

**Universidad Nacional De Río Cuarto**  
**Facultad De Agronomía Y Veterinaria**

“Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**INFLUENCIA DE LA LABRANZA VERTICAL SOBRE LA  
COMPACTACION Y SU EFECTO SOBRE LA  
PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO FORRAJERO ANUAL  
INVERNAL**

Soave Lorena Susana  
D.N.I 27897092

Director: Eugenio Hampp  
Co-Director: Marcos Bongiovanni

Río Cuarto-Córdoba

Noviembre - 2006

## **DEDICATORIA**

*A mi familia, mi abuela pepa  
y Martín.....*

## AGRADECIMIENTOS

*-A mi familia por estar siempre a mi lado, por su afecto y apoyo incondicional para realizarme profesionalmente a pesar de la distancia.*

*-A la familia de Aroldo que me permitió los medios técnicos necesarios para la elaboración de este trabajo final, que fueron de fundamental importancia.*

*-A los amigos de siempre, por acompañarme en las buenas y en las malas.*

*-A los profesores que colaboraron desinteresadamente en este trabajo.....gracias.*

*-A la Universidad Nacional de Río Cuarto, que me brindó la posibilidad de acceder a la formación de grado y el marco institucional para realizar el trabajo.*

## RESUMEN

La experiencia se realizó en el Campo de Docencia y Experimentación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, “Pozo del Carril”, ubicado en cercanías del paraje La Aguada, Pcia de Córdoba, Argentina.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la labranza sobre la resistencia mecánica en un suelo Hapludol éntico y sobre la producción de materia seca de un verdeo invernal. Los tratamientos incluyeron dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) (rastra excéntrica, rastra de dientes y siembra) y labranza vertical (LV), (subsolador alado “reja cero” y siembra); se sembró avena var. Cristal (*Avena sativa L.*). El diseño experimental fue en bloques completos aleatorios, con dos repeticiones por tratamiento y tres submuestras en cada uno. En el suelo, se midieron las variaciones de Resistencia Mecánica (RM) en el perfil, hasta una profundidad de 50 cm y humedad gravimétrica. Las mediciones se realizaron en diferentes etapas del desarrollo del cultivo: momento 0, implantación; momento 1, macollaje; y momento 2, fructificación. En el cultivo, se evaluó producción de Materia seca (MS Kg/ ha) en los momentos 1 y 2. Los resultados indicaron que la RM varió con la humedad del perfil y con el sistema de labranza utilizado, y hubo efecto de la LV en la disminución de la RM del suelo para el momento 1 y para la capa comprendida entre los 24-36 cm. La producción de MS no difirió significativamente de las labranzas, aunque en el momento 2 la MS en LV superó a LC. Se concluye que el sistema de labranza influye en la producción de MS aunque esta influencia no es estadísticamente significativa; que la mayor MS en LV no puede ser explicada a través de las variables estudiadas y que LV disminuye significativamente la RM en el sector por donde pasan las rejas del implemento.

**Palabras claves: Resistencia Mecánica - Labranza vertical – Compactación - Materia seca – Cultivo forrajero anual invernal.**

## SUMMARY

This experiment was carried out at the National University of Rio Cuarto Teaching and Experimentation Field, “Pozo del Carril”, located near the village of La Aguada, Province of Córdoba, Argentina.

The object of the experiment was to test the effect of farming on the mechanical resistance in a Hapludol éntico soil and the production of dry matter on a cereal used as winter forage grass.

The treatments involved two systems of farming: one conventional using (Conventional Tilling) a disc plow, a harrow and traditional sowing system and (V T) the low Vertical Tilling involved using a subsoiler with a wing on its lower point and sown with as above a conventional sowing machine; they sowed Oats, Crystal variety (Sativa Oats).

The experimental design was carried out on a random completed block, with two repetitions by treatment and three subsampling in each one.

On the soil, Mechanical Resistance’s changes were measured in the profile, up to 50 cm in depth and gravimetric humidity.

Measument were taken in different tilling development’s steps: Step 0, implantation; step 1, at the tillering stage; and step 2, at a fructification stage.

On the tilling, the production of Dry Matter (DM Kg/ ha) was tested on steps 1 and 2. The results showed that MR (Mechanical Resistance) according to the profile’s humidity and the tilling system used, and a VT’s effect on the RM’s fall in the soil’s profile for step 1 and for the layer involved between 24-36 cm.

DM’s production did not change significantly from the tilling, although in step 2 the DM in VT was higher than in CT. The conclusion is that the tilling system makes a difference on DM’s production even though it is not statistically significant; the higher DM on VT can not be explained through the variables in study and that VT decrease DM significantly in the area where the plowshares were used.

