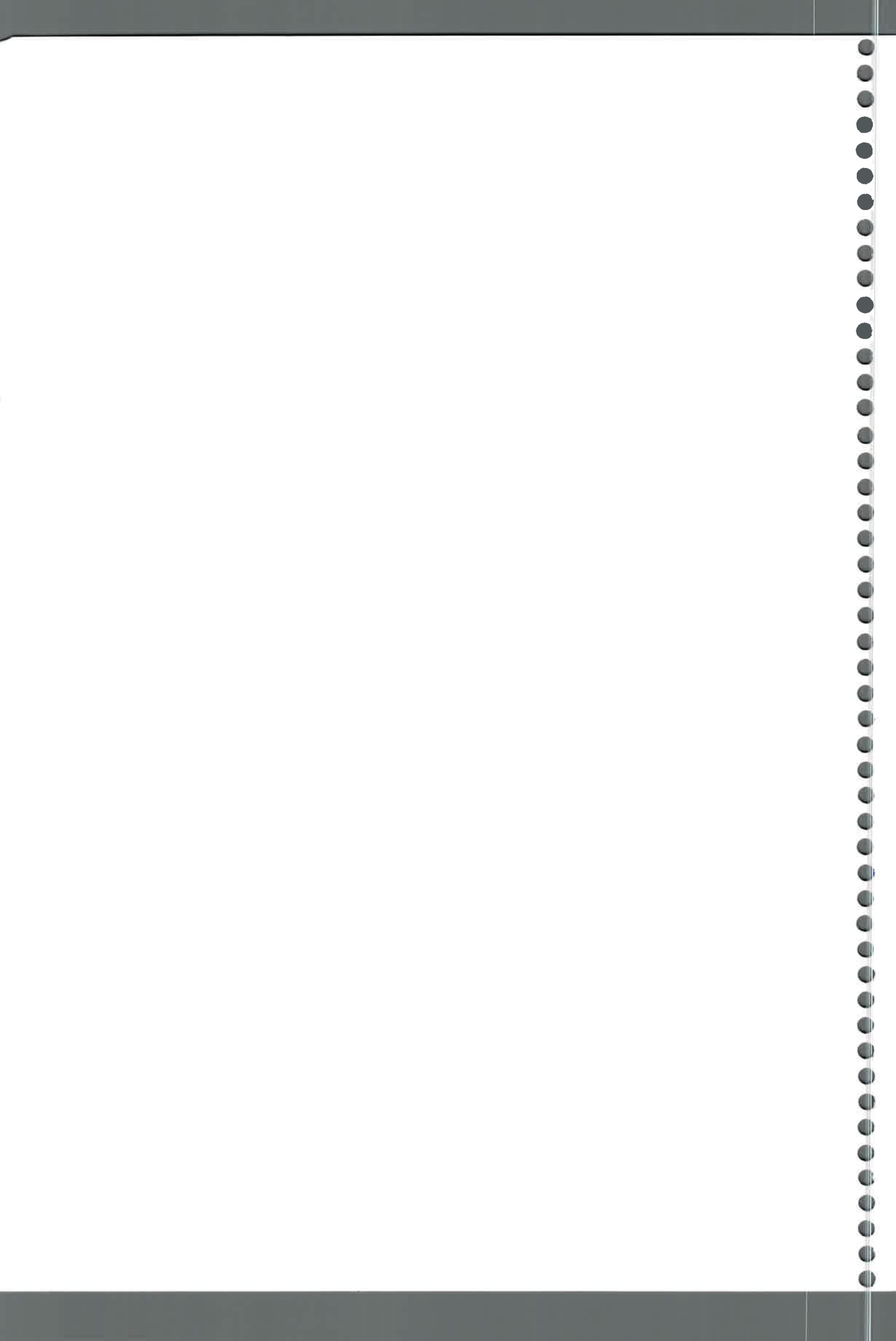


Tabla 2.33. Archivo de suelo, sección loma plana, pendiente El Vertedero.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					31 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar				10412000 [kg.s/m ⁴]	
Erobabilidad en surco				0,016 [s.m]	
Corte crítico				1,259 [Pa]	
Conductividad hidráulica efectiva				15,36 [mm/h]	

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	80	60,0	14,0	1,668	10,4
2	190	61,2	12,5	1,617	10,0
3	300	60,2	12,9	1,565	11,9
4	400	64,5	11,4	1,187	10,6
5	600	67,0	10,2	0,998	10,0

Tabla 2.34. Archivo de suelo, sección loma alta, pendiente El Vertedero.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					31 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar				10412000 [kg.s/m ⁴]	
Erobabilidad en surco				0,016 [s.m]	
Corte crítico				1,246 [Pa]	
Conductividad hidráulica efectiva				16,53 [mm/h]	

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	80	62,8	13,8	1,668	10,4
2	190	61,2	12,5	1,617	10,0
3	300	60,2	12,9	1,565	11,9
4	400	64,5	11,4	1,187	10,6
5	600	70,0	10,2	0,998	10,0

