



*Morfopedología
como
herramienta base
para la
ordenación
territorial de la
cuenca media del
Arroyo Santa
Catalina,
Córdoba,
Argentina*

ALEMANY, Virginia Macarena

Directora: Dra. María del Tránsito Grumelli

Codirector: Dr. Hugo Schiavo

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-
Químicas y Naturales, 2019

AGRADECIMIENTOS

En estas cortas líneas quisiera expresar mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que colaboraron directa o indirectamente en la realización de este trabajo.

A mis directores, Dra. María Grumelli y Dr. Hugo Schiavo por guiarme y darme consejos durante todos estos meses, por compartir conmigo su conocimiento y responder mis mensajes a cualquier hora. Gracias por el apoyo en las pequeñas y grandes cosas y considerarme en su grupo de investigación.

A los miembros de la Comisión Correctora de Tesis, Dra. María Grumelli, Dr. Hugo Schiavo y Dr. Nelso Doffo por sus ideas y correcciones que desinteresadamente aumentaron la calidad de nuestro trabajo.

Agradezco a todo el equipo de suelos del Departamento de Geología, Dra. Analía Becker quien desinteresadamente me ayudó en muchas ocasiones, debatió conmigo problemas y me acompañó en la escritura de la tesis. Al grupo laboratorio.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto, la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales y al Departamento de Geología que ayudaron a mi formación, no sólo en recursos académicos sino también social desde un marco investigativo y profesional.

A mis padres, que me apoyaron en cada materia rendida, cada noche sin dormir, cada hora de estudio. Agradezco todos los mates que compartieron conmigo y las horas en silencio a mi lado que ayudaron a mi formación profesional y personal. ¡Eternamente agradecida EDITH Y EDU!

A mis hermanos, los cuatro, que de una manera u otra siguieron mi camino, festejaron mis aprobados y se alegraron tanto como yo en este momento. De todos ellos, quiero dedicar especialmente esta tesis a mi hermana mayor, Yanina, quien ha ayudado fielmente a que rinda, curse, participe y me forme. Sin su ayuda, habría perdido varios turnos y oportunidades. ¡Gracias mi querida Yani por tanto!

¡A mis cuñados y sobrinos! Gracias por tantos abrazos y besos, palabras de apoyo y ayudar en mis distracciones.

A Agustín, por su apoyo en estos últimos meses, por sus actividades cruciales en el campo, en la escritura y formación de este trabajo. Fundamentalmente por su comprensión y sostén en todos mis estados de ánimo. Gracias amor!

A mis amigas que tanto me acompañaron en todo y vivieron conmigo esta experiencia... gracias por su energía positiva y palabras de aliento, ¡son únicas!

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>INTRODUCCIÓN</i>	Pág. 6
Hipótesis	Pág. 9
Objetivos	Pág. 10
 <i>MATERIALES</i>	
Ubicación del área de estudio	Pág. 12
Régimen climático	Pág. 13
Vegetación	Pág. 18
Caracterización geológica	Pág. 20
Uso actual del suelo	Pág. 27
 <i>MÉTODOS</i>	
Tareas preliminares de gabinete	Pág. 30
Tareas de campo	Pág. 31
Tareas de laboratorio	Pág. 32
Tareas de gabinete	Pág. 34
 <i>RESULTADOS Y CONCLUSIONES</i>	
Caracterización geomorfológica	Pág. 37
Caracterización tectónica	Pág. 44
Descripción de series tentativas	Pág. 45
Caracterización mineralógica	Pág. 59
Descripción de unidades cartográficas	Pág. 63
Clasificación de suelos por su capacidad de uso	Pág. 68
Herramientas para la ordenación territorial	Pág. 72
 <i>DISCUSIÓN</i>	Pág. 80
 <i>BIBLIOGRAFÍA</i>	Pág. 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: imagen satelital obtenida de Google Earth mediante satélite Landsat 7	Pág. 12
Figura 2: mapa de ubicación del área de estudio	Pág. 13
Figura 3: distribución de la temperatura media mensual obtenido de la Estación Agrometeorológica de la UNRC	Pág. 14
Figura 4: curva cronológica anual de precipitaciones – Estación Agrometeorológica de la UNRC	Pág. 15
Figura 5: balance hidrológico seriado - Estación Agrometeorológica de la UNRC	Pág. 16
Figura 6: curva de distribución de excesos hídricos - Estación Agrometeorológica de la UNRC	Pág. 17
Figura 7: rosa de los vientos medios anuales (período 1975 a 2001)- Estación Agrometeorológica de la UNRC	Pág. 18
Figura 8: vista de flora autóctona	Pág. 19
Figura 9: mapa de estructuras. Modificado de Grumelli, 2010	Pág. 27
Figura 10: uso actual del suelo en el área de estudio	Pág. 28
Figura 11: modelo digital del terreno	Pág. 39
Figura 12: mapa geomorfológico del área de estudio	Pág. 41
Figura 13: paisaje de la serie tentativa Paraje Santa Flora	Pág. 48
Figura 14: perfil tipo de la serie tentativa Paraje Santa Flora	Pág. 48
Figura 15: paisaje de la serie tentativa Santa Catalina	Pág. 51
Figura 16: perfil tipo de la serie tentativa Santa Catalina	Pág. 52
Figura 17: paisaje de la serie tentativa Río Cuarto	Pág. 55
Figura 18: perfil tipo de la serie tentativa Río Cuarto	Pág. 55
Figura 19: precipitación de sales en suelo salino sódico	Pág. 56
Figura 20: fotografías de muestra del perfil tipo de la serie tentativa Paraje Santa Flora	Pág. 58
Figura 21: fotografías de muestras del perfil tipo de la serie tentativa Santa Catalina	Pág. 60
Figura 22: fotografías de muestras del perfil tipo de la serie tentativa Río Cuarto	Pág. 61
Figura 23: foto de cárcavas generadas por erosión hídrica en unidad Río Cuarto	Pág. 63
Figura 24: pastizales aislados en el paisaje de la serie	Pág. 64
Figura 25: Mapa morfopedológico del suelo actual	Pág. 65
Figura 26: Mapa de capacidad de uso del suelo actual	Pág. 69
Figura 27: foto del paisaje de loma y bajo con nula cobertura	Pág. 71
Figura 28: imagen de siembra de maní sobre rastrojo de maíz	Pág. 72
Figura 29: imagen de cultivo de alfalfa	Pág. 73
Figura 30: ejemplo de cárcavas cercanas al arroyo Santa Catalina	Pág. 75
Figura 31: ejemplo de suelo al borde del arroyo Santa Catalina	Pág. 76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: datos analíticos del perfil tipo para serie tentativa Paraje Santa Flora	Pág. 47
Tabla 2: datos analíticos del perfil tipo para serie tentativa Santa Catalina	Pág. 50
Tabla 3: datos analíticos del perfil tipo para serie tentativa Rio Cuarto	Pág. 54



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



I. INTRODUCCIÓN

Los cambios en el uso y manejo de la tierra que en un sentido amplio incluyen los cambios tecnológicos, el avance de la frontera agrícola, el desarrollo de tecnologías de agricultura permanente, la tendencia al monocultivo y los cambios en la tenencia de tierra a lo largo del siglo XX y comienzos del presente han determinado en gran parte de la Argentina un fuerte impacto sobre los recursos naturales, en especial el recurso suelo (Cantú et al. 1998; Cantú & Becker, 1999; Cantú et al. 2008). En la Provincia de Córdoba, gran parte está afectada por problemas de erosión, inundaciones, sedimentación, colapsos de suelos, entre otros, que constituyen amenazas para el ambiente.

Existen situaciones irreversibles derivadas del manejo inadecuado del territorio y muchos sectores están en franco deterioro por esta misma causa, consecuencia directa del escaso conocimiento que hay sobre la dinámica y evolución geomorfológica en cada región (Carignano et al. 2014). Por lo que toda decisión acerca de cambios en el uso de la tierra debiera ser evaluada a través de criterios donde la mayor o menor fragilidad del ambiente, determinará la sustentabilidad de los sistemas de acción propuestos. Desde esta perspectiva, Fragilidad, Producción, y Sustentabilidad refieren a nociones relativas, que requieren de niveles de acuerdos crecientes entre los actores, para desarrollar la actividad productiva de forma que se sostengan los recursos a través del tiempo (Mazziotti, 2014).

Así, la localización de asentamientos humanos, su estructura interna y funcionamiento está fuertemente influenciada por los factores ambientales y particularmente por la configuración del terreno. En los países en desarrollo un manejo poco efectivo de las tierras en zonas urbanas resulta en una generalizada degradación de suelos, agua y paisaje y en la ocupación de áreas riesgosas, pérdida de espacios verdes y de tierras agrícolas (Pereyra, 2004).

Rodríguez Gamiño & López Blanco (2006) afirman que la morfología es un elemento básico que se debe estudiar para establecer una relación entre el territorio y las actividades a desarrollar, mediante la planeación ambiental del

territorio. Una de las principales vías para la solución de dichos problemas es la planificación física y ambiental de carácter preventivo donde el conocimiento del componente geológico del medio ambiente resulta de importancia por su función como soporte de las actividades humanas y por su papel en el desarrollo de los procesos de la dinámica de superficie, relacionada con el desencadenamiento de determinados peligros naturales (Campos Dueñas et al., 2009).

Ante la existencia de una creciente presión propia de la actividad humana, y paralelamente un mayor grado de conocimiento de las causas y efectos de los diferentes riesgos geológicos, estos han comenzado a tener mayor influencia en la determinación de políticas y prioridades para inversiones o emprendimientos económicos en general y en la fijación de pautas de ocupación del territorio, constituyendo un elemento que debe ser tenido en cuenta necesariamente al realizarse propuestas de ordenamiento territorial (Pereyra, 2004).

En este sentido, el análisis y la clasificación de las geoformas y su génesis son primordiales en los estudios de evaluación y planificación territorial para conocer el impacto de los distintos tipos de agricultura sobre las propiedades del suelo, y así plantear una agricultura ambientalmente sustentable, en base a la valoración de aptitudes de la tierra para su uso.

En los últimos años, el área de suelos del Departamento de Geología, ha realizado numerosos trabajos de investigación estableciendo un conjunto mínimo de propiedades del suelo como indicadoras de la degradación del suelo en el área pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba (Cantú *et al.* 2001a, 2001b, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007a, b, c). Musso (2003) y Musso *et al.* (2004, 2006) han establecido la variabilidad temporal de algunas de las propiedades químicas y físico-químicas del suelo en el marco de las investigaciones. Sin embargo, son escasas las investigaciones realizadas sobre el efecto del uso y manejo en las propiedades físicas del suelo (Parra *et al.* 2007), como así también, sobre la variabilidad temporal de estas propiedades frente a diferentes manejos del suelo.

Por ello, en la medida que se conozca mejor la evolución de una región en el transcurso de este tiempo geológico, mejor preparación se tendrá para evaluar y hacer un uso racional de los recursos (Carignano et al. 2014). De este modo, a partir de lo postulado por Tricart (1972) que plantea un enfoque del ordenamiento territorial fundamentado en la aplicación en conjunto de las disciplinas geomorfología y geografía del suelo como un enfoque holístico denominado morfoedafogénesis; Espinosa Rodríguez (2005) sostiene que la selección, manejo e integración de variables geomorfológicas y edafológicas permiten la confección de un método paramétrico y cartográfico que conducen a la evaluación del paisaje, entendido como una herramienta en el proceso de la ordenación del territorio.

Godagnone & De la Fuente (2014) exponen que el conocimiento de los suelos, su ubicación y el área que ocupan son fundamentales para planificar racionalmente su aprovechamiento. Así los Suelos de la República Argentina en un SIG muestran las distintas geoformas del país y los suelos que las integran. Martínez *et al.* (2006) aseveran la gran capacidad que poseen los SIG para manejar grandes volúmenes de datos, estadísticos y cartográficos, lo cual aseguran un futuro promisorio para el manejo de los suelos.

En cuenca media del arroyo Santa Catalina, Córdoba, no se dispone de una cartografía morfopedológica de detalle, por lo cual es factible construir mediante un SIG las unidades morfopedológicas que la conforman, como herramienta para su Ordenamiento Territorial haciendo énfasis en su producción ambientalmente sustentable.

HIPÓTESIS

- ✓ Las propiedades de los suelos varían de acuerdo a su posición en el relieve.
- ✓ La información obtenida en las unidades suelo-paisaje permitirá delimitar unidades morfopedológicas.
- ✓ Los suelos con características diferentes responden de manera diferente a una misma valoración territorial para su utilización.
- ✓ En términos de degradación de suelos, la agricultura orgánica extensiva es una alternativa de producción ambientalmente más sustentable que la

siembra directa con intensificación de las rotaciones.

OBJETIVO GENERAL

Construir un mapa morfopedológico y de capacidad de uso de los suelos como herramientas para el ordenamiento territorial de la cuenca baja del Arroyo Santa Catalina, Córdoba.

Objetivos específicos

- Elaborar un mapa de las unidades de suelo para el área de estudio a escala detallada.
- Identificar los principales factores y procesos formadores de suelo en cada una de las unidades morfopedológicas descritas.
- Identificar el uso potencial de los suelos reconocidos.
- Definir la capacidad de uso de los suelos como base para el ordenamiento territorial.



CAPÍTULO II

MATERIALES



II. MATERIALES

II. 1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la cuenca media del Arroyo Santa Catalina, departamento de Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina. Está delimitada, al N por la cuenca del Río Cuarto o Chocancharava y al S por la cuenca del arroyo del Gato.

La zona comprende una superficie aproximada de 6,4 ha, abarcando gran parte del Arroyo Santa Catalina, la localidad de Santa Catalina y zona rural (Fig. 1).



Figura 1: Imagen satelital de satélite Landsat 7.

El acceso al área se realiza por la Ruta Nacional N° 8 hasta el km 639, luego se toma hacia el sur por caminos vecinales de tierra que cruzan todo el sector. Los mismos se encuentran, en general, en buenas condiciones, a excepción de los períodos de lluvia en que quedan inhabilitados por varios días.

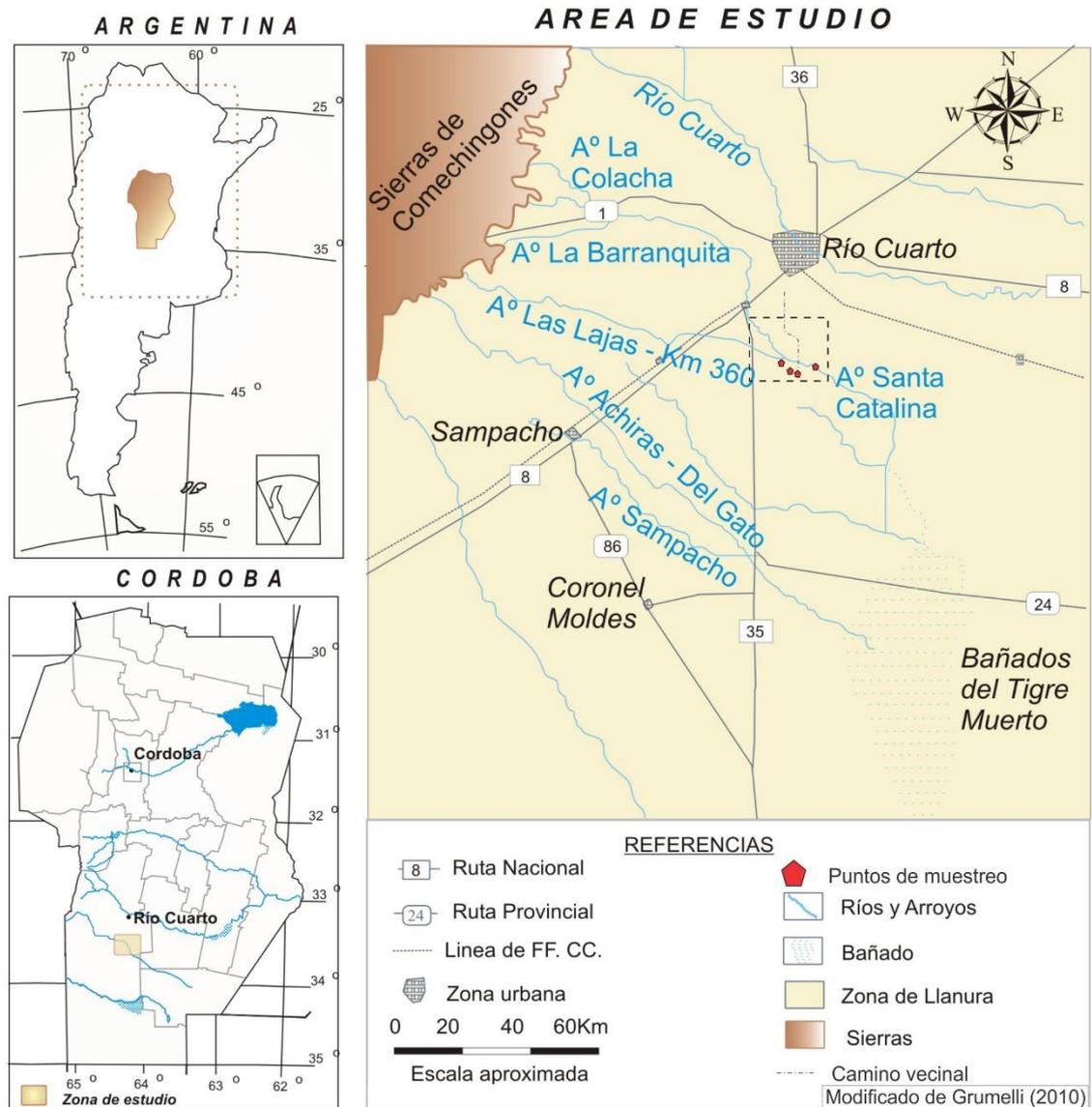


Figura 2: mapa de ubicación del área de estudio.

II.2. RÉGIMEN CLIMÁTICO

Regionalmente, las condiciones climáticas varían de más húmedas en el área serrana a subhúmeda y semiárida hacia el sudeste. El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico con una precipitación media anual (Serie 1956-2014) de 787 mm y temperatura media anual de 16,5°C. De esta manera el clima del área es templado subhúmedo, característico de la zona central de la pradera pampeana (Rodríguez, 2015).

En cuanto a la Ciudad de Río Cuarto y zonas aledañas, Degiovanni *et al* (2005) determinó que el clima de la región es de tipo Mesotermal con

variaciones en el régimen hídrico, desde Subhúmedo húmedo, en el NE y NW, a Subhúmedo seco al SW. El 80% de las lluvias se concentran en primavera-verano y sólo el 20% en otoño-invierno.

La Estación Agrometeorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicada en el Campus Universitario (Latitud 33°06'00" S; Longitud 64°18'00" O y a 440 msnm) posee una serie de datos continua desde 1976 y se han utilizado los datos de temperaturas y precipitaciones.

II.2.A. Régimen de temperatura

La temperatura media anual es de 16,5°C, la mínima media mensual es de 9,18°C para el mes de julio y máxima media mensual de 22,98°C para el mes de enero (Fig. 3).