**KEY WORDS: Mechanical Resistance – Vertical Tilling– Compaction – Dry matter – Fodder annual winter farming**

## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO1: INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1-Presentación del problema.....	1
1.2-Antecedentes generales del tema.....	3
1.3-Hipótesis y objetivos.....	6
1.3.1-Hipótesis.....	6
1.3.2-Objetivos.....	6
1.3.2.1-Objetivo general.....	6
1.3.2.2-Objetivos específicos.....	6
<b>CAPITULO 2: MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>7</b>
2.1-Área de trabajo.....	7
2.1.1-Características del área donde se realizó el estudio.....	7
2.1.1.2-Descripción climática del área de estudio.....	8
2.1.1.3-Descripción climática correspondiente al año 2004.....	9
2.2-Caracterización del suelo del área experimental.....	10
2.2.1-Descripción del perfil del suelo.....	10
2.2.1.2- Descripción del ensayo experimental.....	11
2.2.1.3- Descripción de los métodos utilizados.....	11
<b>CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>
3-Resistencia mecánica.....	15
3.1-Momento 0 (implantación de la avena).....	15
3.2-Momento 1 (aproximadamente macollaje).....	21
3.3-Momento 2 (aproximadamente fructificación).....	24
3.4-Mapas de isoresistencias.....	29
3.4.1-Momento 0.....	30
3.4.2-Momento 1.....	31
3.5-Materia seca.....	32
3.5.1-Momento 1.....	32
3.5.2-Momento 2.....	33
<b>CAPITULO 4: CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>CAPITULO 5: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPITULO: 6 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>44</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Precipitaciones medias mensuales registradas en la estación experimental Pozo del Carril. Período 1994 – 2004.....	8
<b>Figura 2:</b> Temperaturas medias mensuales registradas en la estación experimental Pozo del Carril. Período 1994 – 2004.....	9
<b>Figura 3:</b> Precipitación mensual registrada en la estación experimental Pozo del Carril durante el año 2004.....	9
<b>Figura 4:</b> temperatura media mensual registrada en la estación experimental Pozo del Carril para el año 2004.....	10
<b>Figura 5:</b> Perfil cultural que corresponde a la situación de LV (efecto de la reja cero).....	12
<b>Figura 6:</b> Perfil cultural que corresponde a la situación de LC.....	12
<b>Figura 7:</b> Perfil de distribución de resistencia mecánica del suelo en función de la labranza en el momento 0 (25/06/04) de medición.....	16
<b>Figura 8:</b> Perfil de humedad edáfica en los diferentes tratamientos de labranza en el momento 0 (25/06/04).....	16
<b>Figura 9:</b> Perfil de distribución de resistencia mecánica del suelo en función de la labranza en el momento 1 (24/08/04) de medición.....	21
<b>Figura 10:</b> Perfil de humedad edáfica en los diferentes tratamientos de labranza en el momento 1 (24/08/04).....	22
<b>Figura 11:</b> Perfil de distribución de resistencia mecánica del suelo en función de la labranza en el momento 2 (18/10/04) de medición.....	24
<b>Figura 12:</b> Perfil de humedad edáfica en los diferentes tratamientos de labranza en el momento 2 (18/10/04).....	25
<b>Figura 13:</b> Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LV.....	29
<b>Figura 14:</b> Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LC.....	30
<b>Figura 15:</b> Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LV.....	31
<b>Figura 16:</b> Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LC.....	32

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Valores promedios de Resistencia Mecánica (Mpa) en las capas del perfil cultural de cada tratamiento de labranza para el momento 0 (25/06/04), momento 1 (24/08/04 y momento 2 (18/10/04) de evaluación.....	15
<b>Tabla 2:</b> Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y humedad para el momento 0 (25/06/04) de evaluación.....	18
<b>Tabla 3:</b> Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y DAP para el momento 0 (25/06/04) de evaluación.....	19
<b>Tabla 4:</b> Valores promedio de Resistencia Mecánica (RM) y Densidad Aparente (DAP), para cada capa del perfil de ambos sistemas de labranza.....	19
<b>Tabla 5:</b> Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y DAP para el momento 2(18/10/04) de evaluación.....	26
<b>Tabla 6:</b> Valores promedios de RM y DAP, para cada labranza y para el momento 2 (18/10/04) de evaluación.....	26
<b>Tabla 7:</b> Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y de Densidad de longitud de raíces (DLR) para el momento 2(18/10/04) de evaluación.....	27
<b>Tabla 8:</b> Valores promedio de Resistencia Mecánica (RM) y de Densidad de longitud de raíces (DLR) para cada capa del perfil de ambos sistemas de labranzas.....	27
<b>Tabla 9:</b> Valores promedios de Materia seca (kg/ha) para cada sistema de labranza.....	32
<b>Tabla 10:</b> Valores promedios de Materia seca (kg/ha) para cada sistema de labranza.....	33

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### 1.1-Presentación del problema

La degradación estructural del suelo es uno de los principales problemas de las áreas cultivadas del mundo (Hakansson y Reeder, 1994; Soane y Van Ouwerkerk, 1994). Esta degradación puede incluir el sellado de la superficie, el endurecimiento de capas del perfil, la disminución de la estabilidad de agregados y la compactación subsuperficial del suelo, siendo una de sus principales causas el excesivo laboreo y la remoción de la cobertura superficial (Greenland, 1981; Packer *et al.*, 1992).

En la región central de Argentina (provincia de Córdoba) existen alrededor de 900.000 has con erosión hídrica y 2.000.000 has susceptibles a este tipo de degradación (Cisneros *et al.*, 1996 a). Cantero Gutiérrez *et al.* (1987), mencionan la necesidad de mejorar la condición física de 760.000 has del Departamento Río Cuarto; en este sentido, Bricchi *et al.* (1991) sostienen que los principales subgrupos de suelos de esta región se encuentran afectados. La manifestación de este deterioro se observa en la desagregación de la estructura superficial, inestabilidad y formación de sellos, y en cambios estructurales debajo de la capa labrada, indicados por estados masivos relacionados con el proceso de compactación subsuperficial (Bricchi *et al.*, 1993). En los sistemas de producción agrícola de la región central de Córdoba, los suelos se encuentran en un estado de equilibrio altamente inestable, caracterizado por una marcada pérdida de productividad reflejada en el deterioro físico y la disminución de la fertilidad química de los suelos, generando una alta susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica. (Vignolo *et al.*, 2001).