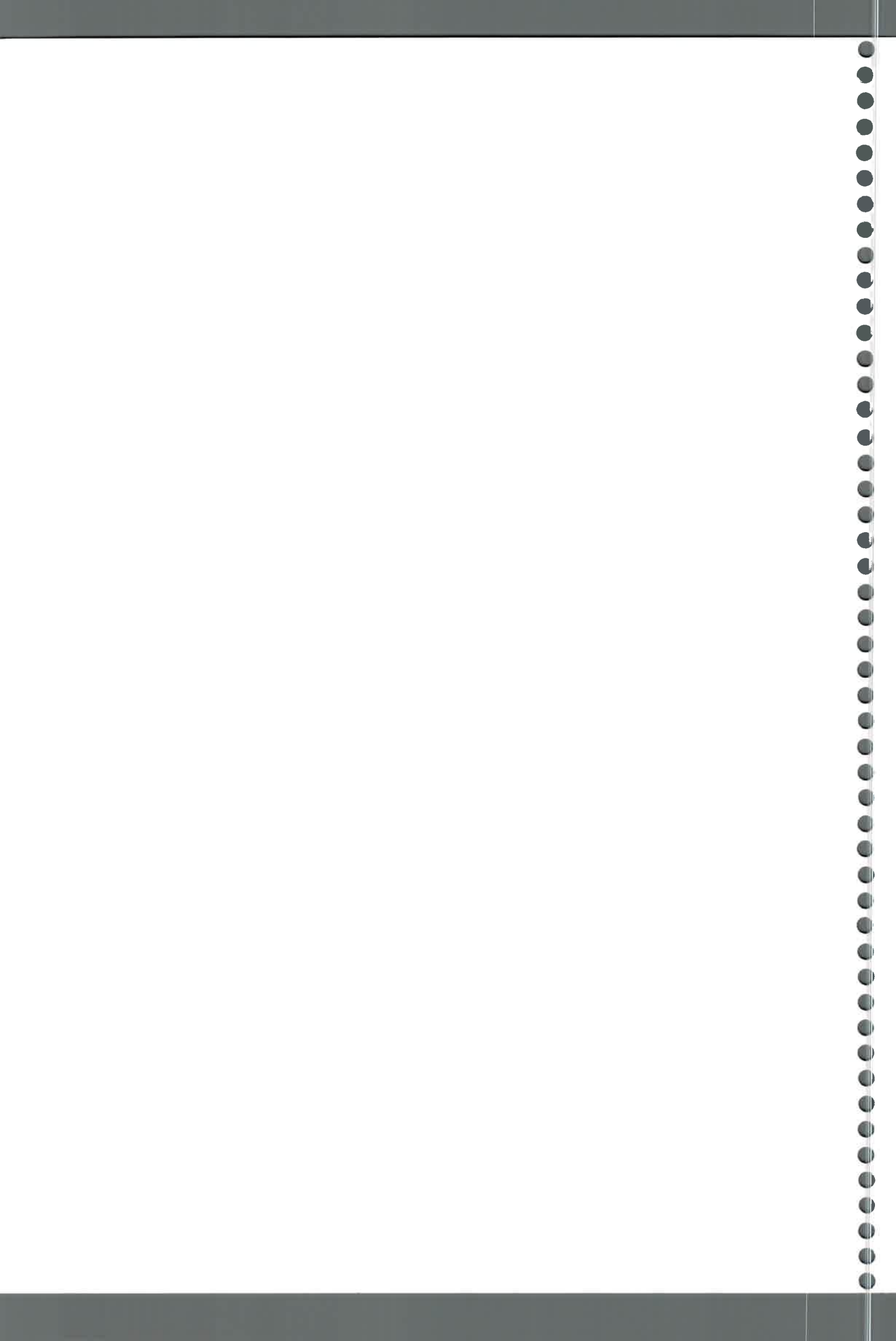


Tabla 2.35. Archivo de suelo, sección loma media, pendiente El Vertedero.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					26 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁻⁴]
Erobabilidad en surco					0,015 [s.m]
Corte crítico					1,335 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					15,15 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	120	59,8	15,1	2,081	11,4
2	300	60,0	13,7	1,651	11,9
3	420	63,6	12,0	1,565	10,9
4	620	66,9	10,2	1,118	10,6

Tabla 2.36. Archivo de suelo, sección loma baja, pendiente El Vertedero.

Textura	Franco arenosa				
Albedo					23 [%]
Nivel de saturación					70 [%]
Erobabilidad laminar					10412000 [kg.s/m ⁻⁴]
Erobabilidad en surco					0,014 [s.m]
Corte crítico					1,229 [Pa]
Conductividad hidráulica efectiva					17,69 [mm/h]

Horizonte	Profundidad [mm]	Arena [%]	Arcilla [%]	Materia orgánica [%]	CIC [meq/100 g]
1	120	65,9	13,5	2,391	11,7
2	300	59,6	14,0	1,754	11,9
3	420	63,5	12,0	1,601	10,9
4	620	69,9	10,2	1,135	10,6



Tabla 2.37. Archivo manejo y plantas, condición inicial, siembra directa con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,23	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	50	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	50	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.38. Archivo manejo y plantas, condición inicial, siembra directa sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,36	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	40	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	20	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	20	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m



Tabla 2.39. Archivo manejo y plantas, condición inicial, siembra directa con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,24	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	50	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	10	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	10	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.40. Archivo manejo y plantas, condición inicial, siembra directa sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,24	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	35	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	5	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	5	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

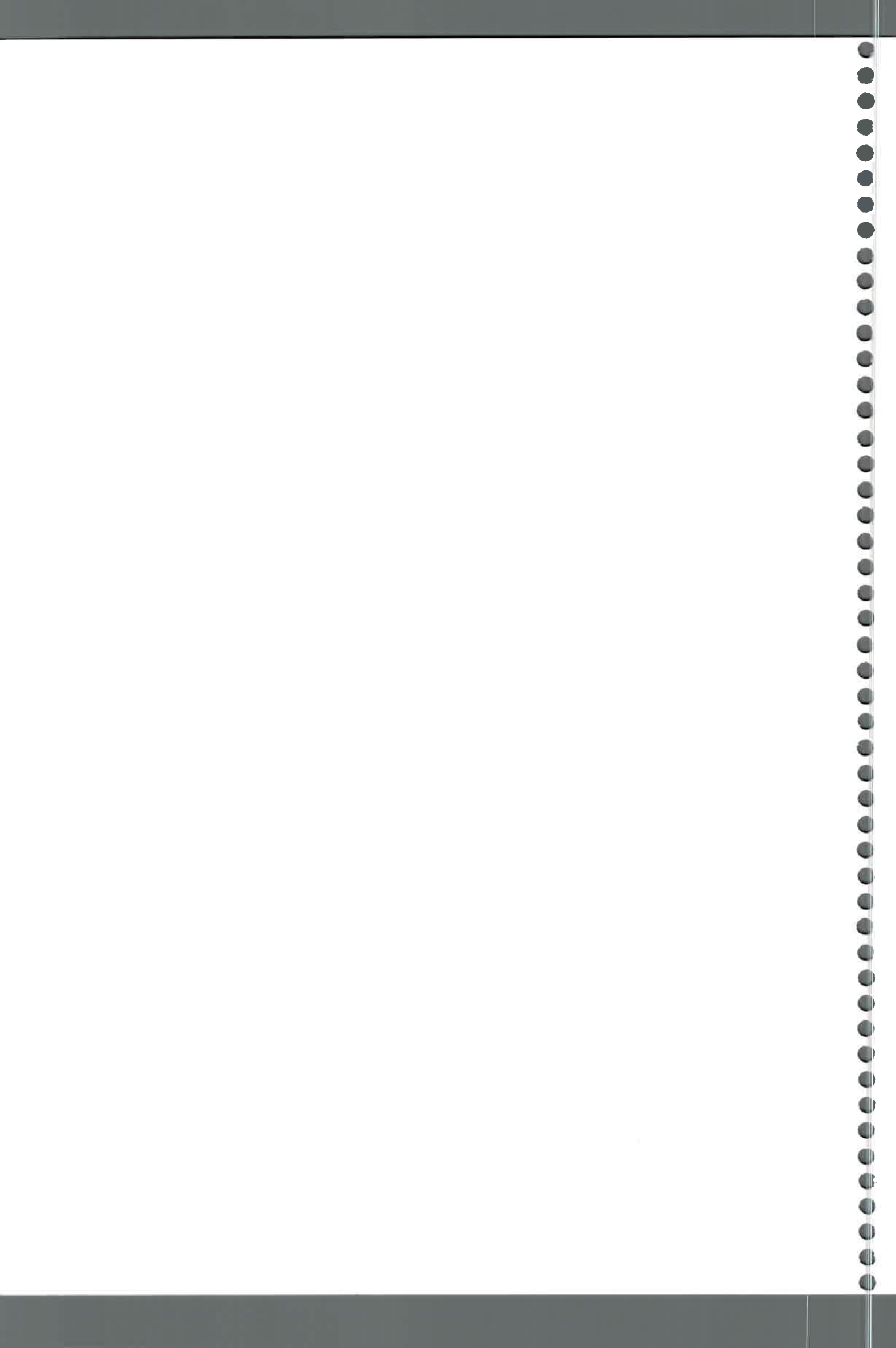


Tabla 2.41. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,27	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	10	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	10	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	2000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.42. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,22	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	50	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	8	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	8	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	2000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