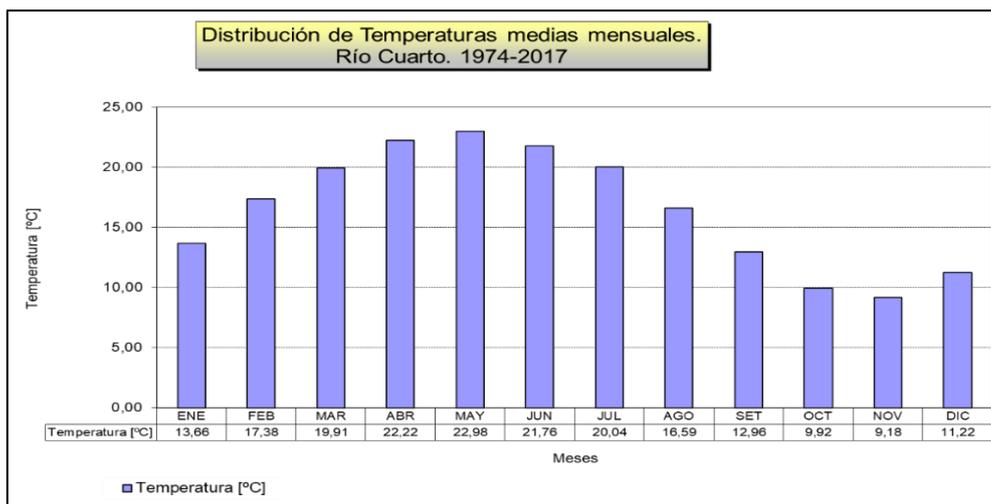


Figura 3: Distribución de la temperatura media mensual obtenido de la Estación Agrometeorológica de la UNRC.

Según Soil Taxonomy (2006), la temperatura media del suelo obtenida por un factor de conversión sería de 18,0°C a 18,5°C y corresponde a un *régimen de temperatura térmico*.

II.2.B. Régimen de llluvias

Las precipitaciones medias anuales son de 787 mm, cuyas distribuciones se detallan en la figura 4. Los años analizados van desde 1974 al 2017 en donde se puede observar un aumento de las precipitaciones a partir del año 1990, debido a que existe una mayor cantidad de años que superan las precipitaciones medias anuales a partir del mismo; en comparación con los años previos a 1990.

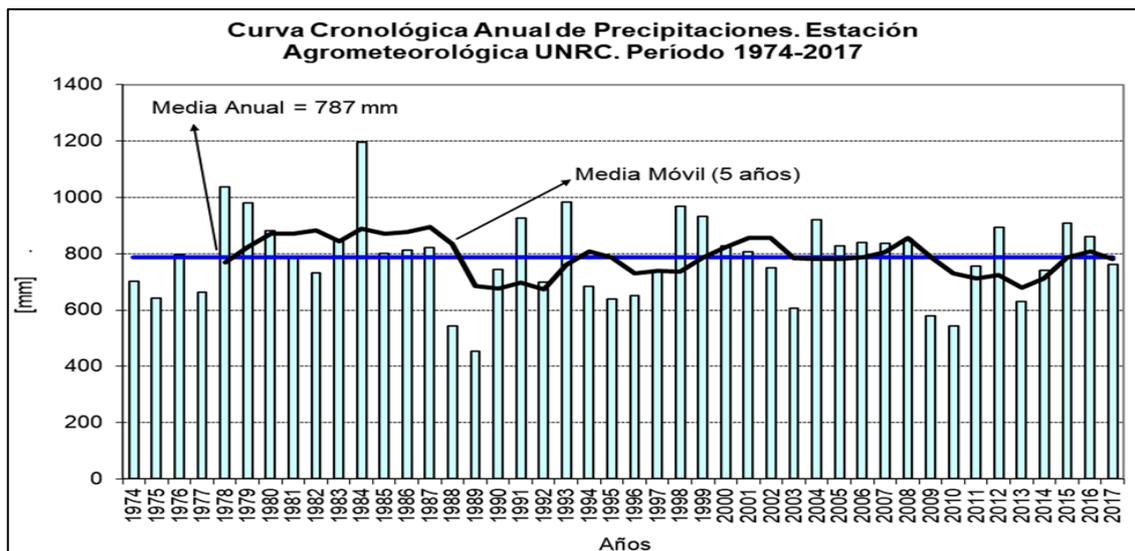


Figura 4: Curva cronológica anual de precipitaciones - Estación Agrometeorológica de la UNRC.

II.2.C. Balance hídrico seriado

El mismo se desarrolló con una serie de 43 años de datos de precipitaciones, desde el año 1974 a 2017. De esta manera y, en base a lo detallado en la figura 5, se puede establecer que se desarrolla un intervalo húmedo bien marcado, abarcando los meses de septiembre a abril, que concentran gran parte de las precipitaciones anuales. Por otro lado, se destaca un intervalo seco en los meses de mayo a agosto.

Según los datos de precipitaciones medias anuales (787mm) y los correspondientes a la evapotranspiración real media anual de 727,7mm, se establece que los excesos hídricos son de 59,3mm; los cuales se distribuyen en escurrimiento superficial e infiltración efectiva. El 92,46% del agua de las precipitaciones se pierde a causa de la evapotranspiración real y sólo el 7,54 %

del agua escurre o infiltra.

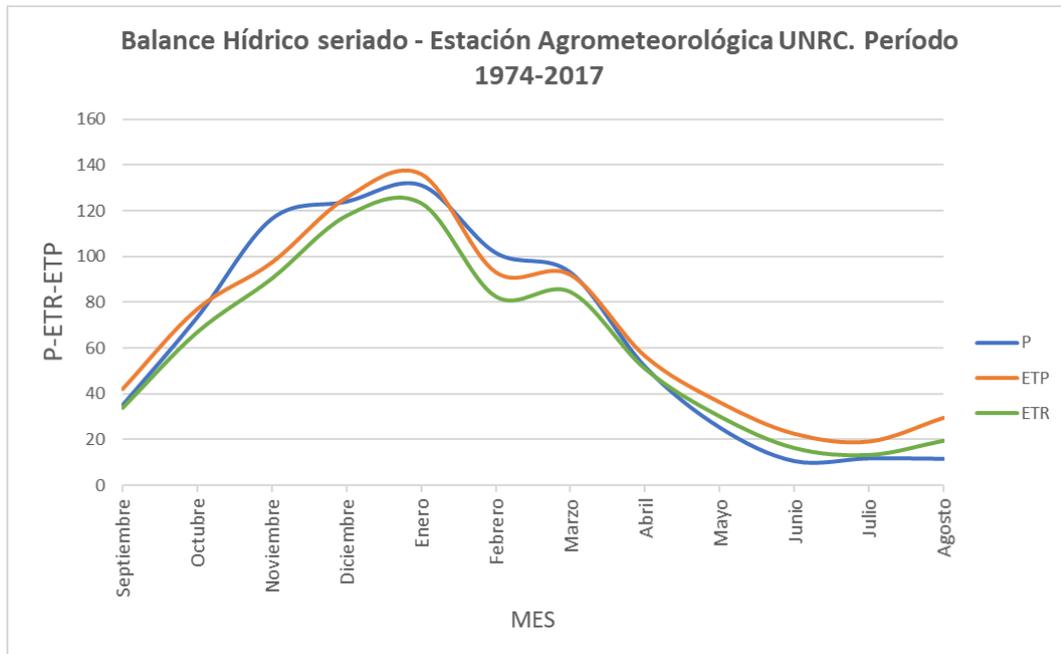


Figura 5: Balance hidrológico seriado - Estación Agrometeorológica de la UNRC.

II.2.D. Índice de sequía

El mismo se obtuvo mediante la utilización del software PDIWIN (Ravelo *et al.* 1999). Para el presente análisis se utilizaron los siguientes rangos que se establecen para los distintos valores del Índice:

RANGO CONDICIÓN DE SEQUÍA

>4.0 *Extremadamente húmedo*

3.0 a 3.9 *Muy húmedo*

2.0 a 2.9 *Moderadamente húmedo*

1.0 a 1.9 *Ligeramente húmedo*

0.5 a 0.9 *Húmedo incipiente*

-0.4 a 0.4 *Normal*

-0.5 a -0.9 *Sequía incipiente*

-1.0 a -1.9 *Sequía reducida*

-2.0 a -2.9 *Sequía moderada*

-3.0 a -3.9 *Sequía severa*

<-4.0 *Sequía extrema*

El comienzo del período de sequía se define a partir de un valor -1 del índice y se considera terminado cuando el mismo supera el nivel 0,5.

Por lo tanto, para la Estación Agrometeorológica de la UNRC se pueden establecer diversos ciclos secos y húmedos de tres a cuatro años de duración, detallados en la figura 6. Los ciclos húmedos son tres, entre los períodos de 1979 a 1981, 1983 a 1985 y 1998 a 2001. Por otro lado, los ciclos secos son cinco, entre los períodos de 1975 a 1978, 1988 a 1990, 1994 a 1997, 2008 a 2011 y 2013 a 2015.

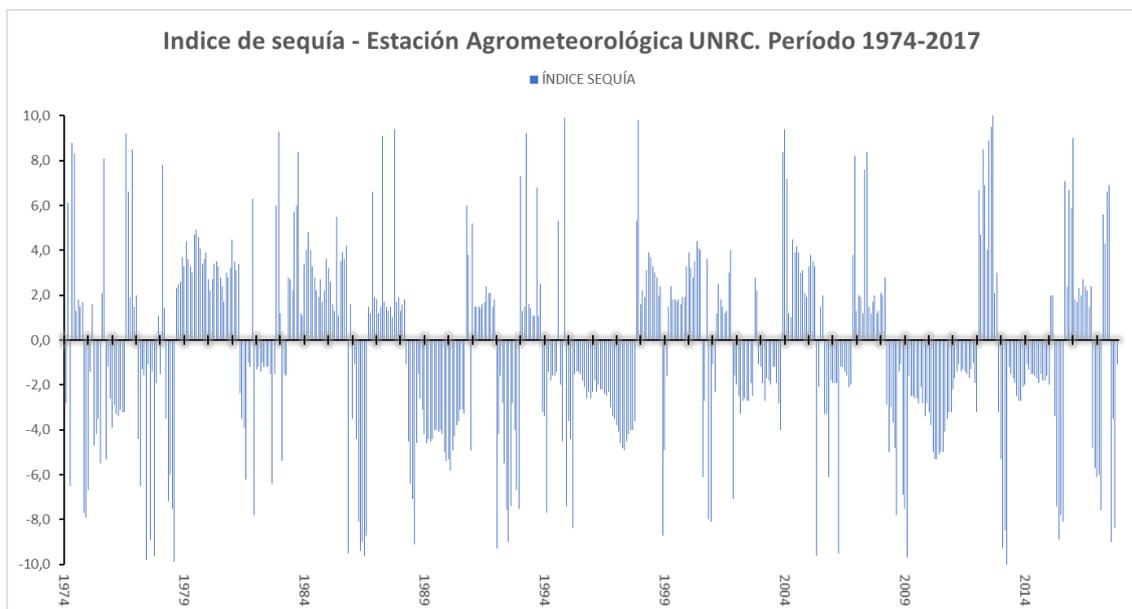


Figura 6: Curva de índice de sequía - Estación Agrometeorológica de la UNRC.

A partir del análisis previo y de la observación del suelo a campo se determinó un *régimen de humedad údico*, ya que la sección de control de humedad de los suelos de la región no estarían secos en alguna parte, por un período tan largo como 90 días acumulativos en años normales (Soil Taxonomy 2006).

II.2.E. Vientos

La dirección predominante de los vientos es Norte y Nordeste. Las velocidades medias son del orden de 12,5 km/h y las mayores velocidades se registran desde agosto hasta diciembre (Fig. 7).

Rosa de vientos medios anuales. Río Cuarto

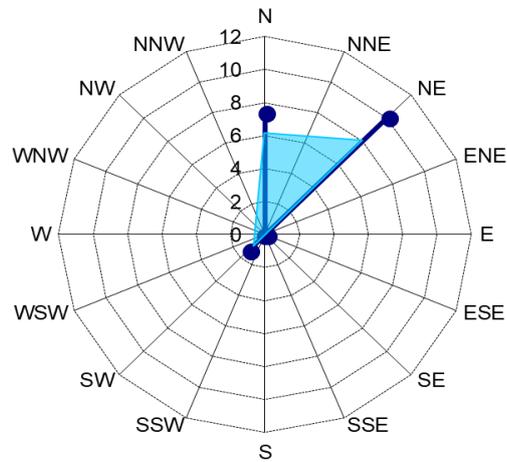


Figura 7: Gráfico de vientos medios anuales (período 1975 a 2001)- Estación Agrometeorológica de la UNRC.

II.3 VEGETACIÓN

La vegetación natural corresponde a la Provincia Fitogeográfica del Espinal, Distrito del Algarrobo (Cabrera, 1976).

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”, dentro de la unidad fisiográfica “llanuras bien drenadas” y en el tipo fisonómico “estepa gramínea”.

Sin embargo, la zona se encuentra profundamente alterada por la acción del hombre, la vegetación nativa se encuentra reducida a sectores poco alterados y escasos como bordes de caminos y vías férreas; el elemento leñoso ha desaparecido casi por completo, observándose ocasionalmente algún espinillo o algarrobo solitario, lo cual hace difícil su estudio florísticofisonómico (Fig. 8).



Figura 8: vista de flora autóctona.

La comunidad predominante es el flechillar, donde son frecuentes las especies del tipo *Stipa*, cuya distribución responde generalmente a distintos tipos de suelos: en los de textura más fina habitan: paja brava (*Stipa brachychaeta*), flechilla roja (*Stipa trichotoma*), flechilla común (*Stipa neesiana*), plumerillo (*Stipa papposa*), entre otros. En los de textura más gruesas habitan: paja vizcahera (*Stipa eriostachya*), paja blanca (*Stipa tenuissima*), flechilla negra (*Piptochaetium napostense*).

Son frecuentes también pasto horqueta (*Paspalum notatum*) y poa (*Poa ligularis*) ambas excelentes forrajeras, pasto ilusión (*Eragrostis lugens*), briza (*Briza subaristata*). Son habituales, además, forrajeras naturalizadas como lupulina (*Medicago lupulina*), trébol de color blanco (*Melilotus albus*).

Entre arbustos y sufrútices son comunes carda (*Eryngium horridum*), vernonia (*Vernonia mollisima*), poleo (*Lippia turbinata*), entre otros.

La flora no autóctona se ha adaptado a estas tierras como es el caso de los eucaliptos, sauce llorón y mimbre que se encuentran a orillas de ríos y montañas.

II.4 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

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).

Hacia el NO de la zona de estudio, se encuentran las últimas estribaciones de la Sierra de Comechingones, presentando características estructurales similares a las de las Sierras Pampeanas: fracturas inversas de alto ángulo con inclinación de 50° a 70° hacia el bloque levantado, constituyendo fajas de fracturación compuestas por varias fallas. El área se ubica principalmente en la Provincia Geomorfológica Llanura Chaco Pampeana.

La Provincia Geomorfológica Llanura Chaco Pampeana 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 N 320° y N 60° (Cantú y Degiovanni, 1984).

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.

Los materiales característicos que afloran son sedimentos, muy escasamente consolidados de origen diverso, eólicos, aluviales, coluviales y probablemente palustres, de edad pleistocena media hasta holocena superior (Cantú, 1992, 1998).

La mayoría de los suelos de la llanura pedemontana del Sur de la sierra de Comechingones están desarrollados sobre materiales del Holoceno y Pleistoceno Superior Tardío. Litológicamente son loess arenosos muy finos compuestos por dos familias mineralógicas, la del basamento de Sierras Pampeanas y la volcánica de la Cordillera de los Andes (Cantú, 1998),

localmente se encuentran suelos desarrollados sobre materiales aluviales.

En las llanuras deprimidas del Sur Sureste de Córdoba los suelos están desarrollados parcialmente sobre el Holoceno medio y representado por sedimentos eólicos provenientes de las llanuras aluviales de los ríos Cuarto y Quinto, superpuestos a sedimentos aluviales y paleosuelos del Pleistoceno medio-Holoceno bajo. Se encuentran, además, horizontes petrocálcicos de edad Pleistoceno superior tardío y fragipanes de paleosuelos más antiguos (Schiavo et al., 1997; Cantú et al., 2006).

En las llanuras medanosas del Suroeste los suelos se desarrollan sobre materiales eólicos arenosos de edad entre Pleistoceno superior tardío y Holoceno alto, las áreas medanosas más antiguas con formas disipadas presentan los suelos de mayor desarrollo (Cantú y Becker, 2002).

II.4.A. Estratigrafía

El basamento cristalino del área está constituido por un complejo ígneometamórfico compuesto por esquistos gneises, anfibolitas y migmatitas y rocas graníticas. El Paleozoico Superior está representado por areniscas cuarcíticas y sobre estos materiales, cubriendo la mayoría de la superficie, se reconocen materiales Cenozoicos.

La síntesis del Holoceno de Córdoba realizada por Cantú (1992, 1998), donde se establecen los nombres formacionales de varias unidades litoestratigráficas tanto para el Pleistoceno como para el Holoceno, así como dos unidades edafoestratigráficas, es la base de los estudios de estratigrafía del sur de Córdoba. Resaltados se encuentran las unidades estratigráficas y edáficas que se manifiestan en el área de estudio.

Pleistoceno

Formación Alpa Corral (Cantú, 1998): Se compone de arenas finas con gravas dispersas y arenas medias a gruesas con niveles de gravas intercaladas. Su génesis se describe como correspondiente a un ambiente fluvial de moderada energía dentro del abanico medio a distal (Eric, 1986). Hasta el momento se han descrito sólo en las cercanías de la localidad de Alpa Corral. Se trata de sedimentos fluviales compuestos por arenas finas con

gravas dispersas, y gravas finas y gruesas intercaladas con arenas medias y gruesas con estructuras en artesa.

En base a consideraciones geológicas Cantú ubicó su límite en el Plio-Pleistoceno. Tauber et al. (1992) han hallado restos fósiles que establecerían una edad más antigua para esta formación.

Formación Pampeano: Corresponde a depósitos fluviales de variada energía de transporte. Puede presentarse formada por sedimentos limosos y limoarenosos muy finos, pardos rojizos con nódulos de cementación con hierro y hasta por conglomerados fuertemente cementados por carbonatos. También se presenta como limos eólicos (loess), pardo rojizo a pardo amarillentos, con niveles de calcretos.

Inicialmente descrita como fluvioeólica por no encontrarse la relación temporal y espacial de cada unidad. Grumelli (2010) describe dos miembros, los que afloran en el Arroyo del Gato, mostrando una clara relación entre ellos. El inferior se puede homologar con la Formación Ensenada de la Provincia de Buenos Aires y el superior con la Formación Buenos Aires (González Bonorino, 1968).

El miembro inferior está constituido por materiales limosos y limoarenosos muy finos, de color pardo rojizo, con varios niveles conteniendo nódulos de cementación con hierro y sílice subordinada que dan lugar a sectores con cementación continua. El carbonato está dispuesto en forma difusa y fuera de las zonas cementadas. Los materiales se suponen de origen mixto (fluvial de canal, de llanura de inundación, palustre, con intercalaciones de limos eólicos).

El miembro superior está compuesto por limos eólicos pardos amarillentos y pardos rojizos que incluyen varios niveles de calcretos, predominantemente de forma tabular. En la base de este miembro se han encontrado niveles fluviales.

La edad corresponderían al Pleistoceno Superior, con una edad OSL 106 ka.

Geosuelo Santa Catalina: están compuestos por dos horizontes (Bt1 y Bt2) con un espesor total de 1,80 m. Presenta estructura prismática y columnar, con revestimientos de arcillas pardo-rojizas y óxidos de hierro. Aflora en las

márgenes del arroyo Las Lajas. La edad se supone Pleistoceno Medio a Superior.

Geosuelo Ea. El Cerrito: en este paleosuelo, se ha reconocido un horizonte Bt con estructura columnar y semicolumnar, con revestimientos de arcillas y óxidos de hierro. La edad propuesta es Pleistoceno Superior.

Formación Chocancharava: Está formada por psamitas y psefitas, con estructuras de corte y relleno, tendencia general granodecreciente, interpretadas como facies típicas de canales fluviales entrelazados y facies de energía decreciente, tractivas a suspensivas, correspondientes a llanuras de inundación. Se encuentran además materiales pelíticos de color verde amarillento, con rizoconcreciones correspondientes a ambientes lénticos de circulación restringida y asociados a depósitos correspondientes a flujos densos. Puede presentarse como secuencias de canales fluviales de alta energía, ortoconglomerados monomícticos de clastos redondeados con cementación carbonática, conteniendo rodados de diverso tamaño de la Formación Pampiano; en profundidad se observan paquetes arcillosos y limoarcillosos que son asignados a la unidad por sobreyacer a secuencias atribuidas a la Formación Pampiano y estar cubiertos por materiales eólicos de la Formación La Invernada.