Por otro lado, se debe considerar lo planteado por Busscher y Sojka (1987), que un suelo arenoso franco no labrado poseería una distribución de la resistencia mas uniforme en profundidad que el mismo suelo manejado con labranza convencional, en donde se generarían zonas de resistencia mas elevada, que podrían inhibir el crecimiento de las raíces.

En relación al efecto generado por los sistemas de laboreo que incorporan la labranza vertical como alternativa de reversión y/o disminución de los procesos de compactación subsuperficial, Clark *et al.* (1993) sostienen que estas labranzas fragmentan las capas del suelo restrictivas, sin causar una destrucción severa de los agregados, y mantienen la superficie protegida mediante la escasa incorporación de residuos.

Los horizontes compactados retardan la infiltración del agua en el suelo, aunque el estudio de la influencia de los sistemas de laboreo sobre este proceso aún no ha llegado a resultados concluyentes (Clark *et al.*, 1993).

Cisneros *et al.* (1998 a) afirma que la existencia de pisos de labor (de rastra y de arado) se debe, por un lado, a una larga historia de uso con laboreo intensivo, y a que la humedad óptima para las labores coincide con la que produce la máxima compactación (cerca a capacidad de campo); por otra parte, los elevados valores de RM en el suelo, influyen en el desarrollo de los sistemas de raíces, aunque, por ser un proceso ligado a la humedad, manifiesta una alta dinámica durante el ciclo de los cultivos como maní (Bonadeo, 1997), soja (Gil, 1995) y otros como tabaco (Vepraskas y Miner, 1986).

En función de esta problemática se han desarrollado diversos dispositivos para el aflojamiento del suelo, como el utilizado en esta experiencia subsolador alado “reja cero”, que producen una homogeneización del perfil que mejora el funcionamiento hídrico del sistema suelo-planta y la exploración radical (Cisneros *et al.* , 1992).

Cisneros *et al.* (1998 b), utilizaron un subsolador alado denominado “reja cero” para la descompactación de suelos franco arenosos muy finos, afectados con pisos de labranza. Los resultados arrojados mostraron una acción eficiente de ruptura de pisos de rastra y arado, hasta los 300 mm de profundidad, a través de una reducción homogénea de resistencia mecánica y densidad aparente; con esta operación se logra una homogeneización vertical y horizontal del perfil cultural.

Cholaky (2003), concluye que el efecto de la labor con subsolador “reja cero” se manifestó en toda la profundidad de trabajo de la herramienta, con un desmenuzamiento más evidente en los sectores del perfil altamente densificado y próximo al sitio donde pasan las rejas.

El incremento de la resistencia a la penetración y de la densidad aparente del suelo, puede disminuir los rendimientos de los cultivos, debido a la generación de impedimentos para el crecimiento de raíces, (Erbach, 1982; Bonadeo, 1997), pudiendo persistir durante varios años (Voorhees *et al.*, 1986). Resistencias a la penetración superiores a 1.5 Mpa, reducen el crecimiento de raíces y, valores superiores a 2.1-2.5 Mpa, limitan el mismo (Bussher *et al.*, 1987; O`Sullivan *et al.*, 1987).

Con relación al efecto sobre los cultivos, Bonadeo y Cantero Gutiérrez (1987) reportan que los perfiles de resistencia mecánica y peso específico aparente, están relacionados con la distribución y densidad de raíces del cultivo de maíz en suelos físicamente degradados. Por su parte, Bricchi *et al.* (1991) afirman que en cuanto al grado de afectación que sufren los cultivos de la región debido a la presencia de capas compactadas, existen diferencias entre ellos, resultando menos nocivas para sistemas de raíces de tipo homorizo que para sistemas de raíces halorizo.

En relación al efecto que genera la labranza vertical, Harrison *et al.* (1994) observaron que el efecto de subsolado condujo a un significativo aumento en la conductividad hidráulica de la capa compactada, en la longitud de raíces y en el porcentaje total de raíces presentes por debajo de los 30 cm, lo que finalmente se tradujo en un mayor rendimiento del cultivo, comparado con una situación no subsolada.

## **1.2- Antecedentes generales del tema**

Las labranzas modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los sistemas que mantienen cobertura vegetal sobre su superficie, denominados conservacionistas, mejoran sus características físicas y químicas con respecto a sistemas convencionales, y constituyen valiosas herramientas para detener la degradación y mantener su calidad ambiental, ya que reducen las pérdidas por erosión y facilitan el secuestro del carbono (Dickey *et al.*, 1994) y (Buschiazzo y Panigatti 1996).

Con respecto a lo anteriormente mencionado, Puricelli (1985) describió a la agricultura continuada bajo sistemas de laboreo de los suelos de la región pampeana como un sistema inestable y proclive a la degradación.