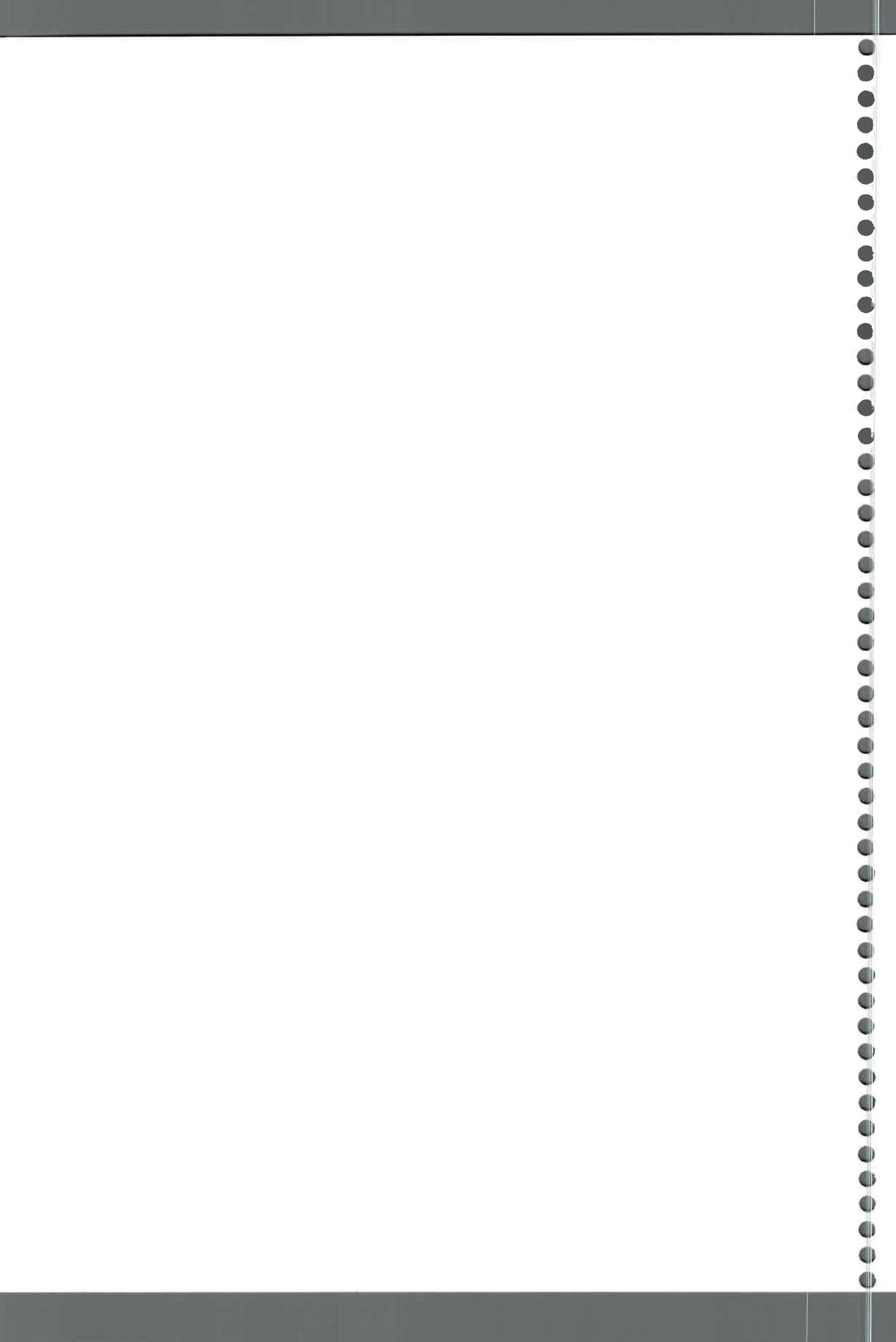


Tabla 2.43. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,30	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	8	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	8	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	1500	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.44. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza reducida sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,38	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	50	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	5	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	5	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	1500	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

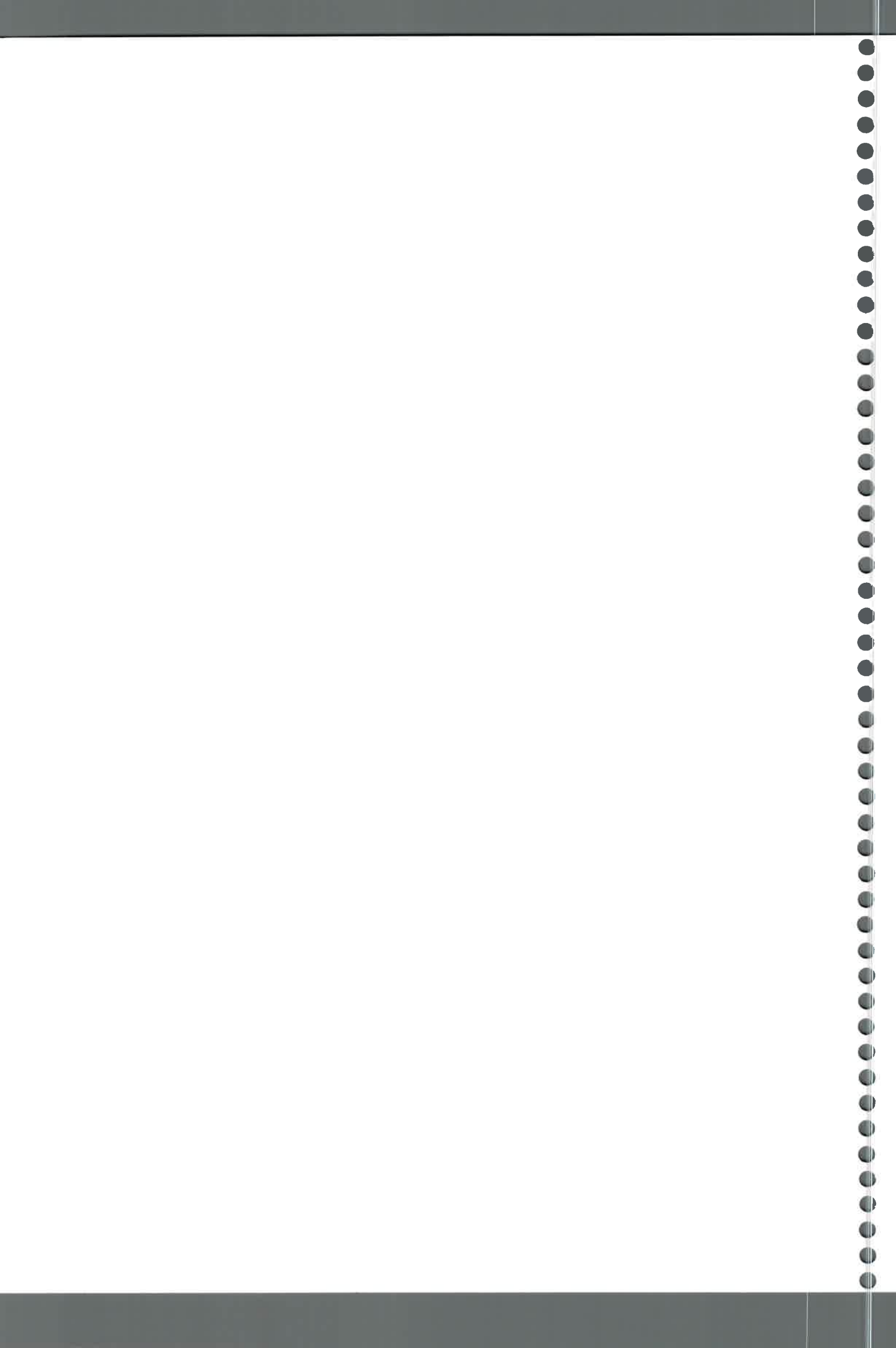


Tabla 2.45. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional con fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,30	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	8	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	8	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	1500	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.46. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional sin fertilización y sin pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,34	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	5	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	5	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	1500	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