Según Cantú (1992, 1998), son sedimentos representativos de un ciclo fluvial, se observa en todos los arroyos y ríos de la provincia. Está compuesto por facies de canal granodecrecientes que pasan a secuencias de aguas tranquilas. Sobre estos sedimentos se encuentra desarrollado el pedocomplejo La Colacha descrito por Cantú (1998, 2005) en los arroyos Las Lajas y del Gato. La edad sería Pleistoceno Superior.

Pleistoceno-Holoceno

Formación La Invernada: Esta compuesta por secuencias de material limoso masivo (loess), en mantos tabulares, presentes en distintos perfiles relevados en toda la zona. El espesor es variable, desde pocos centímetros hasta varios metros. Hacia el techo se puede presentar interestratificada con depósitos limosos y limoarcilloso correspondientes a canales efímeros como en el arroyo Santa Catalina. En diversos sectores el techo de la formación

presenta procesos de edafización generando el Geosuelo Las Tapias (Cantú, 1992), perteneciente al orden de los Molisoles y que en algunos sectores se encuentra como suelo activo superficial, aunque generalmente aparece subyaciendo, mediante contacto erosivo, a los sedimentos de la Formación Laguna Oscura.

Esta formación corresponde a un espeso manto de loess que cubre grandes extensiones de la llanura e incluso ha cubierto las pampas de altura de las sierras Pampeanas como Pampa de Pocho, Achala, Olaen y otras menores de las Sierras de Comechingones. Este proceso deposicional loésico comienza entre los 77ka-50 ka OSL y culmina a los 10,5 ka OSL. Por lo general se observa la presencia de paleocanales cortando la sedimentación eólica cercano a la parte basal, siendo hacia arriba un material puramente eólico (Grumelli y Cantú, 2006). En esta secuencia se puede reconocer un inicio árido (IS4), un cambio algo más húmedo que permitió la presencia de arroyadas (IS3) y luego una continua aridez hasta los comienzos del Holoceno (IS2) (Grumelli et al., 2012). En el sector sur de esta sierra se considera que la mayor parte del loess fue removida por procesos de remoción tipo flujos densos y aluviales. La edad es Pleistoceno Superior - Holoceno Bajo.

Holoceno

Suelo Las Tapias: desarrollado sobre sedimentos eólicos de la Formación La Invernada, está constituido por distintos grandes grupos y subgrupos del orden de los molisoles. En la mayor parte del territorio está cubierto por los sedimentos eólicos de la Formación Laguna Oscura. Su desarrollo habría comenzado durante el Hypsithermal u Optimum Climaticum y en los sectores donde se encuentra en superficie o con una leve cubierta eólica, seguiría desarrollándose. La edad es Holoceno Inferior a Medio.

Formación Arroyo Las Lajas: Se compone de gravas, arenas y limos. La génesis según su ocurrencia puede ser fluvial o coluvial. En este último caso está vinculada a procesos de erosión hídrica bien manifiestos (cárcavas), presentándose como un cenoglomerado con intraclastos del suelo Las Tapias. También puede haberse formado en ambientes fluvio-lagunares, presentando en este caso niveles con diatomeas.

Corresponde a un ciclo fluvial de escasa magnitud difundido en el sur de Córdoba y marca el final del denominado Optimum Climaticum. Los depósitos descriptos se encuentran en canales de fondo plano y paredes verticales y subverticales, con rellenos coluviales y aluviales (Cantú 1992, 1998). La edad sería Holoceno Medio.

Formación Laguna Oscura: Se compone de arenas muy finas y limos eólicos que se presentan en mantos cuyo espesor varía desde centímetros hasta 20 m. La sección superior aflorante puede presentarse edafizada o como sedimentos arenosos finos que constituyen depósitos medanosos resultantes de retrabajo local. Está constituida por arenas muy finas en las que mineralógicamente domina el cuarzo, feldespato y vidrio volcánico. Según Cantú (1992, 1998), la formación corresponde a sedimentos eólicos arenosos muy finos y limosos, extendidos en amplias regiones del sur de Córdoba. Su deposición comenzó al finalizar el período Optimum Climaticum. Sobre estos materiales se desarrolla el suelo actual. Su edad OSL es 6,6 ka (Grumelli, 2010). Correspondiente a Holoceno Medio a Superior.

II.4.B. Estructura

A nivel regional, la zona de estudio se encuentra ubicada en el borde occidental de la provincia geológica Llanura Chaco Pampeana, limitando al Oeste con las Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Las sierras de Córdoba se resuelven como un conjunto de bloques fallados, separados por valles longitudinales, en donde el basculamiento de los bloques mayores del basamento ha generado una morfología asimétrica con ladera oriental tendida y occidental escarpada. Las dislocaciones que limitan longitudinalmente los bloques mayores del basamento son fallas inversas, de orientación preferencial NNO-SSE, de alto ángulo pero con tendencia a curvarse en profundidad (lístricas), que buzcan en superficie entre 50° y 70° hacia el bloque levantado (Gonzalez Bonorino, 1950; Gordillo y Lencinas, 1979; Introcaso et al., 1987).

La Llanura Chaco Pampeana se caracteriza por constituir una parte poco móvil de la corteza, de tendencia negativa, donde en el pasado geológico se acumularon espesas series sedimentarias continentales y marinas. Pasotti (1974), sobre la base de estudios geomorfológicos de la cubierta cenozoica,

también consideró a la llanura Chacopampeana como una cuenca intracratónica de plataforma con un potente relleno sedimentario que puede ser dividida en tres grandes bloques, limitados por geofracturas (megatrazas) de orientación meridional. Según la autora existen evidencias de actividad neotectónica manifestada por la interrupción de la red de drenaje pleistocena.

Estos grandes bloques poseen morfología y comportamiento diferentes: el bloque del oeste, al que denomina “Pampa Elevada” (Pasotti, 1974), se caracteriza por el aporte constante de sedimentos que recibe de las sierras y su movimiento es de ascenso. En el bloque central o “Pampa Hundida” predomina la colmatación y el descenso, mientras que, en el bloque oriental o “Pampa Elevada” se observa un levantamiento y basculamiento.

En la región de estudio las características estructurales son similares a las de Sierras Pampeanas de Córdoba, donde las dislocaciones principales son meridianas a submeridianas (NNO-SSE) y presentan fracturas 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°. 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).

La zona de estudio se encuentra en una zona de intraplaca, con probada sismicidad histórica y actual. Las principales estructuras identificadas en la zona, a partir del análisis sismotectónico regional (Sagripanti, 2006), se agrupan según su rumbo en (Fig. 9):

- rumbo meridiano a submeridiano
- rumbo E-O
- rumbo N120°-150° y
- rumbo N40°-60°

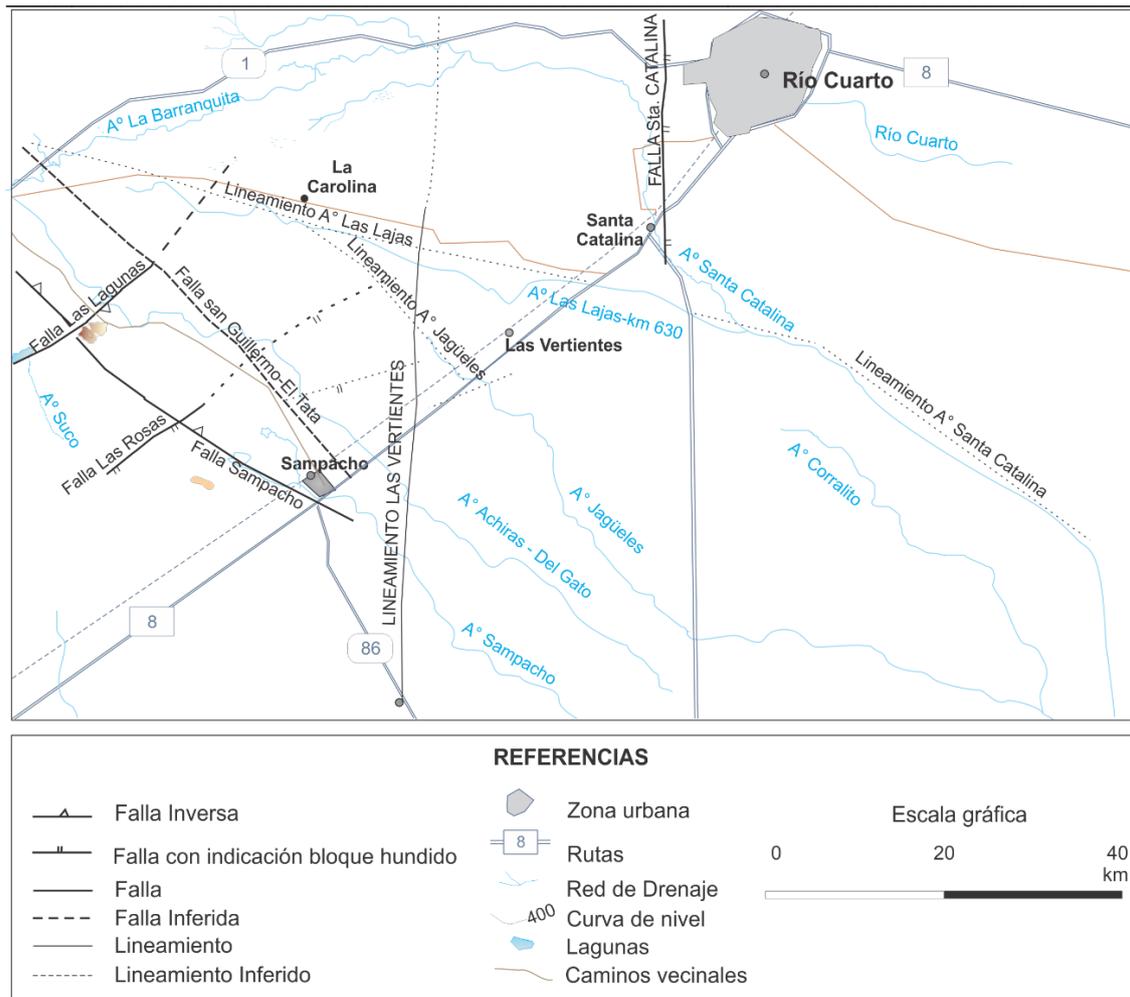


Figura 9: Mapa de estructuras. Modificado de Grumelli, 2010.

Estas fracturas generan a lo largo de toda la planicie pampeana grandes condicionamientos para los sistemas de drenaje superficial y para el movimiento del agua subterránea. Las fracturas de rumbo E-O, muchas de ellas de carácter normal, además de controlar la ubicación de muchos tramos de los principales ríos, determinan el hundimiento escalonado de las sierras de Comechingones y de Las Peñas, así como la ubicación de algunos sistemas volcánicos cretácicos al sur de la sierra de Comechingones (Cantú y Degiovanni, 1982). Las fracturas de rumbo NO-SE están representadas en el extremo sur de las Sierras de Comechingones y en las planicies occidentales. Provocan el descenso escalonado de los bloques serranos y controlan la mayoría de los cursos que tienen sus nacientes en este sector (Achiras, La Cruz, Cortaderas, Chaján, entre otros). Se destacan las fallas: Las Lajas-Sumpacho, Alpa Corral, Chaito-Chazón (Degiovanni y Cantú, 1982).

En este apartado, se marca un lineamiento en el Arroyo Santa Catalina

(área de estudio) que ha sido inferido por la morfología de la red de drenaje antes mencionada.

II.6 USO ACTUAL DEL SUELO

En este complejo relieve fluvioeólico se desarrollan predominantemente molisoles y en menor proporción alfisoles con problemáticas de salinidad y anegamiento (Bosnero et al. 2006). De acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional (2013) el uso de la tierra está dedicado actualmente a la producción agrícola-ganadera cuyos establecimientos rurales se encuentran dispersos.

Para el sur de Córdoba, la ganadería vacuna se desarrolla en espacios enmarcados por alambre con comederos localizados. Para la ganadería porcina, la crianza se desarrolla en espacios reducidos bajo el sistema feedlot.

En el área de estudio, se desarrolla la actividad agropecuaria con métodos de siembra directa de cultivos como maíz, soja y maní (Fig. 10). En zonas marginales de los campos, muchas veces en bordes de rutas o caminos, se observa pastura natural: algunos matorrales dispersos y árboles de espinillo. Para la época del año en la que se realizaron los viajes de campo, los puntos de observación se presentaban con rastrojos de la cosecha anterior (principalmente maíz) con las semillas implantadas en tempranos estadios de crecimiento.



Figura 10: uso actual del suelo en el área de estudio.



CAPÍTULO III

MÉTODOS



III. MÉTODOS

A continuación se describirán las metodologías aplicadas a lo largo del trabajo para el total cumplimiento de los objetivos propuestos anteriormente. El desarrollo metodológico se presenta de forma breve en aquellas metodologías ampliamente conocidas.

III.1 TAREAS PRELIMINARES DE GABINETE

En una primera etapa se realizó una recopilación bibliográfica de trabajos generales relacionados a la génesis de suelos y paleosuelos. Por otra parte, se realizó una intensa recopilación, investigación y actualización de los antecedentes del área de estudio incluyendo clima, vegetación natural y uso de la tierra, entre otras.

III.1.A. Caracterización geológica

Se llevó a cabo una intensa recopilación y actualización de la información geológica, geomorfológica, tectónica y de estratigrafía regional, como marco introductorio para el apartado de geología local.

III.1.B. Caracterización climática

Para este apartado, se recopiló información sobre el área basada en datos hidrológicos, de temperaturas y vientos que permitieron caracterizar climáticamente a la misma.

III.1.C. Análisis geomorfológico

A partir del análisis de las Cartas Topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) Río Cuarto (3363-III) y Labulaye (3563-I) a escala 1:250.000 (2016), Cartas Topográficas de Río Cuarto (3363 19-1) y Santa Catalina (3363 19-8) a escala 1:50.000 (1968), e imágenes satelitales LANDSAT TM (1994, 1998 y 2000) en soporte digital a distintas escalas, ambas georeferenciadas y ortorectificadas, se realizó la fotointerpretación detallada. Con estas imágenes satelitales, posteriormente se realizó el modelo digital del terreno utilizando QGIS 2.18.21.

III.2 TAREAS DE CAMPO

A partir de la caracterización geomorfológica, se realizó un reconocimiento de las unidades y subunidades geomorfológicas presentes en el área que luego fueron corroboradas a campo determinando características y ajustando límites.

III.2.A. Determinación de los puntos de muestreo

Para el estudio de los puntos de muestreo representativos de los suelos desarrollados en el área, se realizó un análisis de relaciones pedológicas y geomorfológicas en cada punto en cuestión, discriminando así sectores representativos de cada unidad en relaciones a suelo-paisaje. El abordaje y determinación final se realizó teniendo en cuenta las características geomorfológicas generales y la cartografía geomorfológica realizada con anterioridad en base a datos regionales.

III.2.B. Muestreo y descripción

Teniendo en cuenta el mapa preliminar desarrollado en la presente tesis por la autora, se profundizó el estudio general del área llevándolo a escala de detalle, con un total de 4 puntos de observación a pala y barreno, que permitieron el ajuste de las unidades cartográficas previamente definidas. Desde estas observaciones, se establecieron perfiles modales de las series de suelos reconocidas. Seguidamente, en campo, se efectuó la descripción detallada de las calicatas abiertas siguiendo los parámetros de clasificación de Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2006).

El muestreo realizado es representativo de todo el perfil, ya que se muestrearon todos los horizontes descriptos. En general se muestreó la parte central de cada horizonte y en casos especiales se tomaron otras muestras, por ejemplo, límite neto entre dos horizontes.

Para el estudio de los suelos se tomaron muestras disturbadas para las determinaciones analíticas (análisis físicos, físicos-químicos y químicos de rutina, análisis granulométrico, redondez y esfericidad y mineralogía de arenas y arcillas).

III.3 TAREAS DE LABORATORIO

Las muestras disturbadas de los distintos horizontes fueron secadas al aire, desmenuzadas, tamizadas (malla N° 10 ASTM) y cuarteadas hasta obtener aproximadamente 1 kg. Sobre cada una de ellas se efectuaron las determinaciones analíticas de rutina, con el objeto de realizar la caracterización de cada uno de los horizontes.

III.3.A. Carbono Orgánico (%)

Se determinó materia orgánica por pérdida de ignición (LOI) según la metodología de Dean's (1974, 1999) modificado por Heiri *et al.* (2001). El fundamento del método consiste en pesar 7 gr de muestra y agregarle un oxidante para eliminar materia orgánica. Luego de terminadas las reacciones, se lleva la muestra a horno a 105°C durante 24 hs. Seguidamente, esta misma muestra es llevada a mufla a temperatura de 550°C durante 4hs. Entre cada procedimiento, se pesa la muestra con el recipiente (previamente pesado) y la diferencia entre instancias es la cantidad de materia orgánica eliminada.

III.3.B. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realizó por el método combinado de la pipeta de Khün, basado en la aplicación de la Ley de Stokes, para las fracciones menores a 50 micrones y tamizado vía seca para las fracciones más gruesas separadas según los rangos establecidos por el Soil Survey Staff (2006).

Tratamientos previos de la muestra: Partiendo de una muestra de 40 gr de suelo se realiza la eliminación de materia orgánica coloidal, en frío, mediante la aplicación sucesiva de pequeñas dosis de agua oxigenada al 20%, hasta que la reacción de oxidación cesa completamente.

A continuación, se eliminan los cementantes mediante CIH con Buffer NaOAc a pH 5, evitando la posible desferrización de algunos minerales.

Se lavan las muestras repetidamente en bomba centrífuga con agua destilada.

Una vez lavada y centrifugada, la muestra es trasladada a vasos de precipitado de 500 ml y es llevada a estufa a una temperatura de 40°C como

máximo hasta que se evapore toda el agua presente en la misma. Realizado este proceso, la muestra debe tamizarse en una secuencia que van, en orden descendente de apertura, de malla N°18, N°35, N°60, N°120, N°230, N°270 y fondo de tamiz.

Finalmente se realizaron los cálculos de porcentajes de cada fracción granulométrica, obteniéndose la distribución del tamaño de partículas de cada horizonte muestreado.

III.3.C. pH

Se determinó el pH por métodos potenciométricos. Relación suelo-agua 1:2,5 mediante un equipo digital Jenco 6171L.

III.3.D. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se realizó por el método del acetato de amonio (AcNa - pH: 8,2), determinando Na⁺ total por fotometría de llama (Metrolab 315) de acuerdo con el Personal Laboratorio de Salinidad del USDA (1982).

III.3.E. Bases Intercambiables

Las Bases Intercambiables se determinaron por el método del acetato de amonio (AcNH₄ - 1N - pH: 7), determinando por colorimetría los cationes Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ y por fotometría de llama Na⁺ y K⁺ (Metrolab 315) de acuerdo al Personal Laboratorio de Salinidad del USDA (1982).

III.3.F. Análisis mineralógico

El análisis mineralógico se realizó a la fracción arena muy fina por vía óptica, siendo ésta la fracción más representativa en cuanto a porcentaje, debiendo estar los granos minerales limpios para su observación e identificación en microscopio petrográfico.

Del tamizado de cada horizonte muestreado, se separó la fracción retenida en el tamiz malla A.S.T.M. N°230, y de ella se pesa un gramo de muestra, sobre el cual se llevó a cabo la separación densimétrica mediante el empleo de un líquido liviano como agua destilada.