La región central de Argentina (provincia de Córdoba) tiene una historia de uso agrícola de las tierras de más de 80 años (de Prada *et al.*, 1994). Cisneros *et al.* (1996 a) evaluaron la degradación física de los suelos de esta área, para ello confrontaron una situación de no uso (monte forestal) con suelos sometidos a agricultura continua, encontrando los siguientes resultados: los mayores contrastes en las curvas de Resistencia Mecánica pudieron detectarse entre los 10 y 30 cm de profundidad, con valores fluctuantes entre 4.2 y 1.7 Mpa para agricultura continua y monte respectivamente.

La consecuencia directa y no deseada del uso agrícola ha sido la pérdida progresiva de productividad de los suelos debida principalmente a su degradación física (Cisneros *et al.*, 1996 b).

Cisneros *et al.* (1998 a) observaron en suelos franco arenosos, al cabo de tres años de ensayo, una tendencia a una mayor uniformización del perfil de RM en los suelos sometidos a laboreos verticales y, dentro de ellos, los realizados con prototipo de subsolador alado; lográndose una ampliación de la profundidad de fácil enraizamiento, atributo del suelo reconocido como parámetro a monitorear en evaluaciones de calidad del suelo (Larson y Pierce, 1991).

En relación al efecto que genera la labranza vertical, Harrison *et al.* (1994), observaron que el efecto de subsolado condujo a un significativo aumento en la conductividad hidráulica de la capa compactada, en la longitud de raíces y en el porcentaje total de raíces presentes por debajo de los 30 cm, lo que finalmente se tradujo en un mayor rendimiento del cultivo, comparado con una situación no subsolada.

En cuanto a los cultivos, Barber y Díaz (1992) encontraron que el rendimiento de soja se había incrementado por efecto de la ruptura de capas densificadas a través de una labor de subsolado, y Mora *et al.* (2001) obtuvieron resultados similares en maíz.

Díaz-Zorita (2000) halló que aumentos en la RM entre los 20 y 25 cm de profundidad para un suelo Hapludol típico de textura superficial franco arenosa produjo reducciones lineales en los rendimientos del cultivo de girasol (*Helianthus annuus L.*), por tener este cultivo un sistema radical sensible a las impedancias edáficas las que limitan su normal desarrollo afectando su productividad; siendo máximas a partir de valores de 1.65 Mpa.

Giayetto *et al.* (1998) encontraron que los mayores rendimientos en maní se correspondieron a labranzas verticales con cincel modificado (con prototipo de subsolador alado reja cero), y menores rendimientos en siembra directa.

La persistencia de las condiciones de baja resistencia a la penetración, debidas a la labranza profunda, es relevante al momento de definir la frecuencia de este tipo de operación (Barber, 1994).

Cholaky *et al.* (2001), trabajaron sobre un suelo Haplustol típico bajo dos situaciones de compactación del perfil cultural, alta compactación (AC) y baja compactación (BC), en las cuales se efectuó una labor con el subsolador alado “reja cero”. De la mencionada experiencia, se concluyó que la labor con reja cero generó una elevada fragmentación de la capa densificada para las dos situaciones y que la misma produjo una adecuada protección de la superficie, generando un mínimo enterramiento del rastrojo. También se manifiesta que la persistencia, aunque sea parcial, de antiguas labores con reja cero generan condiciones de menores requerimientos de potencia en futuras labores de descompactación.

Cholaky (2003) concluye que la descompactación con “reja cero” persiste durante el período de desarrollo del ciclo de un cultivo anual, con valores de resistencia a la penetración inferiores a los indicados como restrictivos o limitantes para el crecimiento radical, cuando no se efectúa tránsito en el terreno luego de la labor.

Giayetto *et al.* (2000) evaluaron cinco rotaciones y tres sistemas de labranza (Convencional, Reducida y Cero), encontrando que no hubo diferencias apreciables entre sistemas de labranza para la variable RM, y concluyendo en que no se efectuó una adecuada fragmentación del piso de labor; por lo tanto afirman que por los factores evaluados es esperable que sus efectos sobre las propiedades físicas e hidrofísicas del suelo y, en consecuencia, sobre el comportamiento de los cultivos, se haga evidente en el tiempo.

Son múltiples las variables que inciden en la efectividad de la labor de aflojamiento. En este sentido, McKyes (1985) sostiene que el cambio en la densidad del suelo por el efecto de una labor de aflojado dependerá de varios factores, incluyendo la densidad del suelo, el contenido de humedad, la geometría de la herramienta y la velocidad de labor. Complementariamente, Tollner *et al.* (1984) afirman que los cambios generados por la labranza en la densidad aparente y en las impedancias mecánicas del suelo, están afectados de una manera muy compleja por la textura, estructura y contenido de humedad del suelo al momento de realizar las labores.

### **1.3-HIPOTESIS Y OBJETIVOS**

En función del problema y antecedentes bibliográficos expuestos en el capítulo anterior, se plantea la siguiente hipótesis y objetivos de trabajo para el área de estudio que comprende un suelo Hapludol éntico de familia franca gruesa, bajo dos sistemas de labranza.

#### **1.3.1- Hipótesis**

-La homogenización del perfil, como consecuencia de labranzas que reducen la resistencia mecánica (RM), incrementa la producción de materia seca de un cultivo forrajero anual invernal.

#### **1.3.2-Objetivos**

##### **1.3.2.1- Objetivo general**

-Evaluar el efecto de la labranza sobre la resistencia mecánica del suelo y sobre la producción de materia seca de un cultivo forrajero anual invernal, en función de variaciones en la resistencia mecánica del perfil.