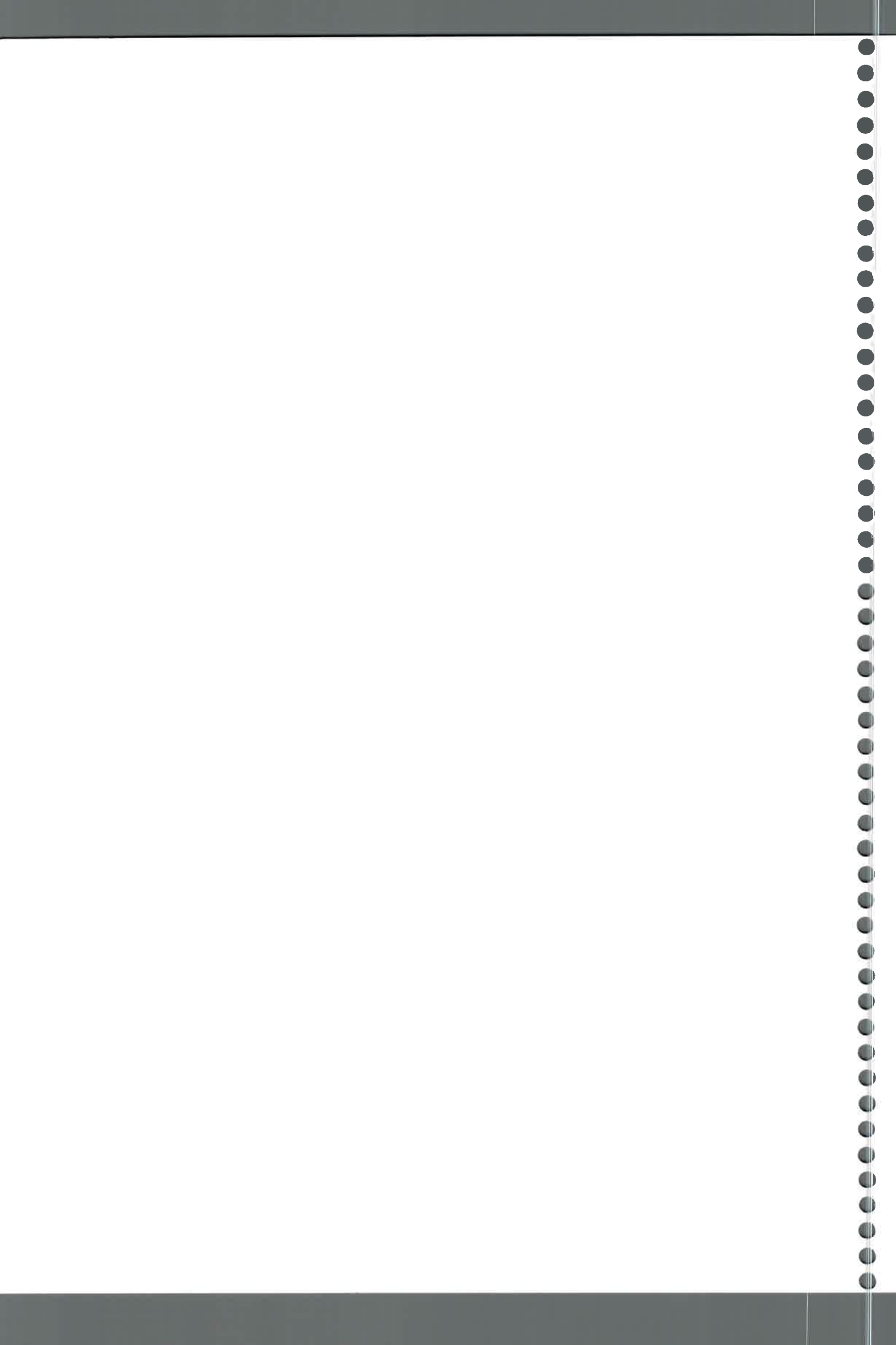


Tabla 2.47. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional con fertilización y pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,37	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	5	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	5	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	1200	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.48. Archivo manejo y plantas, condición inicial, labranza convencional sin fertilización y con pastoreo, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Maíz	-
Densidad aparente	1,39	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	55	%
Días desde la última labranza	58	días
Días desde la última cosecha	290	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	3	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	273	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	3	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	1200	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	2	cm
Profundidad labor primaria	15	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

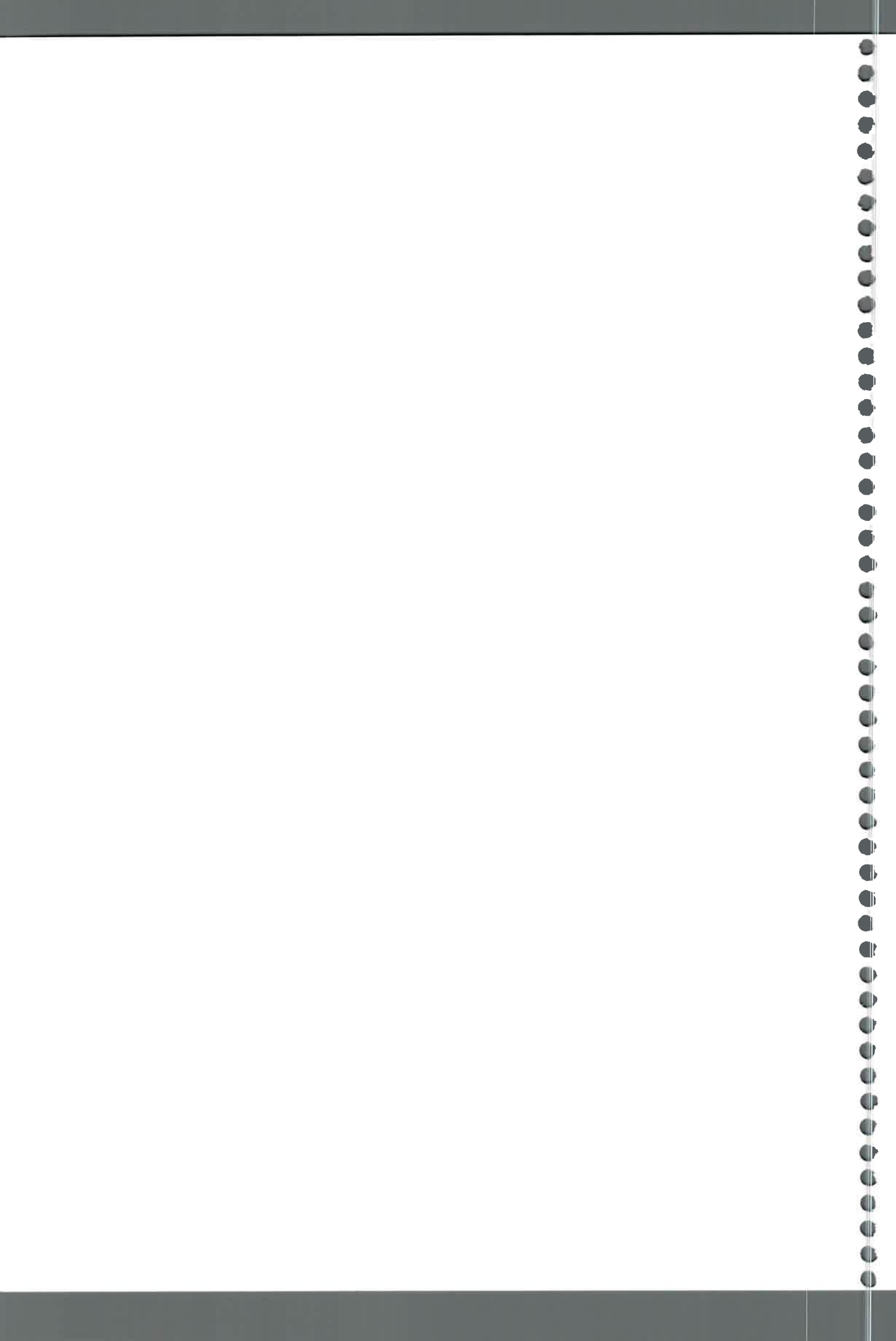


Tabla 2.49. Archivo manejo y plantas, condición inicial, sección loma plana, pendiente El Vertedero.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Soja	-
Densidad aparente	1,38	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	35	%
Días desde la última labranza	43	días
Días desde la última cosecha	210	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	10	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	226	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	10	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.50. Archivo manejo y plantas, condición inicial, sección media loma alta, pendiente El Vertedero.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Soja	-
Densidad aparente	1,33	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	35	%
Días desde la última labranza	43	días
Días desde la última cosecha	210	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	10	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	226	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	10	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m