De cada horizonte, sobre cada una de las fracciones separadas se montaron preparados, para la identificación y descripción de las características fundamentales de cada especie mineral identificada, mediante lupa petrográfica.

III.3.G. Análisis sedimentológico de redondez

El análisis sedimentológico de redondez se realizó a la fracción arena muy fina por vía óptica.

Sobre cada muestra examinada durante el análisis mineralógico de grano suelto, se determinó la redondez de los individuos mediante la escala de comparación visual de redondez para arenas, utilizando las clases propuestas por Powers (1953) y Shepard (1963).

La redondez es una medida de la cantidad de aristas y vértices que presenta un clasto, que se mide a partir de la proyección bidimensional de una figura del clasto.

III.4 TAREAS DE GABINETE

Esta etapa consistió en la interpretación de los datos obtenidos en las etapas de campo, el procesamiento de los datos obtenidos en el laboratorio y la integración de la información obtenida para su posterior interpretación.

III.4.A. Caracterización Geológica

En base al análisis de la información obtenida se llevó a cabo la caracterización geológica que permitieron confeccionar el Mapa Geomorfológico local y el Mapa Morfopedológico local.

III.4.B. Análisis Geomorfológico

En base al análisis de la información obtenida en el estudio geológico - geomorfológico a mayor detalle, se realizó un ajuste de las unidades geomorfológicas de escala regional que permite distinguir, para los elementos geomorfológicos presentes su origen diverso, distribuciones areales, distintos grados de preservación y formas, procesos y características generales propias y distintivas. Se confeccionó el Mapa Geomorfológico para el área de estudio.

Se definieron las unidades cartográficas, a partir de las observaciones de campo, de la fotointerpretación de fotografías aéreas a escala 1:60.000, y luego controladas a campo a fines de redefinir los límites de las unidades preliminares de la carta de suelos.

Los criterios cartográficos utilizados son los establecidos en el Handbook Nº 18 del Servicio de Suelos del U.S.D.A. (1993).

En base al análisis de la información obtenida se confeccionó el Mapa de Suelos para el área de estudio.

Se realizó una interpretación de la información obtenida para evaluar las condiciones paleoambientales bajo las cuales se depositaron los sedimentos y desarrollaron los suelos. Contemporáneo a esto se realizó una integración de los datos geomorfológicos, estratigráficos, pedológicos, paleopedológicos y correlación estratigráfica con otros sitios en estudio, para establecer las condiciones paleoclimáticas bajo las cuales se produjeron los procesos sedimentarios y pedológicos.

Finalmente, a partir del análisis, interpretación e integración de los datos recolectados y obtenidos, se elaboró el texto final.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y CONCLUSIONES



IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

IV.1. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

IV.1.a. Geomorfología Regional

El relieve constituye una extensa llanura de agradación dominada por geoformas de origen eólico y en menor medida, fluviales y palustres, vinculadas a cambios climáticos del Pleistoceno superior – Holoceno, influenciadas por el estilo estructural presente y los eventos neotectónicos. Se trata en general de planicies loessoides y/o medianosas, suave a moderadamente onduladas con pendiente general hacia el sudeste inferior al 0,5 %, donde se desarrollan las cuencas medias y bajas de los sistemas fluviales que drenan el extremo meridional de la Sierra de Comechingones.

El diseño morfoestructural mencionado, define sectores positivos y áreas deprimidas que en este ambiente de tan bajo relieve desempeñan y desempeñaron un rol importantísimo en la dinámica geomorfológica del área.

Por otra parte, es importante destacar la incidencia de la actividad antrópica en estos geosistemas, principalmente desde el siglo pasado cuando se introdujeron las prácticas agrícolas-ganaderas. Estas ocasionan importantes desequilibrios al modificar notoriamente la magnitud, localización y recurrencia de procesos naturales como la erosión hídrica y eólica, anegamiento, erosión, inundación y sedimentación fluvial, lo que las convierte en agentes geomórficos muy activos.

El ámbito geomorfológico pertenece a la gran planicie Llanura Chaco-Pampeana, caracterizada por Bonalumi et al. (2005) como una extensa sedimentación continental con restos de abanicos aluviales coalescentes de sedimentos fluviales que gradualmente se interdigitan con limos, arenas fluvio-eólicas y materiales loessoides. Carignano et al. (2014) dividen a la gran provincia geomorfológica Llanura Chacopampeana, dentro de la Provincia de Córdoba, en cuatro ambientes mayores: Depresión tectónica de la laguna de Mar Chiquita, Planicie arenosa eólica del sur, Ambientes pedemontanos y Planicie fluvioeólica central. En este último se encuentra el área de estudio, caracterizado por morfologías de depósitos fluviales y aluviales efímeros y de sistemas eólicos loessicos. El paisaje actual resulta de la influencia del periodo

húmedo y de la actividad eólica durante los episodios secos con la generación de un manto de loess que suavizó las formas menores del paisaje, el desarrollo de dunas y la generación de cubetas de deflación, la mayoría de ellas actualmente ocupadas por lagunas.

IV.1.b. Caracterización Geomorfológica Local

Localmente el área de estudio responde a una dinámica eólica y fluvial controladas por el clima actual, la litología de los materiales aflorantes y las características estructurales del área que condicionan, por medio de sus movimientos neotectónicos, los niveles de base, altos y depresiones topográficas (Fig. 11).

En el Modelo Digital del terreno permite observar en el área de estudio un gradiente altitudinal manifestado por medio de pendientes largas y poco pronunciadas que van de SW-NE con pendiente de 0,5-1%.

Regionalmente la zona de estudio integra lo definido por Carignano *et al.* (2014), como unidad geomorfológica *Planicie arenosa de Moldes y Malena* con algunas características como relieve suave a moderadamente ondulado, con una pendiente general hacia el sudeste del orden del 0,5 a 0,1 % y, aproximadamente, entre las cotas 550–250 m.s.n.m. Asociado al arroyo Santa Catalina se encuentran paleocanales de diseño rectilíneo a ligeramente sinuoso.

Entre las morfoestructuras se destacan: el alto de Santa Catalina-del Golf, de orientación submeridiana que controla a los arroyos Santa Catalina y Las Lajas, como también al río Chocancharava (Degiovanni *et al.* 2005; Doffo y Degiovanni 1993; Doffo y Bonorino 2006).

Los materiales dominantes en las lomas que conforman la unidad son secuencias fluviales con diferente grado de cementación, depósitos loésicos con paleosuelos y sedimentos lacustres-palustres, cubiertos por arenas eólicas (Degiovanni *et al.* 2005; Degiovanni 2008; Costa *et al.* 2005).

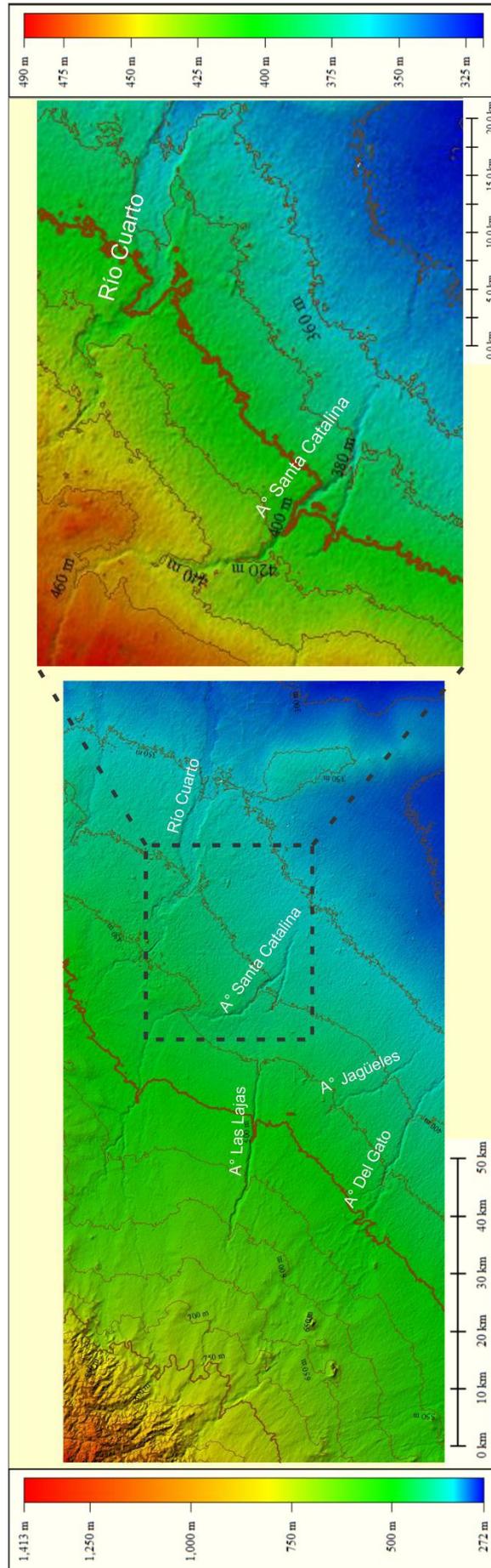


Figura 11: modelo digital del terreno.

A partir del análisis de detalle del área de estudio, se propone la organización de unidades y subunidades geomorfológicas (Figura 12) en base a sus elementos de origen, distribución areal, preservación y formas y procesos genéticos en general:

- I. Unidad *Planicie eólica loessica*,
- II. Unidad *Planicie eólica de médanos longitudinales*,
- III. Unidad *Fajas fluviales*:
 - III. a. Subunidad *Arroyo Santa Catalina*
 - III.a.1. Faja fluvial actual
 - III.a.2. Paleofaja fluvial
 - III. b. Subunidad *Arroyo Las Lajas - km 630*:
 - III. b.1. Faja fluvial actual,
 - III. b.2. Paleofaja fluvial,
- IV. Unidad *Rasgos hídricos efímeros*
- V. Unidad *Bajos anegables*

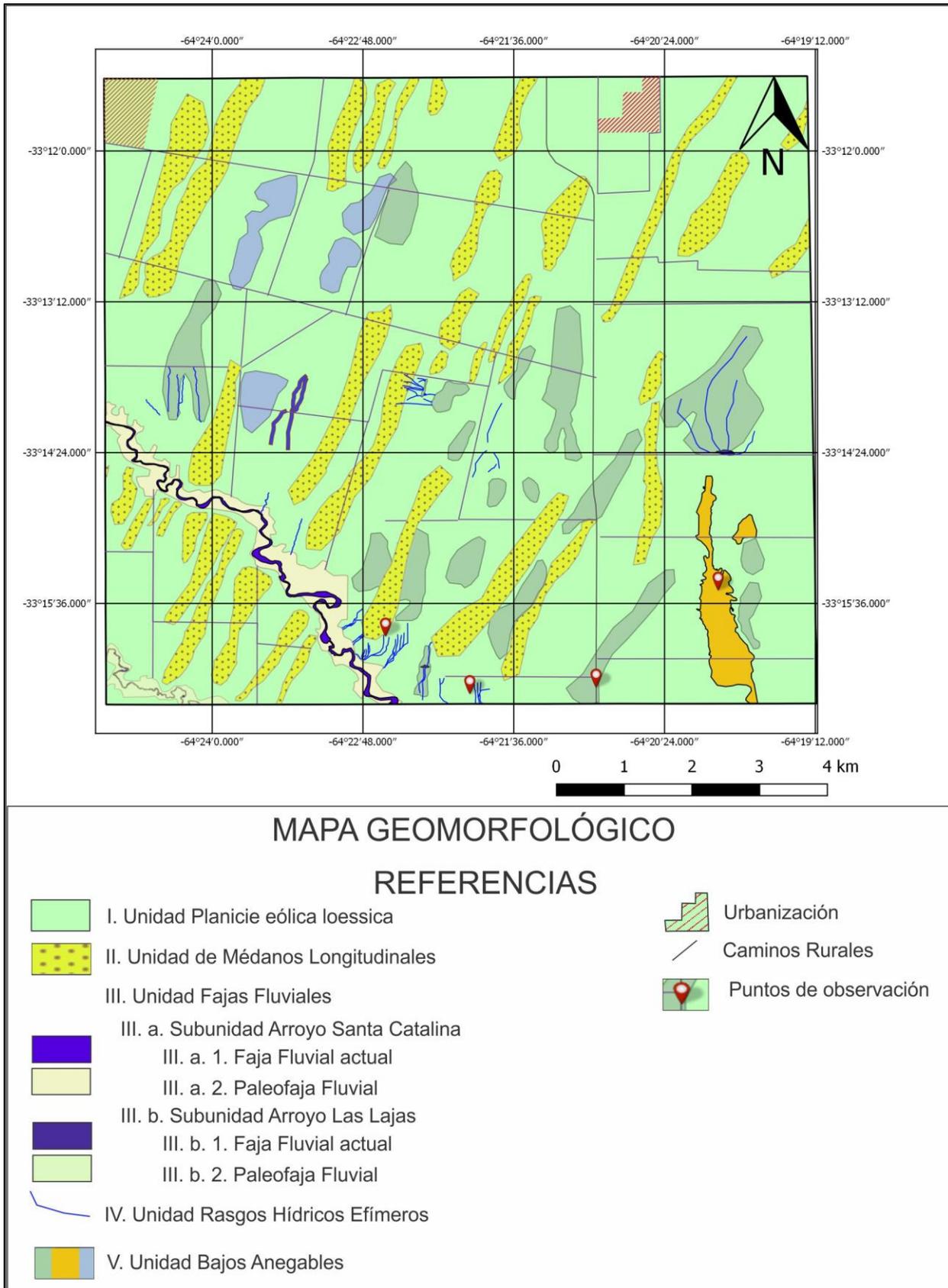


Figura 12: mapa geomorfológico del área de estudio (Georreferenciado en Qgis).

I. Unidad *Planicie eólica loessica*

Es un ambiente geomorfológico eólico producto de procesos de acumulación-deflación. Se caracteriza por la presencia de microrelieves suavemente ondulados de pendientes que no superan el 1%. La pendiente general es hacia SW-NE y está surcada por paleorasgos fluviales y eólicos.

Los materiales presentes son sedimentos eólicos compuestos por arenas muy finas y limos. Probablemente esta superficie responde al eólico del Máximo Glacial y está parcialmente obliterada por los sedimentos eólicos del Holoceno superior. Serían correlacionables con la Fm. La Invernada (Grumelli, 2010).

II. Unidad *Planicie eólica de médanos longitudinales*

Es un ambiente constituido por médanos longitudinales con orientación preferencial NE-SW y pendientes del orden de 0,2-0,5%. Estas geoformas, actualmente están vegetadas por pasturas naturales en algunos casos, están sembradas con maíz o soja.

Estos paleorasgos se imponen al ambiente Planicie Eólica Loessica con predominancia en toda el área; en la zona SW se observan bien representadas, vegetadas, pero no cultivadas. Aquí las geoformas alcanzan una pendiente de hasta 2%.

Esta unidad está compuesta por arenas muy finas con poca proporción de limos pertenecientes a la Formación Laguna Oscura.

III. Unidad *Fajas fluviales*

Esta unidad presenta pendiente general hacia el SE, asociada a los cursos Santa Catalina y Del Gato. Cuyos rasgos fluviales no han sido bien preservados debido al avance de la frontera agrícola sobre las primeras paleoterrazas. De esta manera, de ambos cursos de agua solo quedan algunas expresiones morfológicas antiguas y las que deja el mismo en su dinámica actual. Esta unidad está compuesta por arenas medias a finas bien seleccionadas.

III. a. Subunidad Arroyo Santa Catalina

III.a.1. Faja fluvial actual

Esta unidad geomorfológica dinámica se compone del cauce del arroyo y su llanura de inundación.

III.a.2. Paleofaja fluvial

Se encuentra representada por un nivel de terraza y compuesta por sedimentos de la Formación La Invernada, litológicamente está constituida por materiales limosos masivos de morfología tabular y de espesor variable.

III. b. Subunidad Arroyo Las Lajas-km 630

III. b.1. Faja fluvial actual

Esta subunidad geomorfológica se compone del cauce del arroyo y su llanura de inundación.

III. b.2. Paleofaja fluvial

Se encuentra representada por más de un nivel de terraza y compuesta por gravas arenas y limos, en secuencias granodecrecientes, provenientes de la Formación Las Lajas.

IV. Unidad Rasgos hídricos efímeros

En esta unidad se destaca la morfología de drenaje de los ambientes geomorfológicos anteriores, su morfodinámica está vinculada a la evacuación de excesos hídricos provenientes principalmente de la unidad médanos longitudinales. Estas morfologías tienen su nivel de base, principalmente en los arroyos Santa Catalina y Del Gato-630 y cuerpos lagunares efímeros o bajos anegables.

V. Unidad Bajos anegables

Esta unidad hace referencia a las depresiones topográficas generadas en el terreno por diversas fuentes: tectónica, antiguas cubetas de deflación y depresiones entre dunas longitudinales.

Estas unidades han sido identificadas gracias a perfiles de elevación y análisis secuencial y temporal de imágenes satelitarias (Fig. 12).

IV. 2. CARACTERIZACIÓN TECTÓNICA

Como ha sido mencionado, la zona de estudio se encuentra afectada por numerosas fallas tectónicamente activas, lineamientos y corrimientos, en su mayoría producto de la orogenia Andina. Estas estructuras sismogeneradoras han sufrido rechazos verticales diferenciales generando morfologías de bloques elevados y deprimidos que se traducen en el relieve ondulado del área de estudio (Sagripanti, 2006).

De esta manera, gran parte de los cursos de agua de la región se han visto afectados por fallas inversas y normales. Bajo esta premisa, se puede establecer que el relieve actual, tanto del área de estudio como de la región, está controlado por la actividad tectónica cuaternaria que provoca reacomodamientos y ajustes en los niveles de base de ríos y arroyos. En consecuencia, se produce un continuo rejuvenecimiento del paisaje.

De acuerdo con la información obtenida a partir del análisis de antecedentes, de imágenes satelitales y lo corroborado en campo, se establece que la zona de estudio se encuentra delimitada por las siguientes fallas y lineamientos principales (Fig. 9):

- **Falla del Tigre Muerto:** de rumbo meridiano-submeridiano, que se ubica a los $64^{\circ} 07'$ de longitud Oeste. Se infiere que su carácter es inverso con plano buzante al Este y bloque hundido al oeste. La expresión de su traza en superficie es bien marcada, con un resalto topográfico importante en el sector sur de la Hoja, que sería una respuesta morfotectónica a las reactivaciones neógenas. Constituye el límite occidental del bloque Levalle, ejerciendo un importante control sobre el arroyo Santa Catalina. Si bien esta falla no aparece dibujada en el mapa de la Figura 9, se destaca de igual manera debido a sus notables influencias en el área.
- **Falla de San Basilio:** se ubica a los $64^{\circ} 20'$ de longitud oeste y se infiere que su carácter es inverso, con plano buzante al este. Hacia el Sur se la puede continuar con el mismo rumbo hasta la Falla del río Quinto.

- **Falla Santa Catalina:** se ubica a los 64° 25' de longitud oeste en la zona occidental de la Ciudad de Río Cuarto y se continúa hasta la localidad que le otorga el nombre de Santa Catalina. Posee el bloque hundido hacia el este. Sus lineamientos se reconocen claramente en las imágenes satelitales ya que tienen incidencia en la morfología hidrológica.
- **Lineamiento Arroyo Santa Catalina:** según lo propuesto por Grumelli (2010), se puede continuar la orientación SW-NE del lineamiento A° Las Lajas hasta la confluencia de este con el A° Santa Catalina. Siguiendo la morfología del curso, hasta el NE, se observa un patrón linear regular a lo largo del mismo que luego, a la altura de los 64° 11' de longitud oeste toma una posición meridional N-S. Estas características son suficientes para proponer el *lineamiento A° Santa Catalina* en el primer bloque orientado noreste, como puede observarse en el mapa de la Figura 9.