##### **1.3.2.2- Objetivos específicos**

-Evaluar la resistencia mecánica del suelo en diferentes etapas del crecimiento de un cultivo forrajero anual invernal bajo dos sistemas de labranzas.

-Realizar una evaluación de la producción de materia seca en diferentes etapas fonológicas del cultivo.

## . CAPITULO 2 MATERIALES Y METODOS

### **2.1-Área de trabajo:**

El presente estudio se desarrolló en el Campo de Docencia y Experimentación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, “Pozo del Carril”, ubicado en cercanías del paraje La Aguada, pedanía San Bartolomé Provincia de Córdoba, Argentina a los 25° 55` LS y 44° 41` LO y a 550 msnm.

La Aguada se encuentra a una distancia de 50 Km al oeste de la ciudad de Río Cuarto y a 10 Km al este de las Sierras Comechingones.

### **2.1.1Características del área donde se realizó el estudio**

El relieve local es normal, fuertemente ondulado con pendientes medias, complejas y de gradientes aproximados entre 3% y 8% al oeste de la unidad catastral n° 12 (Cantero *et al.*, 1986), presentando las lomadas una longitud que oscila entre los 3.000 y 6.000 m de largo (Becker *et al.*, 2001). En este relieve dominan sedimentos de tipo loésico sobre los que se desarrollan suelos Hapludoles (Becker *et al.*, 1997).

Las tierras del campo experimental pertenecen hidrológicamente a la cuenca del Arroyo El Cipión, el cual a su vez aporta al sistema del Arroyo Santa Catalina, siendo la red de drenaje de baja densidad. La cuenca se encuentra ubicada en la región geomorfológica denominada llanura Chaco-pampeana o Pampeana (Cantero *et al.*, 1986).

La región mencionada pertenecía a un inmenso latifundio ganadero hasta mediados del siglo XX (Cantú, 1998), donde se produce más tarde la incorporación de la agricultura invernada (trigo, lino, avena y centeno). Posteriormente se incorpora el maíz que paulatinamente desplazó los cultivos de invierno y también se introducen el girasol y la soja. En la actualidad el uso de la tierra es agrícola-ganadero con fluctuaciones dependientes del mercado internacional.

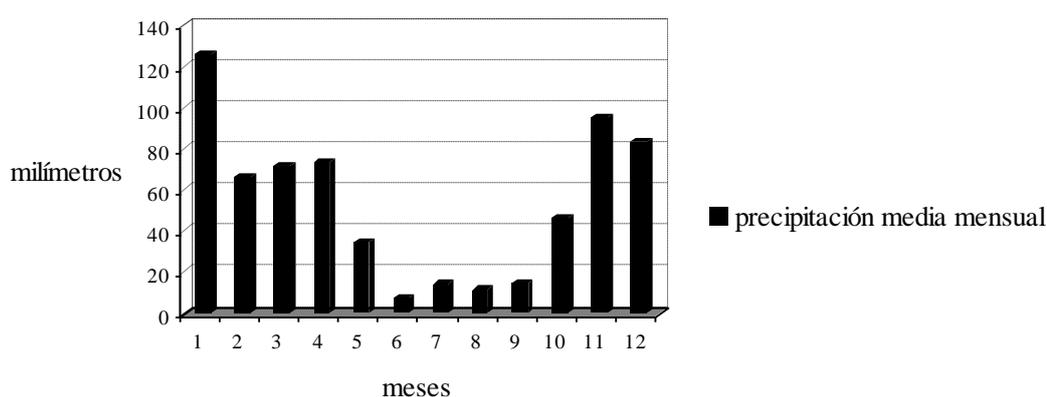
En esta región por motivos socioculturales y económicos las labores se realizan principalmente a favor de la pendiente sin ningún tipo de práctica de conservación, además cuando comienza el período de precipitaciones los suelos se encuentran desnudos preparados para la siembra, produciéndose cambios en las condiciones hidrofísicas y estructurales que ante las precipitaciones determinan un fuerte exceso hídrico que escurre sobre la superficie y provoca en toda la región procesos de erosión hídrica de diversa índole e intensidad, siendo este el proceso de degradación más importante (Cantero Gutiérrez y Cantú, 1980; Cantú, 1998; Degioanni, 1998).

### **2.1.1.2-Descripción climática del área de estudio**

El clima de la región predominante es el subhúmedo con estación seca, y subhúmedo seco a semiárido en un área con forma triangular, ubicada en el extremo Suroeste del Departamento. La precipitación media anual para el área rondaría los 800 mm. El régimen de temperatura es de tipo mesotermal (Cantero *et al.*, 1986).

En el ámbito de la Aguada, paraje donde se realizó el ensayo, no se presentaba ninguna estación meteorológica hasta el año 1994, en donde se instala una estación automática en el campo experimental Pozo de Carril.