Tabla 2.51. Archivo manejo y plantas, condición inicial, sección loma media, pendiente El Vertedero.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Soja	-
Densidad aparente	1,34	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	35	%
Días desde la última labranza	43	días
Días desde la última cosecha	210	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	10	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	226	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	10	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m

Tabla 2.52. Archivo manejo y plantas, condición inicial, sección loma baja, pendiente El Vertedero.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Cultivo inicial	Soja	-
Densidad aparente	1,37	[g/cm ³]
Cobertura inicial del canopeo	35	%
Días desde la última labranza	43	días
Días desde la última cosecha	210	días
Profundidad congelamiento	0	cm
Cobertura entre surco	10	%
Residuo inicial de cultivo	Anual	-
Precipitación acumulada	226	mm
Altura inicial de surco / de la ondulación	2	cm
Cobertura inicial del surco	10	%
Rugosidad inicial del surco	2	cm
Espaciamiento del surco	7000	cm
Tipo de surco	Temporario	-
Profundidad inicial de la nieve	0	cm
Profundidad labor secundaria	0	cm
Profundidad labor primaria	5	cm
Ancho inicial del surco	0	cm
Masa total de raíces muertas	0	kg/sq.m
Masa inicial de residuo enterrado	0	kg/sq.m



Tabla 2.53. Base de datos del cultivo de girasol (*Helianthus annuus*), pendiente Pozo del Carril.

Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha	Valor	Unidad
Relación de la energía de la biomasa	15	Kg/MJ
Grados / días para la emergencia	60	°C/días
Grados / días para la estación de crecimiento	1450	°C/días
Espaciamiento de las plantas en el surco	13	cm
Diámetro de las plantas en madurez	3,2	cm
Altura del residuo post cosecha	61	cm
Índice de cosecha	50	%
Parámetros de temperatura y radiación		
Base diaria de la temperatura del aire	10	°C
Temperatura óptima de crecimiento de la planta	27,5	°C
Temperatura máxima que inhibe el desarrollo del cultivo	0	°C
Temperatura crítica mínima para un cultivo	0	°C
Coefficiente de extinción de la radiación	0,6	-
Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces		
Coefficiente de cobertura de la canopia	3,6	-
Coefficiente de altura de la canopia	3	-
Máxima altura de la canopia	110	cm
Índice máximo de área foliar	5	-
Profundidad máxima de raíces	150	cm
Biomasa radicular / biomasa aérea	25	-
Masa máxima de raíces para un cultivo	1	kg/m ²
Parámetros de senescencia		
Porcentaje de crecimiento estacional	85	%
Período por encima del cual comienza la senescencia	40	días
Porcentaje de la canopia después de la senescencia	90	%
Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia	90	%
Parámetros de residuos		
Coefficiente de conversión de masa de residuos	2,9	m ² /Kg
Factor de ajuste del residuo en pie	99	%
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa de la superficie	0,0074	-
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa dentro del suelo	0,0074	-
Residuo frágil y no frágil	no frágil	-
Otros parámetros		
Tolerancia específica de las plantas a la sequía	0	%
Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido	0	kg/m ²
Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas	3	-
Rendimiento óptimo del cultivo sin estrés	0	kg/m ²
Distancia entre surcos	70	cm



Tabla 2.54. Base de datos del cultivo de maíz (*Zea mays*) sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha	Valor	Unidad
Relación de la energía de la biomasa	18	Kg/MJ
Grados / días para la emergencia	60	°C/días
Grados / días para la estación de crecimiento	1700	°C/días
Espaciamiento de las plantas en el surco	22	cm
Diámetro de las plantas en madurez	5,1	cm
Altura del residuo post cosecha	30,4	cm
Índice de cosecha	50	%
Parámetros de temperatura y radiación		
Base diaria de la temperatura del aire	10	°C
Temperatura óptima de crecimiento de la planta	25	°C
Temperatura máxima que inhibe el desarrollo del cultivo	0	°C
Temperatura crítica mínima para un cultivo	0	°C
Coefficiente de extinción de la radiación	0,65	-
Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces		
Coefficiente de cobertura de la canopia	3,6	-
Coefficiente de altura de la canopia	3	-
Máxima altura de la canopia	235	cm
Índice máximo de área foliar	3,5	-
Profundidad máxima de raíces	140	cm
Biomasa radicular / biomasa aérea	25	-
Masa máxima de raíces para un cultivo	1	kg/m ²
Parámetros de senescencia		
Porcentaje de crecimiento estacional	80	%
Período por encima del cual comienza la senescencia	30	días
Porcentaje de la canopia después de la senescencia	65	%
Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia	98	%
Parámetros de residuos		
Coefficiente de conversión de masa de residuos	2,1	m ² /Kg
Factor de ajuste del residuo en pie	99	%
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa de la superficie	0,0065	-
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa dentro del suelo	0,0065	-
Residuo frágil y no frágil	no frágil	-
Otros parámetros		
Tolerancia específica de las plantas a la sequía	0	%
Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido	0	kg/m ²
Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas	3	-
Rendimiento óptimo del cultivo sin estrés	0	kg/m ²
Distancia entre surcos	70	cm



Tabla 2.55. Base de datos del cultivo de maíz (*Zea mays*) con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha	Valor	Unidad
Relación de la energía de la biomasa	22	Kg/MJ
Grados / días para la emergencia	60	°C/días
Grados / días para la estación de crecimiento	1650	°C/días
Espaciamiento de las plantas en el surco	22	cm
Diámetro de las plantas en madurez	6	cm
Altura del residuo post cosecha	42,5	cm
Índice de cosecha	50	%
Parámetros de temperatura y radiación		
Base diaria de la temperatura del aire	10	°C
Temperatura óptima de crecimiento de la planta	25	°C
Temperatura máxima que inhibe el desarrollo del cultivo	0	°C
Temperatura crítica mínima para un cultivo	0	°C
Coefficiente de extinción de la radiación	0,65	-
Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces		
Coefficiente de cobertura de la canopia	3,6	-
Coefficiente de altura de la canopia	3	-
Máxima altura de la canopia	260	cm
Índice máximo de área foliar	5	-
Profundidad máxima de raíces	154	cm
Biomasa radicular / biomasa aérea	25	-
Masa máxima de raíces para un cultivo	1	kg/m ²
Parámetros de senescencia		
Porcentaje de crecimiento estacional	85	%
Periodo por encima del cual comienza la senescencia	30	días
Porcentaje de la canopia después de la senescencia	65	%
Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia	98	%
Parámetros de residuos		
Coefficiente de conversión de masa de residuos	2,9	m ² /Kg
Factor de ajuste del residuo en pie	99	%
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa de la superficie	0,0065	-
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa dentro del suelo	0,0065	-
Residuo frágil y no frágil	no frágil	-
Otros parámetros		
Tolerancia específica de las plantas a la sequía	0	%
Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no esta permitido	0	kg/m ²
Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas	3	-
Rendimiento óptimo del cultivo sin estrés	0	kg/m ²
Distancia entre surcos	70	cm