IV. 3. DESCRIPCIÓN DE SERIES TENTATIVAS DE SUELOS

En este segmento se describirán las series reconocidas en el área de estudio y se realiza una breve descripción del paisaje, morfología, análisis físicos, físico-químicos y químicos, y su clasificación taxonómica.

Serie tentativa Paraje Santa Flora

Presenta un relieve subnormal de posición en bajo. La pendiente es de 0-1% con un escurrimiento rápido y permeabilidad moderadamente rápida. Existe una ligera erosión hídrica, bien drenada y sin peligro de anegamiento. La distribución de la humedad es uniforme y fresca, con una cobertura de aproximadamente el 60% y sin sales ni pedregosidad. Estos suelos se usan para agricultura de maíz y soja, principalmente.

El perfil tipo fue estudiado a los 33°16'08,2" de latitud sur y a los 64°20'56,7" de longitud oeste, a los 382 m.s.n.m. (Fig. 12) y presenta las siguientes características:

A (0-13 cm); pardo oscuro (7,5YR 4/4) en seco; de textura franco arenosa; bioturbado con bloques subangulares de tendencia a prismático. Posee

una consistencia, ligeramente dura y friable, no plástico y ligeramente adhesivo.

AC (13-23 cm); pardo grisáceo mate (7,5 YR 5/4) en seco; de textura también franco arenosa, y estructura granular a masiva. En consistencia presenta características de ser ligeramente duro y friable con ligera plasticidad y adhesividad; hay abundantes raíces.

C (23-40 cm); pardo grisáceo mate (7,5YR 5/3) en seco; de textura franco arenosa; raíces abundantes de estructura masiva. Posee una consistencia, ligeramente dura y friable, no plástico y ligeramente adhesivo. Su límite inferior es de tipo abrupto y suave de forma. Con abundantes raíces.

2Bt1 (13-23 cm); pardo (10YR 4/4) en seco; de textura franco arenosa, y estructura en bloques subangulares finos. En consistencia presenta características de ser muy duro y friable con plasticidad y adhesividad; hay barnices abundantes. Tiene presencia de raíces.

2Bt2 (54-68 cm); pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; de textura franca en bloques subangulares medios moderados. De consistencia duro y friable, con características de plasticidad y adhesividad. Hay presencia de raíces.

2Bt3 (68-83 cm); pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; de textura franca arenosa en bloques subangulares finos débiles. De consistencia duro y friable, ligeramente plástico y adhesivo. Hay presencia de raíces.

A continuación, se presentan los datos analíticos del perfil representativo de la serie.

HORIZONTE	Ap	AC	C	2Bt1	2Bt2	2Bt3
<i>Profundidad, cm</i>	0-13	13-23	23-40	40-54	54-68	68-83
<i>Carbono orgánico %</i>	2,68	8,66	2,03	0,60	2,68	2,21
<i>Arcilla < 2 μ, %</i>	2,17	1,76	1,07	11,24	8,09	4,69
<i>Limo, 2-50 μ, %</i>	43,01	34,91	46,63	31,85	45,71	45,01
<i>Arena muy fina, 50-100 μ, %</i>	42,96	61,62	51,58	53,75	39,30	45,11

<i>Arena fina, 100-250 μ, %</i>	3,06	0,89	0,23	2,87	6,63	4,97
<i>Arena media, 250-500 μ, %</i>	3,79	0,36	0,24	0,22	0,10	0,18
<i>Arena gruesa, 500-1000 μ, %</i>	4,29	0,02	0,25	0,08	0,16	0,03
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm, %</i>	0,71	0,044	0	0	0	0
<i>pH en agua, 1 : 2,5</i>	6	7	7,5	7,4	7,2	7
<i>Cationes de Intercambio, meq/100 gr</i>						
<i>Ca⁺⁺</i>	9,8	11,4	11,4	12,4	23,8	16
<i>Mg⁺⁺</i>	4,2	2,2	1,6	0,8	7,2	4,6
<i>Na⁺</i>	0,77	0,49	0,43	0,39	0,5	0,57
<i>K⁺</i>	17,44	12,16	10,99	9,96	17,88	14,95
<i>Suma de bases, meq/100 gr. (S)</i>	32,21	26,25	24,42	23,55	48,38	36,12
<i>CIC, meq/100 gr. (T)</i>	15,39	13,38	7,43	10,26	6,05	7,09
<i>Saturación con bases, % (S/T)</i>	---	---	---	---	---	---

Tabla 1: datos analíticos del perfil tipo para serie tentativa Paraje Santa Flora.

El perfil desarrolla una diferenciación de horizontes bien marcada, con paleosuelos decapitados y enterrados a baja profundidad. El análisis de este se realizó en los seis horizontes a una profundidad total de 83 cm, aunque el mismo continúa hasta poco más de un metro.

Los factores de formación para este tipo de suelos han seguido diferentes caminos a lo largo de su historia evolutiva. Para el suelo argílico, el material original podría haber sido lacustre debido a la ocurrencia de laminaciones planoparalelas en la base del horizonte 2Bt1. Por encima, el suelo poco desarrollado, de texturas más finas por un nuevo flujo de material posiblemente eólico. Esta nueva depositación no posee gran desarrollo debido al menor tiempo de evolución que ha tenido. Además, se considera un clima subhúmedo constante que permita la diferenciación vertical del perfil. Al posicionarse en un relieve de bajo (Fig. 13), los procesos evolutivos de

hidrólisis parcial, hidratación y neoformación han logrado la distribución actual de horizontes.

Los suelos de la serie tentativa Paraje Santa Flora (Fig. 14), corresponden a la clasificación taxonómica de Hapludol éntico tpto argílico, térmico, illítico, franco arenoso.



Figura 13: paisaje de la serie tentativa Paraje Santa Flora.

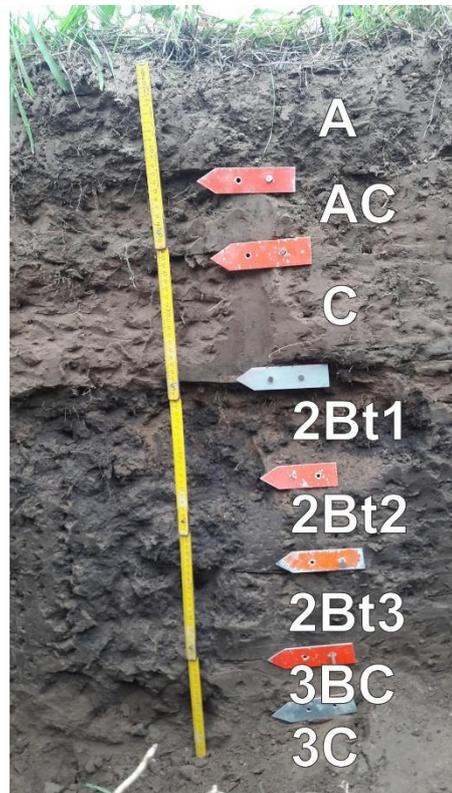


Figura 14: perfil tipo de la serie tentativa Paraje Santa Flora.

Serie tentativa Santa Catalina

Presenta un relieve normal de posición en loma. La pendiente es de 1-3% con un escurrimiento rápido y permeabilidad moderadamente rápida. Existe una ligera erosión hídrica con buen drenaje y sin peligro de anegamiento. La distribución de la humedad es uniforme y fresca, con una cobertura de aproximadamente el 30% o menos y sin sales ni pedregosidad. Estos suelos se usan para agricultura de maíz y soja, principalmente.

El perfil tipo fue estudiado a los 33°15'43,84" de latitud sur y a los 64°22'37,26" de longitud oeste, a los 400 m.s.n.m. (Fig. 12). A continuación, se presenta la descripción de horizontes de este:

Ap (0-4 cm); pardo oscuro (10YR 4/4) en seco; de textura arenosa franca; de bloques subangulares débiles a granulares. Posee una consistencia, blanda y muy friable, no plástico y no adhesivo. Su límite inferior es de tipo abrupto y suave de forma.

A2 (4-15 cm); pardo oscuro (10YR 4/4) en seco; de textura también arenosa franca, y estructura de bloques subangulares medios débiles que rompen a bloques más finos a granulares. En consistencia presenta características de ser blanda y muy friable no plástico y no adhesivo.

BA (15-25 cm); pardo (10YR 4/3) en seco; de textura arenosa franca con estructura tipo bloques subangulares medios débiles. De consistencia ligeramente dura y muy friable, ligeramente plástico y no adhesivo.

Bw1 (25-36 cm); pardo (10YR 4/3) en seco; de textura arenosa franca en bloques subangulares medios a prismas débiles. Ligeramente duro y friable con ligeramente plástico y ligeramente adhesivo.

Bw2 (36-44 cm); pardo oscuro (10YR 4/4) en seco; de textura franca arenosa con estructura en bloques subangulares medios a finos débiles. Ligeramente duro y friable con ligera plasticidad y adhesividad.

BC (44-53 cm); pardo oscuro (10YR 4/4) en seco; con una textura también franca arenosa en bloques subangulares finos moderados. Su consistencia es ligeramente dura y friable y ligeramente plástica y adhesivo.

C (+53 cm); pardo gris amarillento (10YR 4/2) en seco; de textura arenosa franca y estructura masiva. Consistencia blanda-y muy friable, ligeramente

plástico y no adhesivo.

Seguidamente, se presentan los datos analíticos del perfil representativo de la serie.

HORIZONTE	Ap	A2	BA	Bw1	Bw2	BC	C
<i>Profundidad, cm</i>	0-4	4-15	15-25	25-36	36-44	44-53	53+
<i>Carbono orgánico</i>	2,42	2,73	2,46	2,66	1,64	1,46	1,32
<i>Arcilla < 2 μ, %</i>	1,55	1,15	0,25	0,21	1,17	2,21	0,33
<i>Limo, 2-50 μ, %</i>	22,71	21,29	19,23	21,90	27,05	24,87	16,84
<i>Arena muy fina, 50-100 μ, %</i>	73,06	74,41	77,34	69,23	65,00	68,93	78,93
<i>Arena fina, 100-250 μ, %</i>	2,26	2,50	2,85	5,10	6,37	3,54	3,37
<i>Arena media, 250-500 μ, %</i>	0,29	0,44	0,16	1,62	0,24	0,27	0,28
<i>Arena gruesa, 500-1000 μ, %</i>	0,09	0,15	0,14	1,42	0,12	0,13	0,20
<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm, %</i>	0,04	0,05	0,03	0,52	0,04	0,06	0,05
<i>pH en agua, 1 : 2,5</i>	5,8	5,8	6,4	6,8	7	7,3	7,3
<i>Cationes de Intercambio, meq/100 gr</i>							
<i>Ca⁺⁺</i>	6,2	5,8	5,6	6,8	7,8	6,6	5,4
<i>Mg⁺⁺</i>	2	1	1,4	2,6	2,6	3,4	3,6
<i>Na⁺</i>	0,23	0,24	0,26	0,37	0,22	0,26	0,32
<i>K⁺</i>	12,95	8,98	8,66	10,13	11,48	12,01	10,53
<i>Suma de bases, meq/100 gr. (S)</i>	21,38	16,02	15,93	19,89	22,19	22,27	19,85
<i>CIC, meq/100 gr. (T)</i>	13,70	13,85	12,61	14,01	15,57	13,46	13,46
<i>Saturación con bases, % (S/T)</i>	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 2: datos analíticos del perfil tipo para serie tentativa Santa Catalina.

Este perfil tipo posee características de bajo desarrollo estructural con poca diferenciación en el color entre horizontes, un carbono orgánico poco variable y una cantidad muy baja de arcillas.

Los factores de formación para este tipo de suelos han sido poco evidenciados. El desarrollo vertical descendente nos indica un tipo de evolución considerable, lo cual haría esperar materiales iluviales en el perfil, ausentes en el mismo. La causa de esta falta considerable de materiales menos a 2μ , puede deberse, principalmente a su posición en el relieve (Fig. 15) de la mano con el material original y el clima.

Los suelos de la serie tentativa Santa Catalina (Fig. 16), corresponden a la clasificación taxonómica de Hapludol Típico, térmico, illítico, areno franco.



Figura 15: paisaje desde la cresta de la loma hacia abajo de la serie tentativa Santa Catalina.

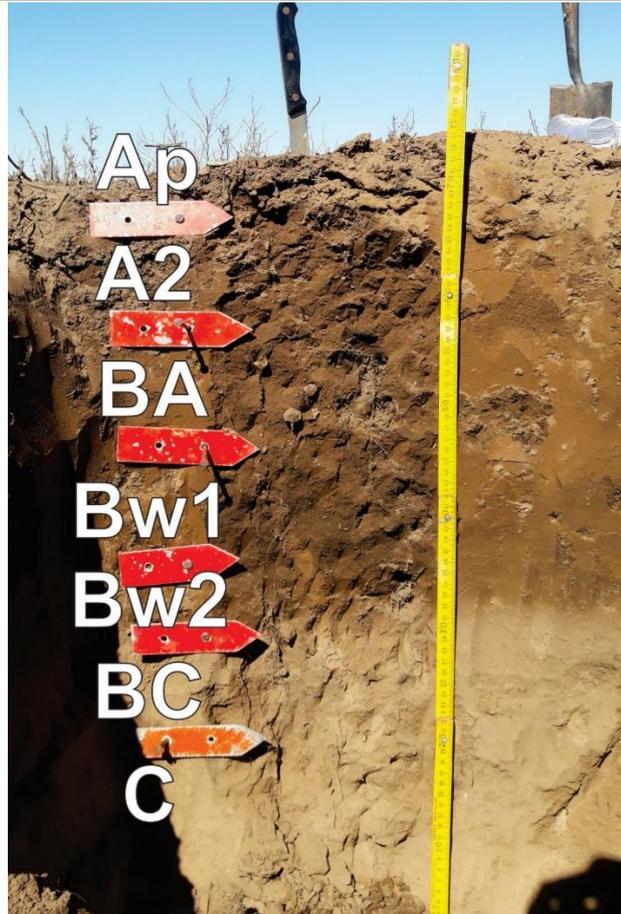


Figura 16: perfil tipo de la serie tentativa Santa Catalina.

Serie tentativa Río Cuarto

Se caracteriza por un relieve normal de posición en bajo y pendiente de 0-1%. El escurrimiento es rápido y la permeabilidad moderadamente rápida. Hay erosión hídrica ligera, bien drenada y sin peligro de anegamiento. La distribución de la humedad es uniforme, preferencialmente seca sin sales o álcalis ni pedregosidad. Estos suelos se usan principalmente para la agricultura de siembra de soja y maíz.

El perfil tipo fue estudiado a los 33°16'11,3" de latitud sur y a los 64°21'57" de longitud oeste, a los 400 m.s.n.m. (Fig. 12). A continuación, se presenta la descripción de horizontes:

Ap (0-3 cm); pardo gris amarillento (10YR 4/2) en seco; presenta textura arenosa franca y estructura granular. De consistencia ligeramente dura y friable, ligeramente plástico y adhesivo.

A2 (3-16 cm); pardo (10YR 4/3) en seco; posee textura arenosa con estructura

granular débil que rompe a bloques subangulares finos. Ligeramente dura y friable y ligeramente plástico y adhesivo.

Bw1 (16-27 cm); pardo (10YR 4/3) en seco; de textura arenosa franca en una estructura de prismas débiles que rompen a bloques subangulares finos. Ligeramente dura y friable, plástico y adhesivo al tacto. Posee abundantes barnices tipo tornasolados.

Bw2 (27-40 cm); pardo oscuro (10YR 3/3) en seco; su textura es arenosa y estructura tipo bloques subangulares dinos débiles que rompen a granular. Es ligeramente dura y friable. Es plástico y ligeramente adhesivo.

Bck (40-57 cm); pardo (10YR 4/4) en seco; con textura arenosa, presenta una estructura granular a masiva. Ligeramente dura y friable, ligeramente plástico y no adhesivo. Se caracteriza por presentar CO₃⁼ con una reacción moderada.

Ck (+57 cm); pardo (10YR 4/3) en seco; con textura arenosa, granular débil a masiva, ligeramente dura y friable. Además, es ligeramente plástico y no adhesivo. Su característica más destacable es una importante reacción al carbonato.

Seguidamente, se presentan los datos analíticos del perfil representativo de la serie.

HORIZONTE	Ap	A2	Bw1	Bw2	Bck	Ck
<i>Profundidad, cm</i>	0-3	3-16	16-27	27-40	40-57	57+
<i>Carbono orgánico</i>	2,12	1,73	2,01	1,66	1,51	1,45
<i>Arcilla < 2 μ, %</i>	2,44	0,62	1,14	0,61	4,44	0,60
<i>Limo, 2-50 μ, %</i>	14,15	10,18	22,68	11,34	1,87	2,63
<i>Arena muy fina, 50-100 μ, %</i>	76,62	73,33	65,97	82,39	85,82	85,69
<i>Arena fina, 100-250 μ, %</i>	6,40	15,55	9,79	5,31	7,64	9,85
<i>Arena media, 250-500 μ, %</i>	0,25	0,23	0,28	0,16	0,13	0,14
<i>Arena gruesa, 500-1000 μ, %</i>	0,12	0,08	0,12	0,11	0,06	0,07

<i>Arena muy gruesa, 1-2 mm, %</i>	0,03	0,01	0,02	0,08	0,03	0,02
<i>pH en agua, 1 : 2,5</i>	6,2	5,4	5,8	6,3	6,1	6,7
<i>Cationes de Intercambio, meq/100 gr</i>						
<i>Ca⁺⁺</i>	5,2	4,2	4,8	4,4	4,8	4,8
<i>Mg⁺⁺</i>	2	1,8	5,2	6,4	6	4
<i>Na⁺</i>	0,47	0,59	0,45	0,33	0,56	0,59
<i>K⁺</i>	10,86	7,31	6,68	6,47	6,16	5,64
<i>Suma de bases, meq/100 gr. (S)</i>	18,53	13,90	17,17	17,60	17,52	15,03
<i>CIC, meq/100 gr. (T)</i>	15,22	15,65	10,33	15,13	14,43	14,43
<i>Saturación con bases, % (S/T)</i>	---	---	---	---	---	---

Tabla 3: datos analíticos del perfil tipo para serie tentativa Rio Cuarto.

Este perfil tipo posee características de bajo desarrollo estructural en profundidad, carbono orgánico variable, con sus mayores valores en horizontes superficiales. En los últimos horizontes descriptos del perfil, el mismo presenta una importante reacción a los carbonatos.

Los factores de formación han permitido el desarrollo de buenos suelos. Según los datos químicos, los suelos de esta serie son bien drenados con poca o nulas acumulaciones de sodio. Si bien no existe un desarrollo estructural bien marcado ni argilomineral que evidencie una importante iluviación, estos suelos arenosos son de gran utilidad en la zona agropecuaria preferencial de maíz y soja.

En el perfil se observa un tipo de evolución considerable, puede deberse, en orden jerárquico, a su posición en el relieve (Fig. 17), en segundo lugar, el material original y finalmente, el clima. Aunque en paralelo estén actuando el tiempo y la biocenosis.

Los suelos de la serie tentativa Río Cuarto (Fig. 18), corresponden a la clasificación taxonómica de Hapludol, térmico, illítico, arenoso.



Figura 17: paisaje de carácter plano de la serie tentativa Río Cuarto.