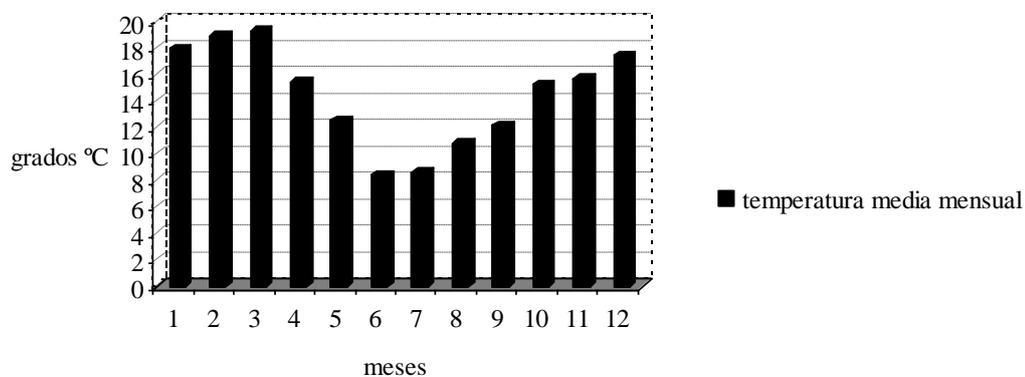
En los siguientes gráficos se presentan las precipitaciones medias mensuales (Figura 1) y las temperaturas medias mensuales (Figura 2), correspondiendo en ambos casos a una serie de registros durante el período 1994-2004.



**Figura 1: Precipitaciones medias mensuales registradas en la estación experimental Pozo del Carril. Período 1994 – 2004.**

Las lluvias son abundantes durante el período primavera-estival para disminuir durante el otoño e invierno, presentando un régimen de distribución monzónico.

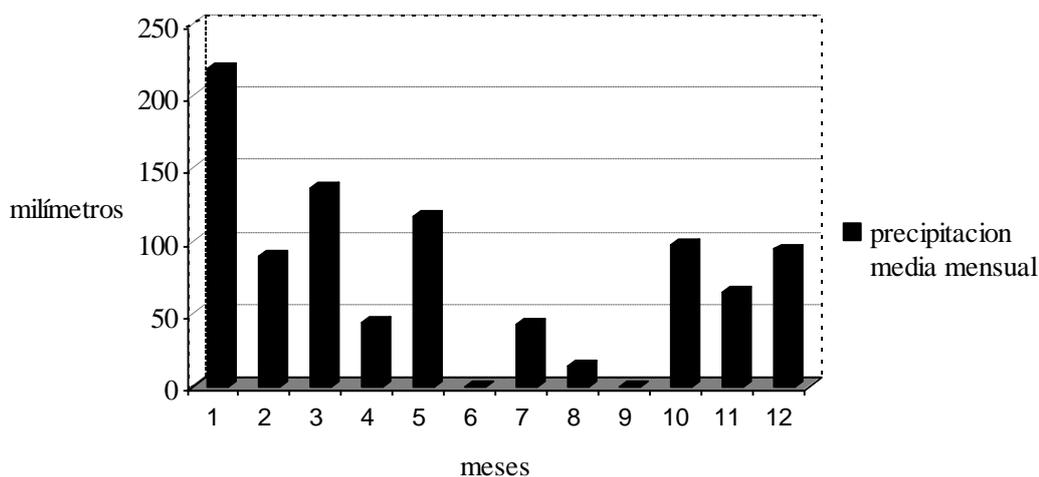
La temperatura media del mes más cálido es de 19 °C correspondiéndose al mes de marzo, mientras que la temperatura media del mes más frío es de 8,4 °C correspondiéndose al mes de junio.



**Figura 2: Temperaturas medias mensuales registradas en la estación experimental Pozo del Carril. Período 1994 – 2004.**

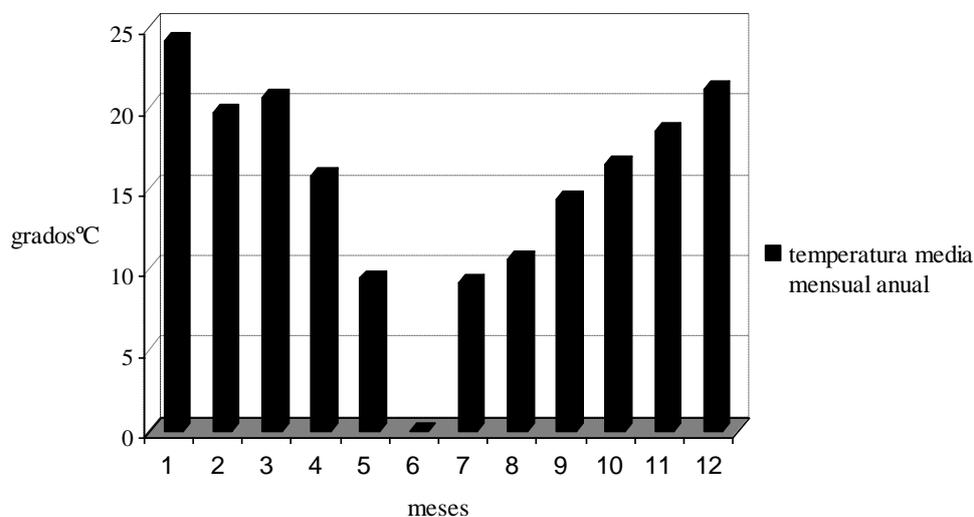
**2.1.1.3-Descripción climática correspondiente al año 2004:**

Durante el año 2004, el mes que registró la mayor precipitación fue enero con 220 mm, mientras que no hubo valores de precipitación registrados durante los meses de junio y septiembre (Figura 3)



**Figura 3: Precipitación mensual registrada en la estación experimental Pozo del Carril durante el año 2004.**

En el caso de la temperatura media mas elevada se registro durante el mes de enero con 24,2° C mientras que la más baja se produjo en el mes de julio con 9,2° C. No se tiene registro durante el mes de junio (Figura 4).