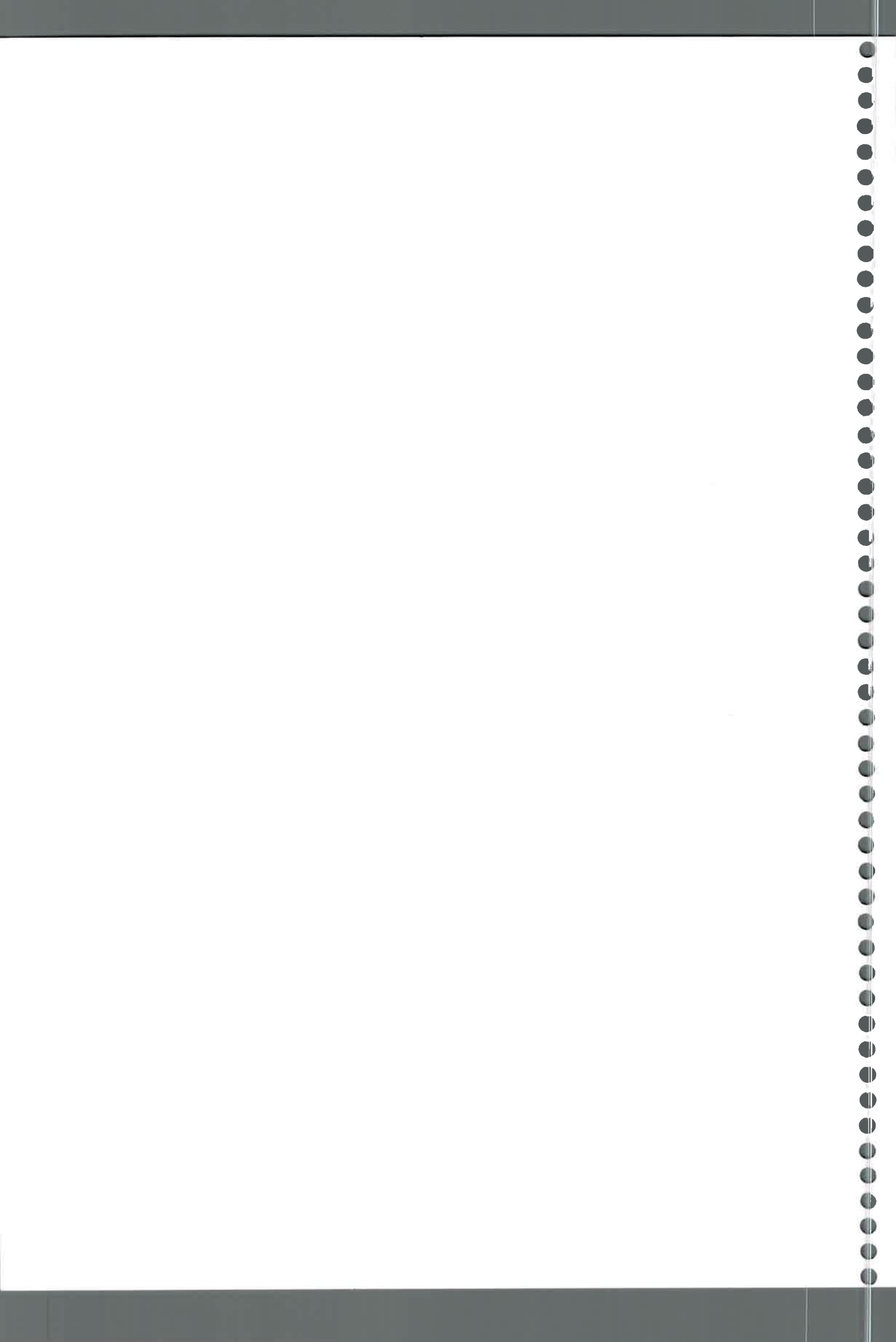


Tabla 2.56. Base de datos del cultivo de maíz (*Zea mays*) con fertilización, pendiente El Vertedero.

Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha	Valor	Unidad
Relación de la energía de la biomasa	22	Kg/MJ
Grados / días para la emergencia	60	°C/días
Grados / días para la estación de crecimiento	1650	°C/días
Espaciamiento de las plantas en el surco	22	cm
Diámetro de las plantas en madurez	6	cm
Altura del residuo post cosecha	42,5	cm
Índice de cosecha	50	%
Parámetros de temperatura y radiación		
Base diaria de la temperatura del aire	10	°C
Temperatura óptima de crecimiento de la planta	25	°C
Temperatura máxima que inhibe el desarrollo del cultivo	0	°C
Temperatura crítica mínima para un cultivo	0	°C
Coefficiente de extinción de la radiación	0,65	-
Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces		
Coefficiente de cobertura de la canopia	3,6	-
Coefficiente de altura de la canopia	3	-
Máxima altura de la canopia	260	cm
Índice máximo de área foliar	5	-
Profundidad máxima de raíces	154	cm
Biomasa radicular / biomasa aérea	25	-
Masa máxima de raíces para un cultivo	1	kg/m ²
Parámetros de senescencia		
Porcentaje de crecimiento estacional	85	%
Período por encima del cual comienza la senescencia	30	días
Porcentaje de la canopia después de la senescencia	65	%
Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia	98	%
Parámetros de residuos		
Coefficiente de conversión de masa de residuos	2,9	m ² /Kg
Factor de ajuste del residuo en pie	99	%
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa de la superficie	0,0065	-
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa dentro del suelo	0,0065	-
Residuo frágil y no frágil	no frágil	-
Otros parámetros		
Tolerancia específica de las plantas a la sequía	0	%
Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido	0	kg/m ²
Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas	0	-
Rendimiento óptimo del cultivo sin estrés	0	kg/m ²
Distancia entre surcos	70	cm

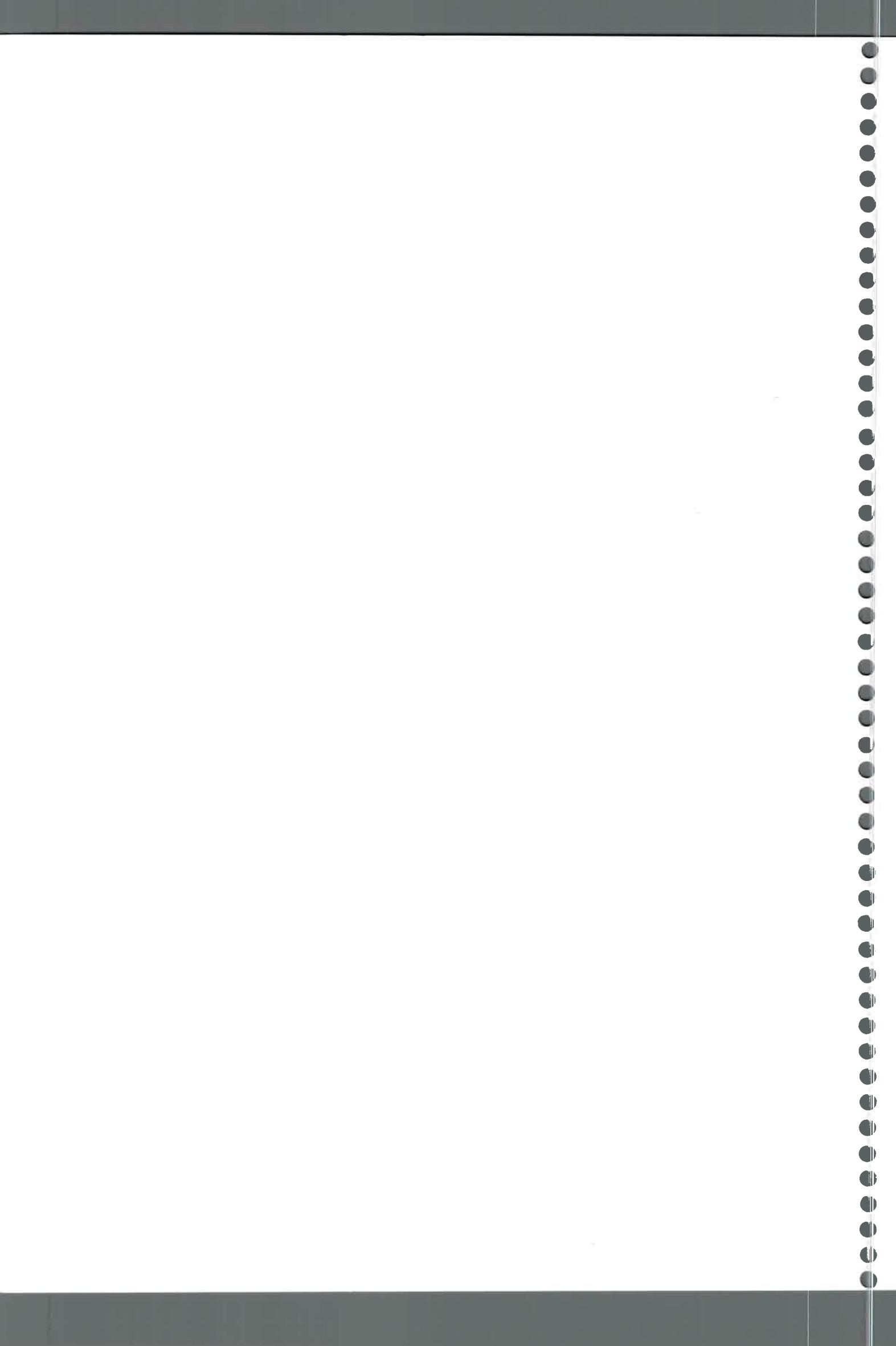


Tabla 2.57. Base de datos del cultivo de soja (*Glycine max*) con fertilización, pendiente El Vertedero.

Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha	Valor	Unidad
Relación de la energía de la biomasa	25	Kg/MJ
Grados / días para la emergencia	60	°C/días
Grados / días para la estación de crecimiento	1150	°C/días
Espaciamiento de las plantas en el surco	2,5	cm
Diámetro de las plantas en madurez	0,95	cm
Altura del residuo post cosecha	15,2	cm
Índice de cosecha	50	%
Parámetros de temperatura y radiación		
Base diaria de la temperatura del aire	10	°C
Temperatura óptima de crecimiento de la planta	25	°C
Temperatura máxima que inhibe el desarrollo del cultivo	0	°C
Temperatura crítica mínima para un cultivo	0	°C
Coefficiente de extinción de la radiación	0,31	-
Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces		
Coefficiente de cobertura de la canopia	14	-
Coefficiente de altura de la canopia	3	-
Máxima altura de la canopia	101	cm
Índice máximo de área foliar	5	-
Profundidad máxima de raíces	100	cm
Biomasa radicular / biomasa aérea	25	-
Masa máxima de raíces para un cultivo	1	kg/m ²
Parámetros de senescencia		
Porcentaje de crecimiento estacional	90	%
Período por encima del cual comienza la senescencia	14	días
Porcentaje de la canopia después de la senescencia	10	%
Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia	10	%
Parámetros de residuos		
Coefficiente de conversión de masa de residuos	5,2	m ² /Kg
Factor de ajuste del residuo en pie	99	%
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa de la superficie	0,013	-
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa dentro del suelo	0,013	-
Residuo frágil y no frágil	frágil	-
Otros parámetros		
Tolerancia específica de las plantas a la sequía	0	%
Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido	0	kg/m ²
Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas	0	-
Rendimiento óptimo del cultivo sin estrés	0	kg/m ²
Distancia entre surcos	70	cm



Tabla 2.58. Base de datos del cultivo de sorgo forrajero (*Sorgum*), pendiente El Vertedero.

Parámetros de crecimiento de las plantas y cosecha	Valor	Unidad
Relación de la energía de la biomasa	25	Kg/MJ
Grados / días para la emergencia	60	°C/días
Grados / días para la estación de crecimiento	1450	°C/días
Espaciamiento de las plantas en el surco	13	cm
Diámetro de las plantas en madurez	3,2	cm
Altura del residuo post cosecha	61	cm
Índice de cosecha	50	%
Parámetros de temperatura y radiación		
Base diaria de la temperatura del aire	10	°C
Temperatura óptima de crecimiento de la planta	27,5	°C
Temperatura máxima que inhibe el desarrollo del cultivo	0	°C
Temperatura crítica mínima para un cultivo	0	°C
Coefficiente de extinción de la radiación	0,6	-
Parámetros de canopia, índice de área foliar y raíces		
Coefficiente de cobertura de la canopia	3,6	-
Coefficiente de altura de la canopia	3	-
Máxima altura de la canopia	101	cm
Índice máximo de área foliar	5	-
Profundidad máxima de raíces	150	cm
Biomasa radicular / biomasa aérea	25	-
Masa máxima de raíces para un cultivo	1	kg/m ²
Parámetros de senescencia		
Porcentaje de crecimiento estacional	85	%
Período por encima del cual comienza la senescencia	40	días
Porcentaje de la canopia después de la senescencia	90	%
Porcentaje de biomasa remanente después de la senescencia	90	%
Parámetros de residuos		
Coefficiente de conversión de masa de residuos	2,9	m ² /Kg
Factor de ajuste del residuo en pie	99	%
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa de la superficie	0,0074	-
Constante de descomposición para calcular el cambio de masa de la biomasa dentro del suelo	0,0074	-
Residuo frágil y no frágil	no frágil	-
Otros parámetros		
Tolerancia específica de las plantas a la sequía	0	%
Valor crítico de biomasa viva debajo del cual el pastoreo no está permitido	0	kg/m ²
Máximo factor de fricción Darcy-Weisbach para plantas vivas	0	-
Rendimiento óptimo del cultivo sin estrés	0	kg/m ²
Distancia entre surcos	70	cm



Tabla 2.59. Archivo manejo y plantas, operación de labranza, arado de cincel.

PARAMETRO	Valor	Unidad
% residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo frágil	0	%
% de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo no frágil	45	%
Número de hileras del implemento de labranza	9	-
Código del implemento	otros	-
Posición del cultivador	detrás	-
Altura de la cresta después de la labranza	9	cm
Intervalo de la cresta	30	cm
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos frágiles	0	%
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos no frágiles	45	%
Rugosidad aleatoria después de la labranza	2,6	cm
Area superficial disturbada	100	%
Profundidad media de labranza	18	cm
Tipo de labranza	primaria	-

Tabla 2.60. Archivo manejo y plantas, operación de labranza, rastra de disco.

PARAMETRO	Valor	Unidad
% residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo frágil	0	%
% de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo no frágil	50	%
Número de hileras del implemento de labranza	9	-
Código del implemento	otros	-
Posición del cultivador	detrás	-
Altura de la cresta después de la labranza	5	cm
Intervalo de la cresta	23	cm
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos frágiles	0	%
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos no frágiles	50	%
Rugosidad aleatoria después de la labranza	2,6	cm
Area superficial disturbada	100	%
Profundidad media de labranza	7	cm
Tipo de labranza	primaria	-



Tabla 2.61. Archivo manejo y plantas, operación de labranza, rastra de dientes.

PARAMETRO	Valor	Unidad
% residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo frágil	0	%
% de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo no frágil	15	%
Número de hileras del implemento de labranza	9	-
Código del implemento	otros	-
Posición del cultivador	detrás	-
Altura de la cresta después de la labranza	2,5	cm
Intervalo de la cresta	10	cm
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos frágiles	0	%
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos no frágiles	15	%
Rugosidad aleatoria después de la labranza	1,8	cm
Area superficial disturbada	100	%
Profundidad media de labranza	2	cm
Tipo de labranza	secundaria	-

Tabla 2.62. Archivo manejo y plantas, operación de labranza, arado de rejas y vertedera.

PARAMETRO	Valor	Unidad
% residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo frágil	98	%
% de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo no frágil	95	%
Número de hileras del implemento de labranza	0	-
Código del implemento	otros	-
Posición del cultivador	detrás	-
Altura de la cresta después de la labranza	12	cm
Intervalo de la cresta	40	cm
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos frágiles	98	%
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos no frágiles	95	%
Rugosidad aleatoria después de la labranza	4,3	cm
Area superficial disturbada	100	%
Profundidad media de labranza	15	cm
Tipo de labranza	primaria	-



Tabla 2.63. Archivo manejo y plantas, operación de labranza, sembradora de siembra directa.