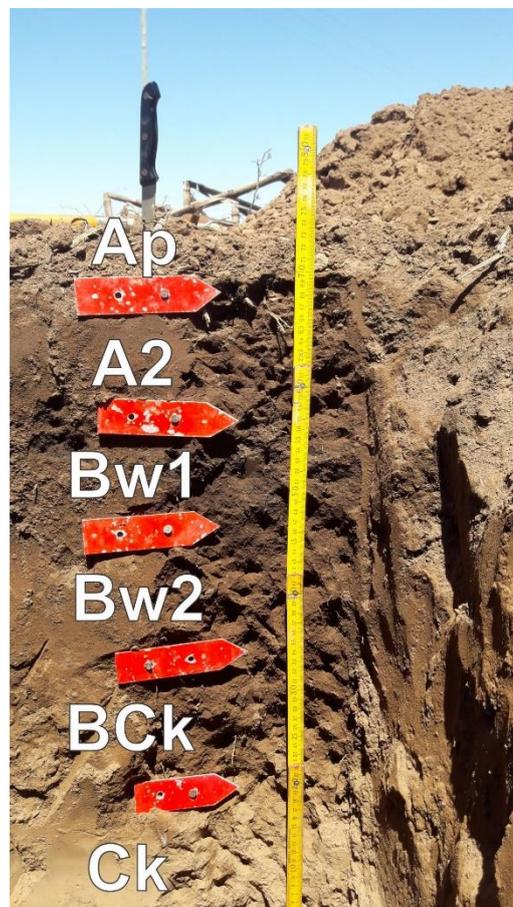


Figura 18: perfil tipo de la serie tentativa Río Cuarto.

Serie tentativa La Viuda

Se caracteriza por un relieve subnormal de posición en bajo y pendiente de 0-1%. El escurrimiento es rápido y la permeabilidad moderadamente rápida. Hay erosión hídrica ligera, buen drenaje y leve peligro de anegamiento. Conforme la perforación del barreno iba avanzando, se observó que la distribución de la humedad es uniforme, preferencialmente seca con sales y sin pedregosidad. Estos suelos no pueden utilizarse para fines agrícolas. El perfil tipo fue estudiado a los 33°15'21,9" de latitud sur y a los 64°19'58,4" de longitud oeste, a los 380 m.s.n.m.

En la determinación de laboratorio de obtuvo un pH 12 y textura areno franca, la cual fue realizada con la mano y frotando la muestra entre los dedos y las palmas. Este método fue utilizado frente a la imposibilidad de realizar dispersión de arcillas por pipeta debido a la gran cantidad de sales sódicas en la muestra.

En este tipo de suelos, no hay crecimiento de plantas naturales o sembradas. A los alrededores de este, cuando disminuyen las sales, hay crecimiento de pastizales autóctonos (Fig. 19). La clasificación taxonómica es: Hapludol sálico, térmico, illítico, arenoso franco.



Figura 19: precipitación de sales en suelo salino sódico. Las grietas de desecación indican anegamiento-evaporación periódica.

Las actividades de laboratorio arrojaron valores de cationes de intercambio normales a excepción de los valores anómalos de potasio. Estos valores están por encima de la media para los tipos de suelos descritos anteriormente, que, en conjunto con la textura, indicarían el efecto antrópico de un exceso de fertilización mantenida en el tiempo que hacen que todas las posiciones de intercambio libres están ocupadas por potasio mas el exceso de fertilización llevando los valores de saturación de bases por encima de cien en todos los perfiles y todos los horizontes.

Los suelos pertenecientes a la serie tentativa La Viuda presentan sobresaturación de sodio en lugar de potasio como los anteriores.

IV. 4. CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA

Para este apartado, se utilizó la fracción obtenida a partir del tamiz 230 que equivale a granulometrías de arenas finas, muy finas y arcillas, de los horizontes estudiados.

Se observa, además, una predominancia de minerales livianos, entendiéndose por los mismos a cuarzo, plagioclasa, feldespatos potásicos, fragmentos líticos, y material volcánico del cuál se observan, ocasionalmente, trizas. Los minerales pesados conforman, aproximadamente, <5% en cada muestra y este grupo está integrado por Micas, Piroxenos, Olivinos, Lamprobolita y Opacos.

Serie tentativa Paraje Santa Flora

Se reconocieron abundantes minerales livianos en la muestra (Fig. 20), correspondientes a un 86%. Esta fracción está integrada por:

- *Cuarzo*: se presenta en granos pequeños incoloros subredondeados de alta esfericidad. Existen ejemplares de características subangulares. Algunos granos presentan inclusiones en los bordes de color pardo oscuro.
- *Feldespatos potásicos/Plagioclasas*: granos subredondeados a subangulares de alta esfericidad y colores pardo claros a muy claros con algunos ejemplares incoloros.
- *Vidrio volcánico*: granos subangulares a angulares de baja esfericidad incoloros con algunos ejemplares alterados de color pardo claros a

pardos.

- *Líticos*: granos subredondeados de baja esfericidad y colores pardos a pardo oscuros.
- *Biotitas*: granos subredondeados de baja esfericidad y colores pardo oscuro a negro.
- *Cloritas*: si bien no es un mineral que se presente de manera estándar en todas las muestras observadas, éste fue hallado en los horizontes B con características de granos laminares y alargados, de bordes subredondeados y colores pardo verdosos.
- *Muscovita*: granos subredondeados de forma laminar y color pardo. Algunos de ellos presentan bordes más oscuros.
- *Piroxenos/olivinos*: granos subredondeados de alta esfericidad y colores pardo verdosos.
- *Oxidos de Fe*: granos subredondeados de alta esfericidad. Se distinguen a simple vista por su color rojizo y pardo rojizo.
- *Minerales opacos*: granos subangulares a angulares de baja esfericidad.

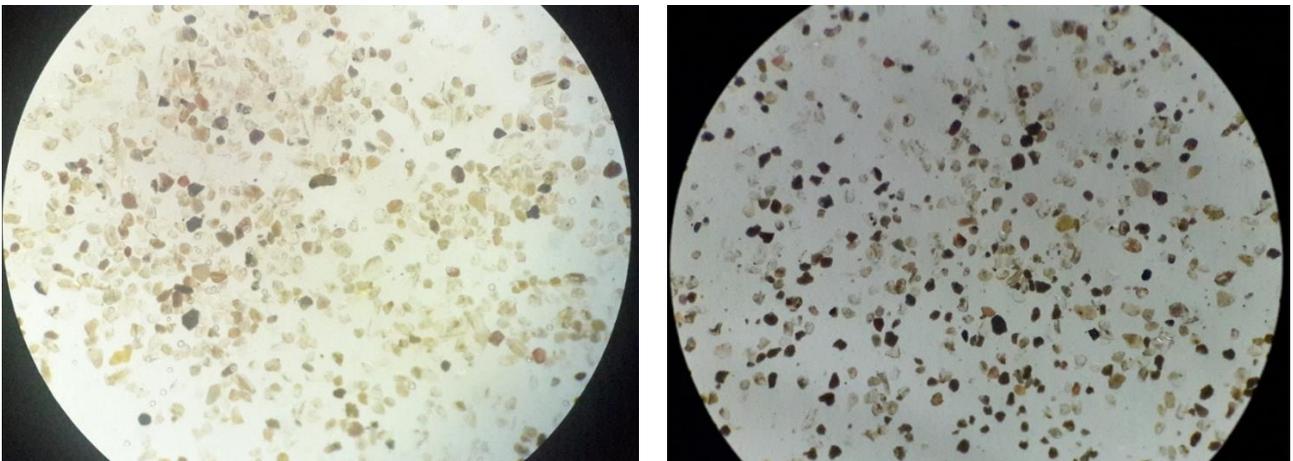


Figura 20: fotografías de muestra del perfil tipo de la serie tentativa Paraje Santa Flora.

Serie tentativa Santa Catalina

Se reconocieron abundantes minerales livianos en la muestra (Fig. 21), correspondientes a un 90%. Esta fracción está integrada por:

- *Cuarzo*: cristales subangulares a subredondeados de mediana esfericidad. La mayoría de los granos son incoloros aunque algunos de ellos presentan inclusiones en los bordes de color parda clara.

-
- *Feldespatos potásico/Plagioclasa*: granos subredondeados a subangulares de colores pardo claros a pardo oscuro y mediana esfericidad. Existen granos con degradaciones en sus bordes que le dan todos más rojizos a los mismos.
 - *Vidrio volcánico*: granos angulares a subangulares incoloros. Algunos de ellos presentan alteraciones en los bordes de color pardo claro que gradan hacia el centro del cristal.
 - *Líticos*: granos de diferentes tamaños y formas que van desde subangulares a subredondeados de baja esfericidad. Los colores de estos varían ampliamente, presentándose ejemplares incoloros con incrustaciones pardo rojizas que gradan a negruzcas.
 - *Biotitas*: granos elongados pardo oscuros a negruzcos de bordes subredondeados y en algunos ejemplares bordes subangulares.
 - *Cloritas*: son producto de alteración de la biotita y está presente a lo largo de todo el perfil a partir del horizonte A2. Sus granos son elongados y verdosos de bordes subredondeados.
 - *Muscovitas*: granos elongados pardo oscuros a claros de bordes subredondeados y en algunos ejemplares bordes subangulares.
 - *Piroxenos/olivinos*: granos verdosos de mediana esfericidad y bordes redondeados a subredondeados. Algunos cristales presentan cristalización euédrica.
 - *Óxidos de Fe*: granos rojizos de bordes subredondeados.
 - *Minerales opacos*: granos de bordes subredondeados a subangulosos que muestran diferentes juegos de colores a medida que la luz los atraviesa. Hay ejemplares de diferentes tamaños. Algunos granos pueden llegar a una alta esfericidad con bordes redondeados.

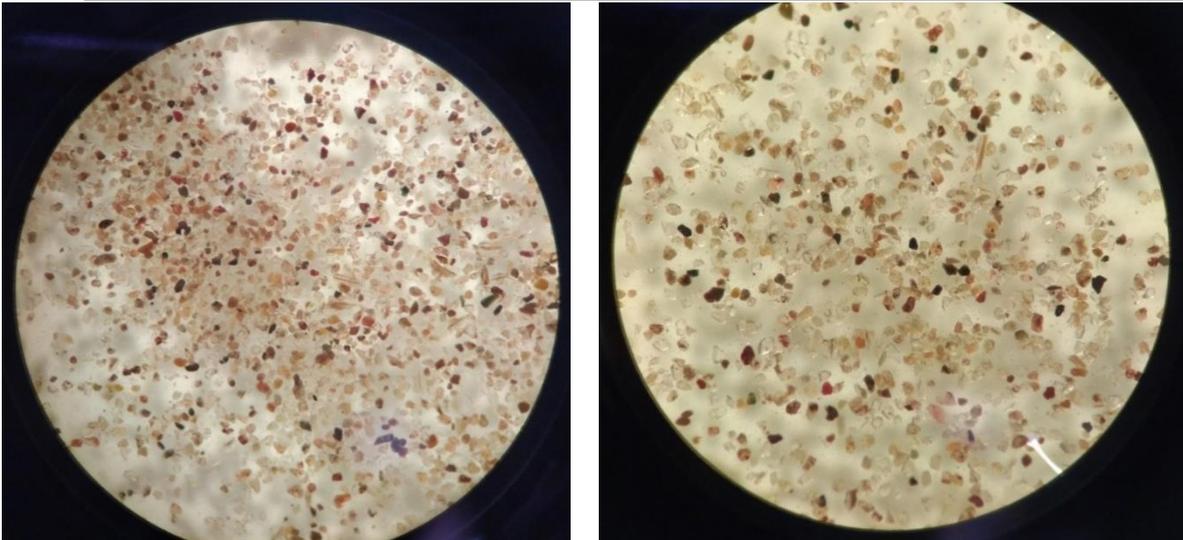


Figura 21: fotografías de muestras del perfil tipo de la serie tentativa Santa Catalina.

Serie tentativa Río Cuarto

Se reconocieron abundantes minerales livianos en la muestra (Fig. 22), correspondientes a un 87%. Esta fracción está integrada por:

- *Cuarzo*: granos de alta esfericidad con bordes subangulares a subredondeados. Principalmente son incoloros; algunos ejemplares son blancos y otros contienen inclusiones de colores pardo claros.
- *Feldespato potásico/plagioclasa*: granos alta esfericidad y bordes subredondeados a subangulares. Los colores predominantes son el pardo y pardo amarillento.
- *Vidrio volcánico*: granos de baja esfericidad y bordes angulares a subangulares en algunos casos. Algunos ejemplares son obloides y otros sinformes.
- *Líticos*: granos de mediana esfericidad y bordes subangulares a subredondeados. Los ejemplares presentan colores que van desde granos incoloros con incrustaciones oscuras negruzcas a granos, también incoloros, con tamices pardo claros a pardo rojizos.
- *Biotitas*: granos elongados aplanados de bordes subredondeados a subangulares y color pardo oscuro.
- *Cloritas*: granos elongados aplanados de bordes subredondeados

a subangulares y color pardo verdoso.

- *Muscovitas*: granos elongados aplanados de bordes subredondeados a subangulares y color pardo.
- *Piroxenos/olivinos*: granos de mediana esfericidad y bordes subredondeados a ejemplares de bordes subangulares. Estos cristales presentan colores pardo verdosos que a veces son mas claros.
- *Minerales opacos*: granos de alta esfericidad y pequeños en comparación con los otros minerales. Sus bordes son principalmente subredondeados a subangulares.

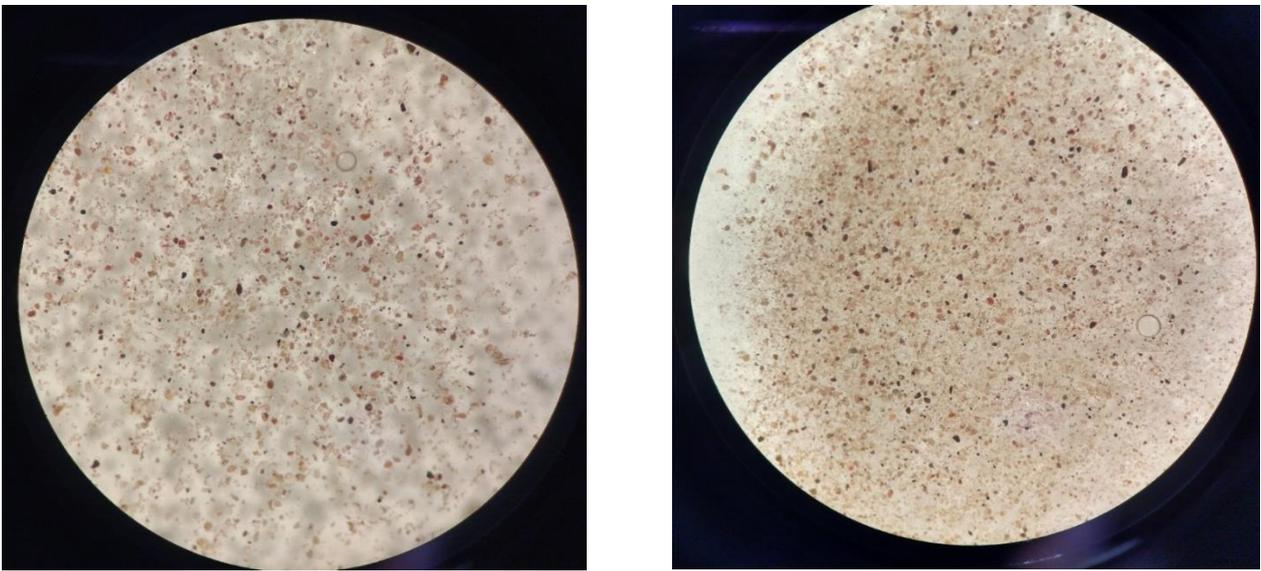


Figura 22: fotografías de muestras del perfil tipo de la serie tentativa Río Cuarto.

IV. 5. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES CARTOGRAFICAS

Las unidades cartográficas fueron definidas en base a las observaciones realizadas en campo y la integración general de las características pedológicas de los suelos antes descriptos. Los criterios seguidos, fueron los establecidos en el Handbook n° 18 del Servicio de Suelos de U.S.D.A.

IV. 5. A. Consociación Paraje Santa Flora

Símbolo: PSFa

Esta unidad está constituida por los suelos de la serie tentativa Paraje Santa Flora en un 85%, interrelacionados con otros suelos, distribuidos uniformemente en todas las unidades. El 15% restante de la unidad lo conforma la cobertura. Los pasajes entre unidades vecinas se desarrollan en forma transicional.

A esta unidad la caracteriza un paisaje subnormal en bajo con pendientes menores al 1%, un rápido escurrimiento y moderada permeabilidad. En materia de erosión, los agentes eólicos e hídricos, tienen diferente influencia en el sector ya que gran parte del año, los campos representativos de la unidad están cubiertos por rastrojos de la cosecha anterior o pasturas como alfalfa que evitan la erosión eólica del mismo.

Estos suelos se encuentran interrelacionados con las unidades medanosas del área de estudio, distribuidos en zonas centro, noroeste y sur de la misma. Están desarrollados sobre materiales originales loessico con intercalaciones arenosas fluviales de la paleofaja fluvial del arroyo Santa Catalina. Son suelos evolucionados; el paleosuelo argílico es un ejemplar desarrollado a partir de materiales de un ambiente lacustre. El suelo actual, poco desarrollado, corresponde a un tercer ciclo eólico más joven.

IV. 5. B. Consociación Santa Catalina

Símbolo: SCa

Esta unidad está constituida por los suelos de la serie tentativa Santa Catalina en un 90% relacionados con los suelos de la serie tentativa Río Cuarto que complementan el otro 10%. El pasaje entre unidades vecinas es transicional.

Esta unidad se caracteriza por un relieve normal, en el cuál el perfil tipo se posiciona en una loma. Las pendientes oscilan entre 1 y 3% de escurrimiento rápido y permeabilidad moderadamente rápida.

La erosión en este tipo de suelos es ligera con leves incidencias de agente hídrico y casi nula influencia eólica. Las pendientes, muchas veces pronunciadas de la unidad, favorecen a la removilización de materiales. De

esta manera, es de esperar horizontes superficiales de poca profundidad y perfiles con poco desarrollo edáfico. Esto nos hace pensar que son susceptibles a perder material por erosión hídrica superficial.

Estos suelos, aunque poco evolucionados, están desarrollados sobre materiales eólicos que le dejaron una impronta textural característica al mismo, en modelo areno franco.

IV. 5. C. Consociación Río Cuarto

Símbolo: RC

Esta unidad está compuesta en un 85% por la serie tentativa Río Cuarto y el 15% restante está en relación con los suelos pertenecientes a las series tentativas Santa Catalina y Paraje Santa Flora.

Los suelos de esta unidad se caracterizan por pertenecer a un relieve normal, con su perfil tipo ubicado en posición de pie de loma. Con una pendiente que llegan hasta el 1%. La erosión, tanto eólica como hídrica es moderada en continuaciones al perfil tipo, desarrollandose escurrimientos efímeros en zonas aledañas a los cursos de agua, productos de la disminución de pendiente en relación con el pelo de agua (Fig. 23).



Figura 23: vista de la cabecera de una cárcava en unidad RC.

Los suelos pertenecientes a esta unidad son poco evolucionados con horizontes superficiales de poco espesor. En sus horizontes inferiores hay evidencia de carbonatos. El escaso desarrollo puede deberse a su posición en el relieve.

IV. 5. D. Asociación La Viuda

Símbolo: LV

Esta unidad está representada en un 100% por los suelos de la serie tentativa La Viuda cuyo perfil se encuentra en posición de relieve subnormal en bajo y pendientes menores al 1%. Posee escurrimiento rápido y con permeabilidad moderadamente rápida. Hay erosión hídrica ligera, en cuya superficie se observan grietas de desecación. La erosión eólica se ve más acentuada en

épocas secas con voladura de material.

Estos suelos, debido a su alto porcentaje de sales disueltas en su perfil se hacen inútiles para cualquier actividad agrícola ganadera ya que en los mismos no se observa crecimiento de flora ya sea autóctona o implantada.