**Figura 4: temperatura media mensual registrada en la estación experimental Pozo del Carril para el año 2004.**

Los vientos predominantes son del sector NE – SO de junio a diciembre y en menor frecuencia del S - N y del SO - NE de diciembre a junio. Las mayores velocidades se registran en el período comprendido desde julio a noviembre con valores promedios de 18 – 22 Km/ h y con ráfagas de hasta 50 Km/ h (Cantero *et al.*, 1986).

## **2.2.-Caracterización del suelo del área experimental**

El relieve es normal, suavemente ondulado, con pendientes promedios de 1,5%; presentando los suelos de esta área susceptibilidad a la desagregación superficial y compactación. Las limitaciones más severas son erosión hídrica y eólica. (Degioanni, 1998).

### **2.2.1-Descripción del perfil del suelo**

El perfil típico de este tipo de suelos (Hapludol éntico, familia franca gruesa), corresponde a la serie La Aguada, (INTA – MAGyRR, 1994).

Se trata de suelos profundos y algo excesivamente drenados. Presentan incipiente desarrollo; el horizonte A de 17 cm de profundidad es franco, con bajo tenor de materia orgánica, débilmente ácido, y con agregados de moderada a débil estabilidad. Pasa transicionalmente

(AC) a un horizonte C a los 40 cm de textura franco arenosa. Los datos analíticos correspondientes a la Serie La Aguada ver en Anexo.

### **2.2.1.2-Descripción del ensayo experimental**

El presente trabajo se inició en el mes de Abril con la siembra del cultivo forrajero anual invernal avena var. Cristal (*Avena sativa L.*), fecha aproximada 15/04/04 y finalizó con la cosecha del cultivo que coincidió con el inicio de la estación del verano. El estudio se desarrolló sobre un ensayo puesto en marcha con anterioridad en donde se trabajó con dos sistemas de labranzas.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de sistemas de labranza:

Labranza convencional (LC): consistió en una pasada de rastra excéntrica, una de rastra de dientes y posteriormente la siembra y Labranza vertical (LV): incluyó una pasada de subsolador alado “reja cero” similar a la utilizado por Cisneros *et al.* (1998), a una profundidad teórica de 30 cm; realizándose a posteriori la siembra.

La forma de la reja se asemeja a una “T” invertida, presentando filos verticales y horizontales, con un ancho total del órgano activo de 176 mm, un ángulo de elevación de 5° y con una profundidad de trabajo potencial de hasta 335 mm.

La labranza en ambos casos fue realizada en condición de suelo friable.

Diseño experimental:

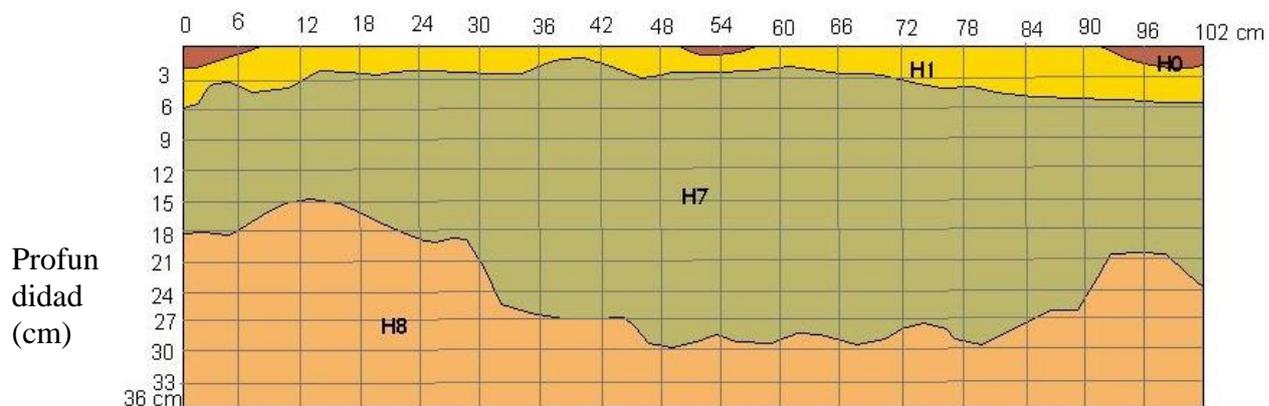
El diseño experimental llevado a cabo fue en bloques completos aleatorios, realizando dos repeticiones de los diferentes tratamientos con tres submuestreos en cada uno; el tamaño de las parcelas experimentales fue de 2m x 2m.