PARAMETRO	Valor	Unidad
% residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo frágil	0	%
% de residuo enterrado en áreas de entre surco para cultivo no frágil	15	%
Número de hileras del implemento de labranza	6	-
Código del implemento	sembradora	-
Posición del cultivador	detrás	-
Altura de la cresta después de la labranza	2,5	cm
Intervalo de la cresta	70	cm
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos frágiles	0	%
% residuo enterrado en áreas de surco para cultivos no frágiles	15	%
Rugosidad aleatoria después de la labranza	1,2	cm
Area superficial disturbada	20	%
Profundidad media de labranza	5	cm
Tipo de labranza	primaria	-

Tabla 2.64. Archivo manejo y plantas, operación de contorno, siembra directa con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Pendiente	0,93	%
Altura de la cresta	0,02	metro
Longitud de la hilera	1	metro
Distancia entre hilera	0,7	metro

Tabla 2.65. Archivo manejo y plantas, operación de contorno, siembra directa sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Pendiente	0,90	%
Altura de la cresta	0,02	metro
Longitud de la hilera	1	metro
Distancia entre hilera	0,7	metro

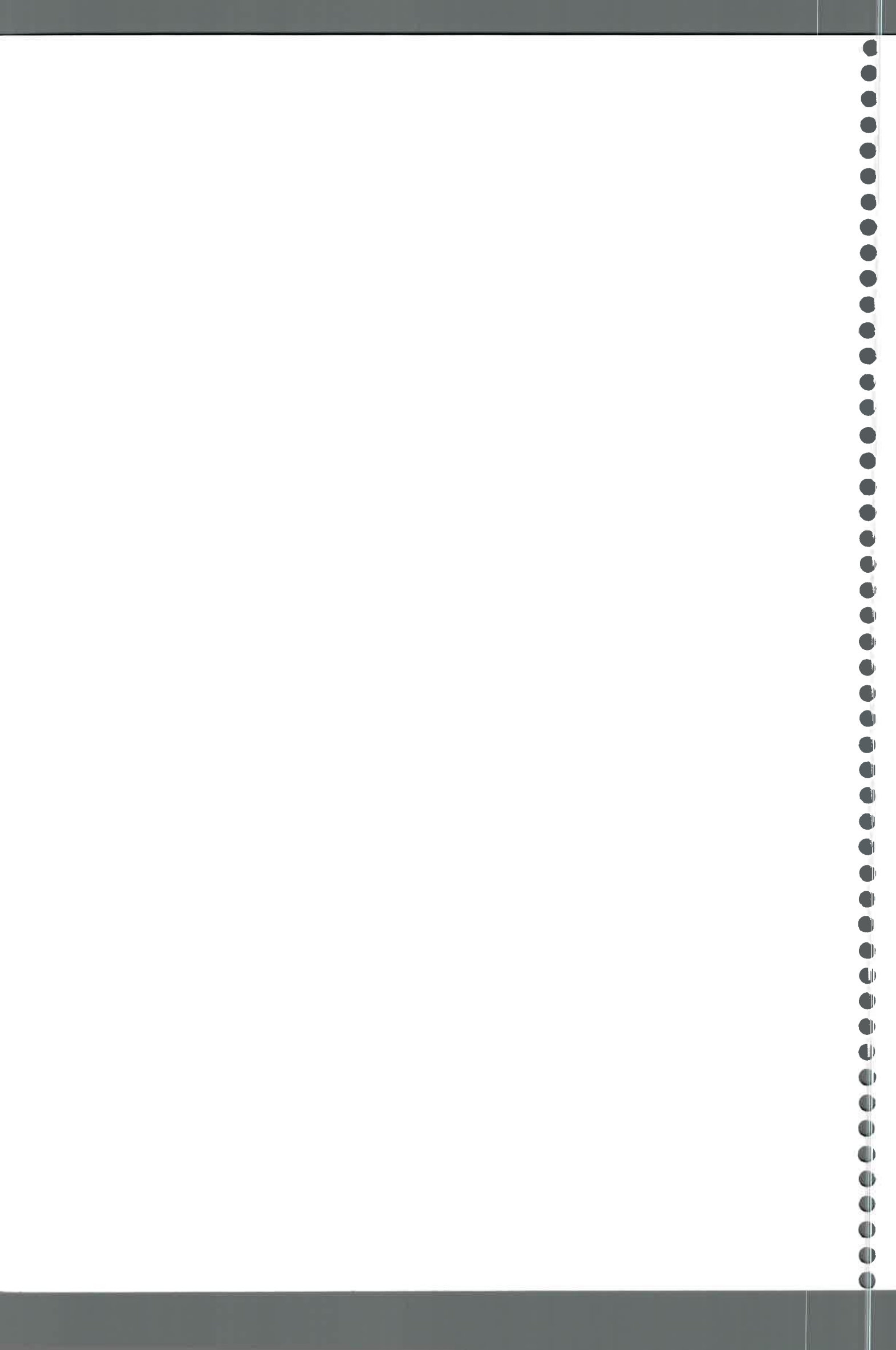


Tabla 2.66. Archivo manejo y plantas, operación de contorno, labranza reducida con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Pendiente	1,12	%
Altura de la cresta	0,02	metro
Longitud de la hilera	1	metro
Distancia entre hilera	0,7	metro

Tabla 2.67. Archivo manejo y plantas, operación de contorno, labranza reducida sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Pendiente	1,22	%
Altura de la cresta	0,02	metro
Longitud de la hilera	1	metro
Distancia entre hilera	0,7	metro

Tabla 2.68. Archivo manejo y plantas, operación de contorno, labranza convencional con fertilización, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Pendiente	1,37	%
Altura de la cresta	0,02	metro
Longitud de la hilera	1	metro
Distancia entre hilera	0,7	metro

Tabla 2.69. Archivo manejo y plantas, operación de contorno, labranza convencional sin fertilización, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Pendiente	1,49	%
Altura de la cresta	0,02	metro
Longitud de la hilera	1	metro
Distancia entre hilera	0,7	metro



Tabla 2.70. Archivo manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2000, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Comienzo pastoreo	25-may	-
Finalización pastoreo	29-may	-
Número de animales	6	-
Area de pastoreo	1875	m ²
Peso de animal	400	Kg
Digestibilidad	0,50	-

Tabla 2.71. Archivo manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2001, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Comienzo pastoreo	26-ago	-
Finalización pastoreo	1-sep	-
Número de animales	5	-
Area de pastoreo	1875	m ²
Peso de animal	400	Kg
Digestibilidad	0,35	-

Tabla 2.72. Archivo manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2002, pendiente Pozo del Carril.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Comienzo pastoreo	28-ago	-
Finalización pastoreo	3-sep	-
Número de animales	5	-
Area de pastoreo	1875	m ²
Peso de animal	400	Kg
Digestibilidad	0,50	-



51720

Tabla 2.73. Archivo manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2000, pendiente El Vertedero.

PARAMETRO	Valor	Unidad
Comienzo pastoreo	9-ago	-
Finalización pastoreo	12-ago	-
Número de animales	1	-
Area de pastoreo	400	m ²
Peso de animal	400	Kg
Digestibilidad	0,50	-

Tabla 2.74. Archivo manejo y plantas, operación de pastoreo, período 2002, pendiente El Vertedero.

PARAMETRO	Valor				Unidad
	20-feb	20-mar	25-abr	2-jun	
Comienzo pastoreo	20-feb	20-mar	25-abr	2-jun	-
Finalización pastoreo	24-feb	23-mar	29-abr	6-jun	-
Número de animales	1	1	1	1	-
Area de pastoreo	400	400	400	400	m ²
Peso de animal	400	400	400	400	Kg
Digestibilidad	0,60	0,60	0,60	0,60	-

62715