En los bordes de esta unidad irregular, cuando, posiblemente, disminuyen los contenidos de sales, se observa crecimiento de pastizales naturales (Fig. 24). Según los testimonios de las familias vecinas a este tipo de suelo, durante las lluvias el terreno está anegado y saturado en agua. En épocas secas, las temperaturas y escasas precipitaciones provocan la evaporación del agua del suelo que, al contener una sobresaturación y precipitación en sales que afectan directamente las posiciones de intercambio en el suelo, se producen grietas de desecación de bordes y formas irregulares de una profundidad aproximada de 5 a 10 mm. Cuando la temperatura aumenta, el agua se evapora y se observan nuevas precipitaciones salinas.



Figura 24: pastizales aislados en el paisaje de la serie LV.

A continuación, se presenta el mapa Morfopedológico final.

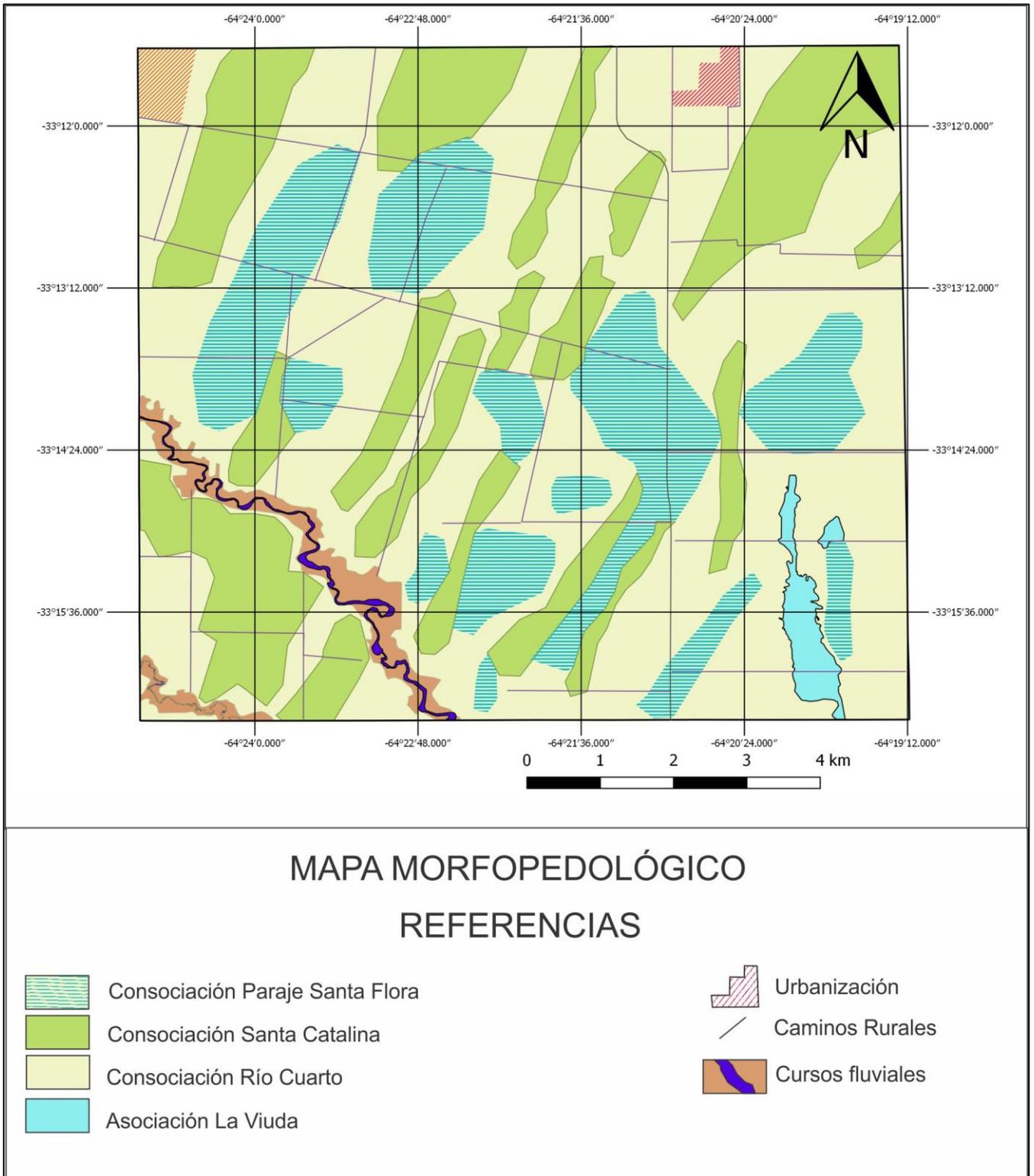


Figura 25: mapa de suelos.

IV. 6. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR SU CAPACIDAD DE USO

La capacidad de uso de suelos es el estudio y clasificación del uso actual del suelo dado por el agricultor o investigador. Sirve para evaluar positiva o negativamente el empleo que se le da a la tierra en una zona determinada.

El Servicio de Conservación de Suelos de U.S.A. utiliza un método que muestra un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos. Este ordenamiento proporciona una información básica que muestra la problemática de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo y suministra elementos necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola.

Este sistema, puede agrupar los suelos en: *clases* de capacidad de uso (8 clases); *subclase* de capacidad de uso (4 clases); *unidad* de capacidad de uso (n° indefinido).

La categoría superior es la *clase* y está definida en función del riesgo que ocurran limitaciones en el uso del suelo. Estas condiciones aumentan desde la clase I hasta la VIII. Las primeras cuatro clases son *arables* es decir, capaces de producir mediante un buen manejo plantas adaptadas, arboles forestales, pasturas naturales, cultivos comunes y pasturas artificiales.

Los suelos de las clases V, VI, y VII son capaces de producir únicamente vegetación natural adaptada. Algunos suelos de las clases V y VI son capaces de producir cultivos especiales y hasta cultivos de labranzas, pero con prácticas de manejo complejas.

Los suelos de la clase VIII reúne a las tierras que no implica beneficios por cultivos, pastos o forestación, se reservan para recreación y conservación de la fauna y el agua.

La segunda categoría, la *subclase*, está definida en base al tipo de limitación, agrupa unidades de capacidad de uso con similares tipos de limitaciones y riesgos. Se conocen cuatro que se utilizan para las clases II a VIII; no hay subclase para la clase I. en orden de jerarquía son:

-
- e: erosión: suelos en los que la susceptibilidad o el riesgo de erosión es el problema dominante,
 - w: exceso de humedad: el exceso de agua, drenaje deficiente, capa freática próxima a la superficie o inundaciones son las limitaciones dominantes,
 - s: limitaciones del suelo en la zona de raíces: debidas a suelos someros, piedras, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad, salinidad o alcalinidad sódica.
 - c: clima: suelos donde la temperatura y la falta de humedad son las limitantes principales, especialmente en suelos jóvenes.

Para una clase dada solo se pueden reconocer hasta dos subclases por vez, por ejemplo: Ile, Ilew, IIs, Iles.

La *unidad* proporciona información más específica y detallada que la subclase. La unidad de capacidad agrupa suelos muy semejantes entre sí en cuanto a su aptitud para la producción de cultivos y respuestas a los sistemas de manejo. Los suelos agrupados deben ser lo suficientemente uniformes como para:

- producir clases similares de cultivos labrados y pasturas con prácticas de manejo similares,
- requerir un tratamiento de conservación y manejo similares bajo una misma clase y condición de cubierta vegetal,
- tener una productividad potencial similar.

Hay otros sistemas que se utilizan para uso forestal, uso de pasturas artificiales, uso vital, etc.

La clasificación de la tierra por su capacidad de uso se realizó aplicando la metodología del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos USDA (Fig. 26).

Clase II

En esta clase se agrupan suelos con algunas limitaciones en cuanto a la elección de cultivos, y exigen prácticas simples de manejo y conservación (ver apartado IV.7), cuando se los cultiva. Son adecuados para agricultura, pasturas, campos naturales de pasturas, forestación y conservación de la fauna silvestre. Presentan pendientes suaves susceptibilidad moderada a la erosión

hídrica y/o eólica, no poseen una profundidad ideal, pueden tener exceso de humedad corregible por medio de drenaje, entre otras características. Para el área de estudio, los suelos de esta clase corresponden a:

- Consociación Paraje Santa Flora. Símbolo: *IIew*. Subclase de erosión: susceptibilidad o riesgo de erosión hídrica y en menor proporción eólica, es el problema de uso dominante.
- Consociación Santa Catalina. Símbolo: *IIe*. Subclase de erosión: riesgo de erosión hídrica como principal problema de uso dominante.

Clase IV

Los suelos de esta clase tienen limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos y/o requieren un manejo cuidadoso. Cuando están cultivados requieren prácticas de manejo y conservación más complejas. Generalmente son adecuados para agricultura, dentro de una estrecha gama de cultivos, pasturas, campos naturales de pasturas y/o conservación de fauna silvestre. Se caracterizan por pendientes profundas, gran susceptibilidad a la erosión hídrica o eólica (Fig. 23), escasa profundidad del suelo, baja capacidad de retención del agua, inundaciones frecuentes, humedad excesiva, fuerte salinidad o alcalinidad sódica, entre otras características. Los suelos incluidos en esta clase son:

- Consociación Río Cuarto. Símbolo: *IVe*. Subclase de erosión: riesgo a la erosión hídrica y eólica como problema de uso dominante.

Clase VII

Los suelos de esta clase presentan graves o muy graves limitaciones para el uso, resultando también inadecuados para los cultivos. Su aprovechamiento queda reducido fundamentalmente al crecimiento de plantas autóctocas en los bordes del mismo.

- Asociación La viuda. Símbolo: *VIIw*. Subclase de erosión: riesgo al anegamiento y precipitación de sales como problema de uso dominante.

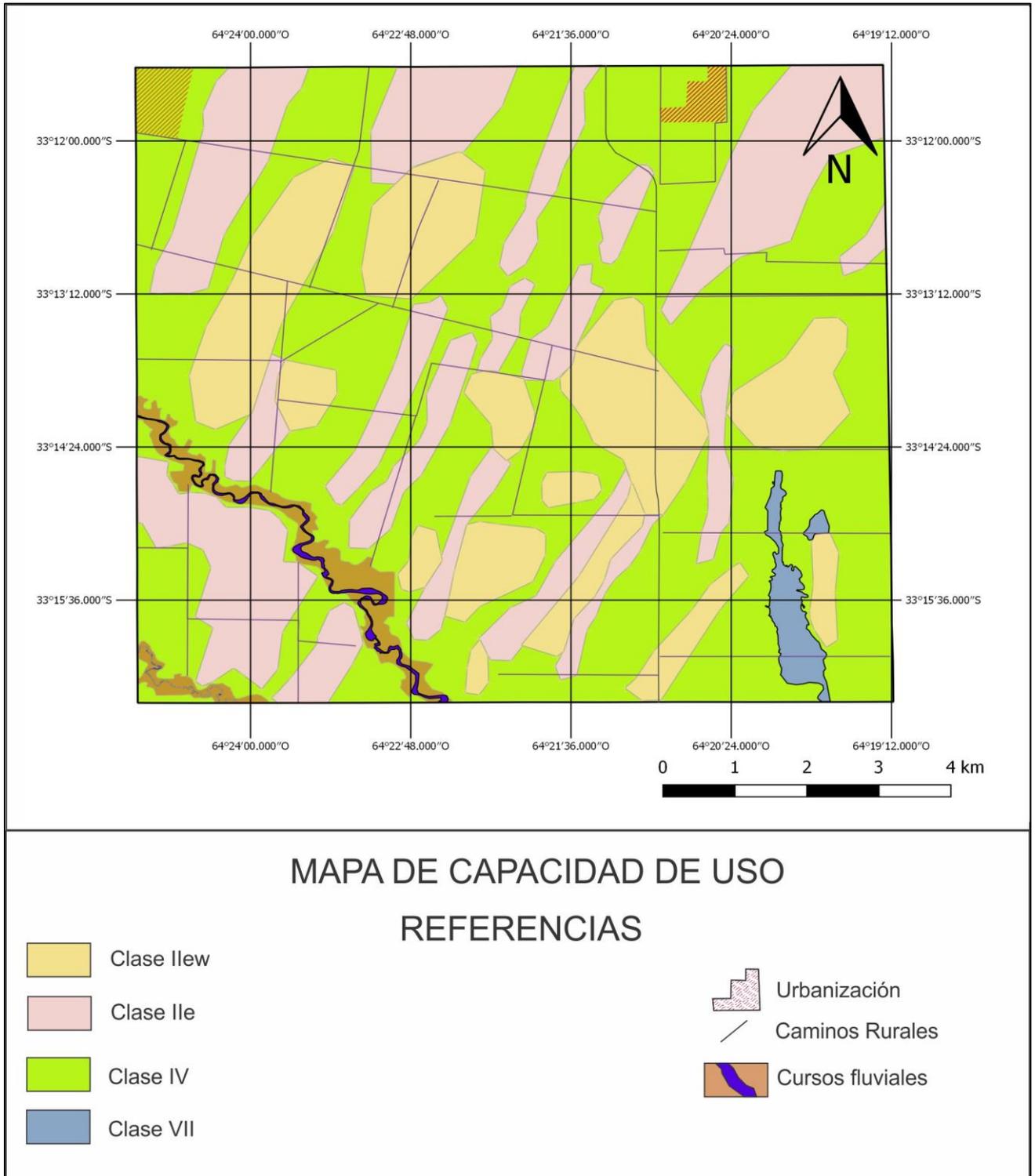


Figura 26: mapa de capacidades de uso del suelo actual.

IV. 7. HERRAMIENTAS PARA LA ORDENACIÓN TERRITORIAL

La región pampeana constituye un amplio sector pedemontano y de llanura caracterizado por geoforma tanto eólicas como fluviales. El desarrollo de suelos en estas áreas y en conjunto con los factores formadores del mismo (únicos para cada unidad pedológica), determinan diferentes factores y procesos evolutivos en cada unidad. Considerando el avance de la frontera agrícola en las últimas décadas, la necesidad de una organización territorial y cuidado de los suelos se hizo cada vez más plausible.

En toda la región, los ciclos lluviosos combinados con el viento aumentan el potencial de erosión de esta y generan, en muchos casos, decapitación de suelos y/o la aparición de geoformas erosivas como cárcavas que pueden llegar a inhabilitar caminos o campos.

Las medidas de conservación de los suelos se basan en el efecto protector de la cobertura vegetal, tanto de pasturas nativas como implantadas, por ejemplo, alfalfa. Éstas ayudan a reducir la erosión por reptación o hídrica actuando como capa buffer entre la atmósfera y el suelo. Las plantas tipo arbusto con componentes aéreos cerca del suelo, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, el agua en escurrimiento efímero y del viento de modo que su efecto es disminuido, frente a la situación de suelo desnudo.

Los suelos desarrollados en bajos y cercanos a caminos rurales, son más propensos a la erosión. De esta manera, se hace necesaria una perspectiva de ordenamiento territorial en la que se detallen metodologías de preservación de suelos.

Para el área de estudio, el manejo adecuado de los suelos puede garantizar la conservación de su fertilidad y estructura en el tiempo. La fertilidad de los suelos es un aspecto de gran interés en conservar, ya que los suelos con alta fertilidad proporcionan cultivos de alto rendimiento, cobertura vegetal estable, estructura estable y una alta capacidad de infiltración con condiciones que disminuyen los procesos erosivos.

La fertilización de suelos es una buena opción para mantener o aumentar la fertilidad de los suelos a lo largo del tiempo. Sin embargo, cuando esta actividad se realiza en grandes cantidades y de manera prolongada,

ocurre una sobresaturación de bases en el suelo que no solo se limita a horizontes superficiales, como es el ejemplo de las series tentativas Paraje Santa Flora, Santa Catalina y Río Cuarto. Es una actividad de gran ayuda en el aumento de producciones agropecuarias, pero debe ser aplicada en función directa del tipo y necesidad de cada suelo.

Los suelos con pendientes pronunciadas son los más afectados por los procesos erosivos. Cuando se dispone de terrenos como éste (Fig. 27), los cultivos deben ser sembrados en dirección perpendicular a la pendiente, con surcos bien definidos y espaciados siguiendo una metodología de sembrado en cuadrículas. No es bien aceptado en este tipo de paisajes el interés de llegar con el cultivo hasta los puntos más cercanos a las divisorias entre campos o comienzos de barrancos ya que son los puntos más vulnerables del relieve con aumento de la energía cinética del agua en escurrimiento o partículas en suspensión, dañando severamente al cultivo e impidiendo en muchos casos su crecimiento apropiado.



Figura 27: vista de loma y bajo con nula cobertura.

Como puede observarse en la figura 27, en época de siembra, el riesgo de erosión de suelos es mayor. En muchos casos, las coberturas de cosechas anteriores no son dejadas en la parte superficial del campo ya sea porque la misma planta no posee (como la soja) o por extracción completa de la misma.

La labranza de los suelos en estos casos es fundamental. Son

esenciales para el manejo de suelos ya que le proporcionan un piso de siembra, facilitando el crecimiento de la planta y ayudando a controlar las malezas, pero esta actividad debe ser practicada con cuidado para evitar perder estabilidad en el suelo. El uso excesivo de este método genera resistencia al corte del disco de arado y un aumento en la densidad del suelo con una disminución en la infiltración y aumento en el escurrimiento. Los laboreos normales se realizan a profundidades de 18 centímetros, aunque hay algunos que lo hacen hasta los 30 centímetros de profundidad.

En muchas unidades se observa la siembra directa del cultivo que consiste en sembrar sobre el rastrojo de la cosecha anterior sin labrar, quedando todos los residuos en superficie. Este método (Fig. 28) es el que representa el menos riesgo de erosión.



Figura 28: aspecto de la superficie de un lote con siembra de maní sobre rastrojo de maíz.

Aunque muchas veces el suelo no permita la labranza convencional o reducida, ya sea por riesgos de erosión o por presiones económicas de producción, la siembra directa y sin descanso de los suelos puede crear condiciones no favorables en el mismo con resultados como: desmineralización de suelos, pérdida de estructura, compactación, etc. Por esta razón se debe planificar en forma combinada distintos sistemas de labranzas para cada secuencia de cultivo en suelos particulares.

La rotación de cultivos puede ser una opción favorable para lugares

donde el riesgo de erosión lo permita. En casos donde los riesgos de erosión son bajos, puede cultivarse un año sí y otro no, pero en áreas muy erosionadas o erosionables debe realizarse cada cinco o siete años.

Las gramíneas y leguminosas son cultivos adecuados para su rotación ya que proporcionan buena cobertura del suelo, ayudan a mantener y/o aumentar el contenido de materia orgánica contribuyendo a su fertilidad y capacitan para desarrollar agregados que le confieren una estructura más estable al suelo.

Se puede recurrir a los cultivos de cobertura que son utilizados como una medida de conservación de este en épocas donde no hay otros cultivos, quisiera hacer descansar el suelo o como cobertura protectora bajo los árboles. Lo más utilizado es centeno, avena, trébol y alfalfa (Fig. 29).



Figura 29: imagen de cultivo de alfalfa.

Distribuidos en la zona de estudio (Fig. 12), se encuentran médanos longitudinales de rumbo NE-SW, los cuáles han sido estabilizados por vegetación o autóctona o sembrada. El desprendimiento de material de estas geoformas es puesto en suspensión en diferentes granulometrías. Las más finas, como el limo, pueden encontrarse a kilómetros del área procedente pero las más gruesas, como las arenas, solo a metros de distancia de su fuente. Esto implica una depositación casi inmediata en los suelos cercanos al área de procedencia y un posterior enterramiento de los horizontes superficiales, interrumpiendo el flujo normal de interacción entre atmósfera y sistema suelo. Para evitar este tipo de situaciones, existen medidas de control de médanos que incluyen la revegetación en donde son importante las condiciones de pH del suelo, sus nutrientes disponibles, nivel de humedad, salinidad, presencia de iones tóxicos, condiciones climáticas y topografía.

Así como es necesario la estabilización de médanos, también lo son las cárcavas (Fig. 30). Estas últimas son generadas por erosión hídrica debido a la diferencia de altura entre el borde de la faja y la terraza del arroyo Santa Catalina. Existen varios métodos para detener el retroceso de la cárcava, como el proceso de gabionado de sus márgenes que evitan el avance de la erosión. Es efectiva la vegetación de la superficie de la cárcava ya que las plantas absorben agua de lluvia evitando que al escurrir hacia el nivel de base cercano erode material de suelo y la cárcava siga retrocediendo.

Muchas veces, el campo recién laboreado y sembrado queda al descubierto para la acción de agentes erosivos. Para evitar la voladura u erosión de material, se pueden utilizar cortinas arbóreas de protección en los límites de alambre entre campos vecinos o caminos (rurales o rutas). Esta técnica de cortina rompevientos no son técnicas exclusivas de conservación de suelos, pero consiguen aumentar el grado habitable del hogar rural. En algunos casos, aledaño al hogar se encuentran pequeñas huertas que están expuestas a la acción destructiva del viento y los mayores beneficios se obtienen mediante la protección de los árboles durante la etapa de polinización y también impidiendo que el viento dañe los frutos en etapas madurativas.



Figura 30: ejemplo de cárcavas cercanas al arroyo Santa Catalina.

Hay algunos casos, como nos muestra la figura 31, en que los límites del lote son los barrancos de las paleofajas fluviales del arroyo, en este caso, Santa Catalina. En estos ejemplos, quedan áreas sin trabajar por el riesgo de desmoronamiento que ellas implican, en donde podría dejarse avanzar a la fauna silvestre para evitar la puesta en suspensión de material de suelo y la estabilización de los niveles más superficiales del barranco. También puede observarse (Fig. 31) una línea natural divisoria entre los límites arados y las faunas naturales con algunas pasturas menores y árboles de espinillo.

Como se mencionó, la expansión de la frontera y producción agrícola ha representado una importante pérdida en la fauna y flora autóctona de la provincia. En una mirada más detallada, en el área de estudio la flora está representada en los cascós centrales de los campos, rodeando las casas y, en escasas ocasiones, alrededor de los caminos o en borde de alambre.



Figura 31: ejemplo de suelo al borde del arroyo Santa Catalina, la presencia de vegetación natural en el lado izquierdo indica el límite con la faja del arroyo Santa Catalina.

Mas allá de la utilidad secundaria que podamos darle a este tipo de plantas, es necesario considerar la importancia del ambiente autóctono del suelo. Remontándonos a sus orígenes evolutivos, con la depositación del material (loésico, fluvial o lacustre según el caso), actuó en conjunto la biocenosis propia del ambiente, de la mano con el clima y el relieve. Conforme las condiciones fueron cambiando, el suelo se fue diferenciando en horizontes. Hoy, el hombre utiliza este recurso para su beneficio alimenticio, pero también tiene la importante responsabilidad de preservar esas condiciones microambientales que hacen al suelo productivo.

Las medidas reguladoras para mantener y proteger el suelo no requieren, en la mayoría de los casos, grandes inversiones ni costos secundarios, el cuidado de nuestras tierras debería ser una premisa fundamental. La generación de conciencia en su cuidado es la principal herramienta que tenemos la sociedad para esta labor.



CAPÍTULO V

DISCUSION



V. DISCUSIÓN

Diversos autores coinciden en la existencia de eventos tectónicos importantes en el límite Pleistoceno-Holoceno en Sierras Pampeanas de Córdoba y Llanura Chacopampeana, que elevó las Sierras Chicas afectando a Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis, y de menor magnitud en el Holoceno.

Más recientemente, Sagripanti (2006) reconoce levantamiento neotectónico importante en el sur de Córdoba de los cuáles, Grumelli (2010) determina lineamientos asociados a los arroyos Las Lajas y Santa Catalina. En el área de llanura los eventos tectónicos se manifiestan a través de rasgos geomorfológicos, alteraciones de la estratigrafía, redes de drenaje superficiales o niveles de erosión.

En el área de estudio, se determinó la continuación hacia el sur del lineamiento que controla al Arroyo Santa Catalina, el cuál sigue en materia de estudio. Este lineamiento habría controlado al curso antes mencionado y ser continuación directa del Lineamiento Arroyo Las Lajas.

Geomorfológicamente, la zona de estudio integra la gran planicie llanura Chaco-Pampeana, caracterizada por Bonalumi et al. (2005) compuesta por sedimentos continentales con cuerpos de abanicos coalescentes de sedimentos fluviales. Las series se interdigitan lateralmente con sedimentos limosos, arenas fluvio eólicas y materiales loessoides. En una mirada más detallada, el área de objetivo comprende la Planicie Fluvioeólica Central de la Provincia. Como es de esperar, en el área se hallaron sedimentos fluviales y aluviales efímeros transicionales con sistemas loésicos. El actual período húmedo, modifica el relieve juntamente con la actividad eólica durante los episodios secos.

El área presenta un microrelieve dominado por geoformas de acumulación de material, como lo son los médanos longitudinales combinados con bajos topográficos los cuáles en muchas épocas del año llegan a anegarse. En algunos de ellos, se favorece la precipitación de sales a niveles superficiales.

Los sedimentos y suelos encontrados en el área de estudio corresponden a fluctuaciones ambientales entre períodos húmedos y secos

(Cantú, 1998). Durante períodos húmedos la pedogénesis junto con la modificación de las fajas fluviales tuvo su mayor auge, depositando materiales y transformándolos. Durante los períodos secos, tuvo lugar la depositación de un manto loessico con aluviales efímeros y la removilización de material. Esto aisló los materiales superficiales del sistema atmósfera-suelo enterrando o decapitando suelos. Los suelos más evolucionados resultaron estar vinculados a materiales fluviales mientras que los de moderado desarrollo están conformados por sedimentos eólicos.

Los principales factores formadores de estos suelos son el tiempo de desarrollo y el material original y, en un segundo grado el clima, el relieve y la biocenosis. En algunos casos, la cantidad de horizontes diferenciados nos indica un período evolutivo relativamente largo mientras que las características intrínsecas de cada uno de ellos nos dicen lo contrario. Esta problemática lleva a la conclusión de que algunos factores formadores fueron más influyentes que otros.

En la serie tentativa Paraje Santa Flora, el suelo tipo de la serie presenta una diferenciación importante. Lo cual nos indica desarrollo de estructura, iluviación de materiales, ganancia de color, entre otros. Sin embargo, en los horizontes superficiales, vemos un suelo pobremente desarrollado sobre una discordancia. Es decir, una nueva depositación de material con poco tiempo evolutivo. De cualquier manera, estas características no afectan su desarrollo agropecuario y es apto para la agricultura a la que está sometido.

En las series tentativas Santa Catalina y Río Cuarto nos encontramos con una situación diferente. Los suelos, a pesar de estar diferenciados verticalmente, la evolución de los horizontes no es tan determinada. Poseen horizontes A poco profundos y poco desarrollados. Esta característica puede deberse a la falta de manejo de los suelos que favorece la erosión hídrica o eólica del material.

La última serie, La viuda, fue estudiada mediante los materiales extraídos por un barreno y caracterizaciones en campo. Corresponden a suelos sódicos con nulas posibilidades de producir agrícola.

En materia de capacidad de uso de suelos, en el área de estudio hay tres clases dominantes. Dos de ellas son aptas para la agricultura, teniendo en

cuenta algunas recomendaciones de ordenación territorial para evitar degradación progresiva en los suelos y la tercera, debido a sus características químicas, posee graves limitaciones y no es apta para cultivos.



CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFIA



VI. BIBLIOGRAFÍA

- Bianco, c. a.; t. a. Krauss; d. l. Anderson & j. j. Cantero, 1987. Formaciones vegetales del suroeste de la provincia de Córdoba República Argentina. Revista UNRC, 71: 5-66.
- Blarasín M., Cabrera A. y Matteoda E. (2014). *Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba*. E-book, Unirío Editorial, ISBN 978-987-688-091-6.
- Bonalumi A., Martino R., Sfragulla J., Cekarignano C. & A. Tauver. (2005). *Hoja geológica 3363-I, Villa María, Provincia de Córdoba*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Boletín 347. Buenos Aires.
- Bosnero H., J. Pappalardo, J. Sanabria, M. Carnero & V. Bustos. (2006). Carta de Suelos de la Rep. Argentina, *Hoja 3363-9, Villa María, Escala 1:50.000*. Convenio Agencia Cba. Ambiente-INTA.
- Brown, L.F.; Fisher, W.L.; Erxleben, A.W. & C.G. McGowen. (1971). *Resource capability units; their utility in land-and water-use management, with examples from the Texas coastal zone*. Bureau of Economic Geology Circular No. 71-1. Univ. Of Texas, Austin. 22p.
- Cabrera, A. L. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas* (Vol. 1). Editorial Acme.
- Calmes, A. P. (2007). En defensa del suelo: consejos útiles. 1ª ed. Buenos Aires: Amerindia, 2007. 252 p.: il.
- Campos Dueñas, M.; Gutierrez Pérez, B.; Alcaldi Orpí, J.; García Rivero, A.; Jaimez Salgado, E.; Olivera Acosta, J. & M. Guerra Oliva. (2009). *Las unidades geólogo-ambientales: una nueva herramienta para la formulación de estrategias de planificación física y de gestión ambiental en las provincias Habaneras, Cuba*. Ciencias de la Tierra y el Espacio. Vol.10, p. 63-74, ISSN 1729-3790.
- Cantú, M. P. & S. B. Degiovanni, 1984. Geomorfología de la Región centro-sur de la Provincia de Córdoba. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas IV: 76-92. San Carlos de Bariloche.
- Cantú, M. P. 1992. Provincia de Córdoba. En: El Holoceno en la Argentina, M. Iriundo Editor Edición de CADINQUA. Volumen 1: 1-16.
- Cantú, M., Becker A. & 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 XVI Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. CD Symposium 31.7 pág.
- Cantú, M. P., & 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 (Vol. 21).
- Cantú, M.P., H. Schiavo y A. Becker, (1997). Geología del Cuaternario del Sitio Puerta del Tala-La Cocha. Segundas Jornadas Nacionales de Historia Regional de Río Cuarto, Córdoba. Actas, 2 pp.figura1
- 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 10º Cong. Geol. Chileno. CD. 10 páginas.
- Cantú, M., H. Schiavo, T. Musso y A. Becker, (2004). Paleosuelos del Pleistoceno Superior-Holoceno del Sur de la Provincia de Córdoba, Argentina. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Edición en CD, 10 pp., Paraná, Entre Ríos.
- Cantú M. P, Becker A. & H. Schiavo, (2006). Génesis y relaciones paleoambientales de los suelos con fragipanes del Sur de la Provincia de Córdoba. XX Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Salta - Jujuy.
- Cantú, M.P., H. Schiavo, A. Becker, L. Zhou y M.T. Grumelli, (2006). Peistoceno superior tardío-Holoceno de la cuenca media del arroyo Santa Catalina, Prov. de Córdoba, Argentina. III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas Tomo II:777-786, Córdoba.
- Cantú, M.; Becker, A.; Bedano, J. Schiavo, H. (2007a.). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Ciencia del Suelo, 25 (2). En prensa.
- Cantú, M. P., A. R. Becker, J.C. Bedano, H.F. Schiavo y B.J. Parra. (2007b.). Impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo. Congreso de Uso y Manejo de Suelo, A Coruña, España.
- Cantú, M.; Becker, A.; Bedano, J.; Schiavo, H.; Parra, B. (2007c.). Impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo. Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe. En prensa.
- Cantú, M.P.; Becker, A.R.; Bedano J.C. (2008). Evaluación de la sustentabilidad Ambiental en Sistemas Agropecuarios. Desarrollo y aplicación de la metodología del proyecto REDESAR (PICTR 439/03). Córdoba, Argentina. Fundación UNRC.
- Carignano C, Kröhling D, Degiovanni S & M. Cioccale (2014). Geología de Superficie, *Geomorfología*. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. 747-821.
- Cendrero, A., & J. Díaz de Terán. (1987). *The environmental map system of the University of Cantabria, Spain*. Mineral resources extraction, environmental protection and land-use planning in the industrial and developing countries, 149-181.
- Cendrero, A.; Francés, E. & J. Díaz de Terán. (1992). *Geoenvironmental units as a basis for assessment, regulation and management the earth's surface*. In: Cendrero, A, Luttig, G. Y Wolf, F. C. (Eds.) Planning the use of the Earth's surface. Springer-Verlag, NY:199-234.
- Costa, C., Ortiz Suárez, A., Miró, R., Chiesa, J., Gardini, C., Carugno Durán, A., Ojeda, G., Guerstein, P., Tognelli, G., Morla, P. y Strasser, E. (2005). Hoja Geológica 3366-IV.Villa Mercedes. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín. 348, 100 p.
- Dean, W. E. Jr., 1974. *Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison*

- with other methods.* J. Sed. Petrol. 44: 242–248.
- Degiovanni, S.; Villegas, M.; Blarasín, M.; Sagripanti, G. (2003). *Hoja Geológica 3363-II de Río Cuarto, Provincia de Córdoba.* Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Avenida Julio A. Roca 651 – 10º Piso (C1067ABB) Buenos Aires, República Argentina.
- Degiovanni, S. (2008). *Análisis geoambiental del comportamiento de los sistemas fluviales del Sur de Córdoba, en especial del Aº Achiras -Del Gato, como base para su gestión sustentable.* Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto (inédita), 597 p. Río Cuarto.
- Degiovanni, S. y Blarasín, M. (2005). *Hidrología superficial y morfodinámica de sistemas fluviales en el Sur de Cba.* En Blarasín M., Degiovanni, S., Cabrera, A. y Villegas M. (eds.). *Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba,* Universidad Nacional de Río Cuarto: 31–40. Río Cuarto.
- Doffo, N. y Bonorino, G. (2006). Evidencias de ajustes por tectonismo en los cauces de los arroyos Las Lajas y Santa Catalina, Departamento Río Cuarto, Córdoba. 3º Congreso Cuaternario y Geomorfología. Actas 1: 367–375. Córdoba.
- Doffo, N. y Degiovanni, S. (1993). Geomorfología de la Hoja Río Cuarto, su aplicación en estudios de susceptibilidad de erosión. 12º Congreso Geológico Argentino. Actas, 6: 274–282. Mendoza.
- Eric C., 1986. *Geología del cuaternario en el río de las Barrancas, Dpto Río Cuarto, Prov. de Córdoba.* Inédito. UNRC.
- Espinosa Rodríguez L. M. (2005). *Morfoedafogénesis: un concepto renovado en el estudio del paisaje.* Ciencia Ergo Sum, vol. 12, núm. 2, pp. 162-166, Universidad Autónoma del Estado de México, México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica.
- Godagnone, R. E., & J. C. De la Fuente. (2014). *Los recursos naturales de Argentina en un SIG.* In Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 24. Reunión Nacional Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. 2. 2014 05 05-09, 5 al 9 de mayo 2014. Bahía Blanca, Buenos Aires. AR.
- Gonzalez Bonorino, F. (1950). Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 5(3):8-110.
- González Bonorino, F., (1965). Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. *Revista Asociación Geológica Argentina,* 20:67-148.
- Gordillo, C. E. y A. Lencinas, (1979). Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Académica Nacional de Ciencias, Vol. I: 577-650. Córdoba.
- Grumelli M & M. Cantu. (2006). Vinculación de los aspectos geomorfológicos y evolución de los suelos en un área al suroeste de Río Cuarto. III Cong. Arg. de Cuaternario y Geomorf. Córdoba, Argentina. 417-426 pp.
- Grumelli, M. del T (2010). *Génesis y relaciones paleoclimáticas de los suelos de la Colonia Nueva Sampacho - Río Cuarto - Córdoba - Argentina. Un aporte al estudio del cambio climático global.* Tesis doctoral.
- Grumelli, M., Cantú, M.P., Becker, A.R. y Schiavo, H.F. (2012^a). Evidencias de cambios ambientales durante Pleistoceno Superior-Holoceno en la Colonia Nueva Sampacho, Córdoba. 5º Congreso Argentino de Cuaternario y

- Geomorfología Río Cuarto, Córdoba, Argentina Actas: de Resúmenes, 147.
- Grumelli, M., Cantú, M.P., Schiavo, H.F. y Becker, A.R. (2012b). Condiciones paleoambientales y formación de suelos aluviales en el suroeste de la Provincia de Córdoba. 5º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Actas de Resúmenes, 145.
- Heiri, O., Lotter, A. and Lemcke, G. (2001). *Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results*. Journal of Paleolimnology, Volume 25, Issue 1, pp 101–110.
- Introcaso, A., A. Lion y V. Ramos, 1987. *La estructura profunda de las Sierras de Córdoba*. Revista de la Asociación Geológica Argentina 42:177-187.
- Manzano F. A. & G. A. Velazquez. (2015). *La evolución de las ciudades intermedias en la Argentina*. Revista Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 27, 2015, p. 258-282.
- Martínez, R., Chacón, L., González, J., & H. Gómez. (2006). *Aplicación de los SIG en la organización, análisis y divulgación de la información de suelo producida en laboratorio*. Universidad de los Andes. Geoenseñanza, 11(1), 51-62.
- Mazziotti, H.J.M. (2014). *Plan de desarrollo del sudoeste bonaerense: política pública en ambientes frágiles*. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas". Mesa redonda.
- 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.
- Parra, B.; Becker, A. Cantú M. 2007. Evaluación del efecto del uso y manejo del suelo sobre algunas propiedades de un Hapludol típico en Argentina. *Cadernos Lab. Xeológico de Laxe*. En prensa.
- Pasotti, P. (1974). *La neotectónica en la llanura pampeana: fundamentos para el mapa neotectónico*. Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología, Universidad Nacional de Rosario 58: 1-28.
- Peralta N. (2008). *Evaluación del impacto del uso y manejo del suelo sobre las propiedades físicas en hapludoles típicos en la cuenca del arroyo La Colacha, provincia de Córdoba, Argentina*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Pereyra F. X. (2004). *Geología urbana del área metropolitana bonaerense (AMBA), Argentina y su influencia en la problemática ambiental*. Serie contribuciones técnicas, Ordenamiento Territorial 4. Dirección de geología ambiental y aplicada, SEGEMAR, Buenos Aires, 1-88.
- Personal Laboratorio Salinidad. 1982. Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa, Mexico. 172 páginas.
- Powers, M. C. (1953). A New Roundness Scale for Sedimentary Particles.

-
- Journal of Sedimentary Research 23(2) - January 1953.
- Ravelo, C., 1990. PDIMES, balance hídrico seriado, índice de sequía y humedad del cultivo. Manual teórico-operativo. Asoc. Agron. Agrometeorología. 8 páginas.
- Rodríguez Gamiño, M. D. L., & J. López Blanco. (2006). *Caracterización de unidades biofísicas a partir de indicadores ambientales en Milpa Alta, Centro de México*. Investigaciones geográficas, (60), 46-61.
- Rodríguez M.J. (2015). *Evaluación de la calidad de suelos mediante indicadores e índices en la región de Villa María, Córdoba*. Segundo Informe de Avance de Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Sagripanti, G. L., 2006. Neotectónica y Peligro Sísmico de la región de Sampacho, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba, Inédito, Tesis Doctoral Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Shepard F. P. 1963. Submarine geology. Deep-Sea Research and Oceanographic Abstracts, Volume 11, Issue 2, p. 349-349.
- Soil Survey Manual. (1993). Handbook N° 18. Soil Survey Division Staff.
- Soil Taxonomy. (2006). Keys to soils taxonomy. Ninth edition. United States Department of Agriculture; Natural Resources Conservation Services (Eds). 332 pp.
- Tauber, A.A. 1999. Hallazgo de una vicuña en el Pleistoceno de la Provincia de Córdoba, República Argentina. Ameghiniana 36(1): 55-62.
- Tricart, J. (1972). La terre, planète vivante. Paris: Presses Universitaires de France.