### **2.2.1.3-Descripción de los métodos utilizados**

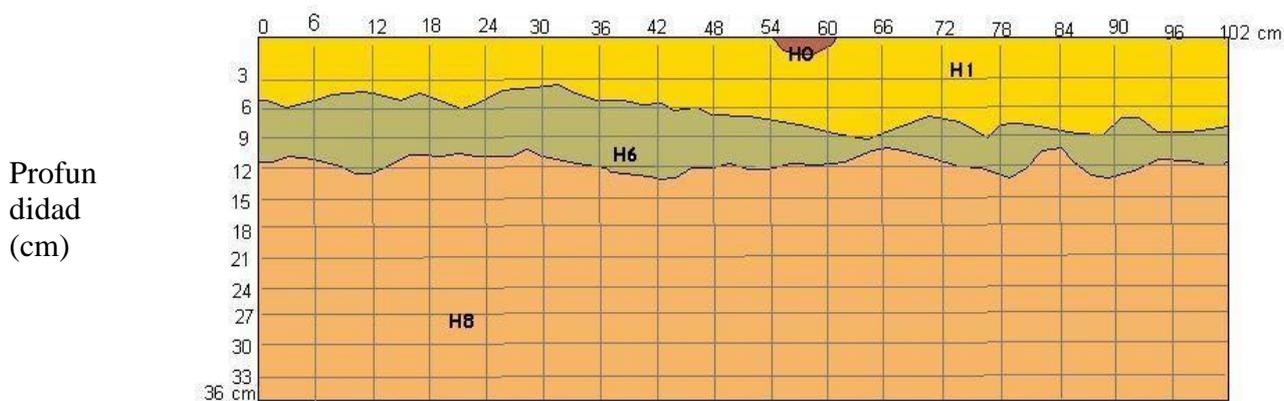
#### **Perfil Cultural**

La descripción del perfil cultural fue realizada utilizando la metodología propuesta por Gautronneau y Manichon (1987); realizándose a posteriori de las labranzas. La información obtenida fue digitalizada mediante el software ARC INFO (ESRI, 1992) con el que se obtuvieron mapas de los perfiles culturales.

A partir de las capas identificadas se definieron los intervalos de profundidad de muestreo y análisis de los métodos a evaluar en el suelo, las cuales fueron: 0-6 cm, 6-12 cm, 12-24 cm, 24-36 cm y 36-50 cm.



**Figura 5: Perfil cultural que corresponde a la situación de LV (efecto de la reja cero)**



**Figura 6: Perfil cultural que corresponde a la situación de LC.**

En el perfil correspondiente al tratamiento con LV se diferenciaron 3 capas H1, H7 y H8 (Figura 5), y en el perfil de LC H1, H6, y H8 (Figura 6).

H1, correspondió a la capa superficial, de unos pocos centímetros de espesor, caracterizada por un alto grado de pulverización estructural. H6 y H8 corresponden a capas densificadas, comúnmente denominadas “piso de rastra” y “piso de arado” respectivamente, por corresponder a las profundidades normales de trabajo de dichos implementos, mientras que H7 fue el sector donde se observó el efecto de la labor de descompactación con reja cero.

### **En el suelo:**

**Resistencia Mecánica:** Las variaciones de Resistencia Mecánica (RM) en el perfil, fueron medidas con un penetrómetro computarizado (Eijkelkamp, 1995) provisto de un cono con área basal de 1 cm<sup>2</sup> y ángulo de 30° y con secuencia de lectura de 0,01 m. Se realizaron 3 submuestreos por repetición en cada tratamiento, hasta una profundidad de 50 cm. En situaciones de escasa humedad del suelo se utilizó el penetrómetro de impacto de punta en cono, (cono de 4.09 cm<sup>2</sup> de superficie), carrera de 50 cm y pesas de 1 Kg; 1.5 Kg y 2.5 Kg, luego mediante un software ideado especialmente se transformaron los valores obtenidos a un rango de lectura similar al del penetrómetro electrónico.

Los muestreos se realizaron durante el desarrollo del cultivo y las fechas fueron las siguientes con su respectiva denominación: 25/06/04, (momento 0) con penetrómetro de impacto; 24/08/04, (momento 1) y 18/10/04, (momento2) con penetrómetro electrónico; 20/12/04, (momento 3). En el momento correspondiente al 18/10/04, debido a condiciones de humedad escasa en el perfil del suelo las mediciones pudieron realizarse hasta los 12 cm de profundidad y en el último momento de muestreo (20/12/04), el perfil se encontraba bajo condiciones humedad similares a la anterior y en esta oportunidad solo se realizó un submuestreo por bloque y por tratamiento, el cual abarcó los primeros 30 cm de profundidad. Por tal motivo es que para este último momento de medición no se realizó el análisis estadístico correspondiente.

Los datos de RM se agruparon y promediaron para las siguientes capas y/o horizontes: 0-6, 6-12, 12-24, 24-36 y 36-50 cm; según lo observado en el perfil cultural, a los fines de mostrar los estratos que mayores diferencias mostraran en profundidad. Cada una de ellas fue sometida a un análisis de la varianza y utilizando el programa estadístico INFOSTAT (2001).

**Mapas de isoresistencia mecánica:** en cada repetición por tratamiento y para cada momento se trazaron tres transectas en sentido transversal a las líneas de labranza y siembra. En cada una de ellas se realizaron cuatro mediciones de RM hasta los 50 cm de profundidad. A partir de esta información se confeccionaron mapas tridimensionales de la RM mediante procesamiento con el software SURFER (Golden Software, 1995).

**Humedad gravimétrica:** En idénticos momentos que la evaluación de la resistencia mecánica, se muestreó el perfil con barreno hasta los 60 cm de profundidad, para conocer la humedad del perfil a través del método gravimétrico. Para ello se tomó una muestra compuesta de seis submuestras por bloque y por tratamiento a intervalos de 10 cm de espesor. En laboratorio se determinó el contenido gravimétrico de agua del suelo en base seca, usando una estufa con circulación de aire forzado a 105° C hasta peso constante.

Las fechas fueron las mismas en las que se muestreo RM y luego con estos datos se realizaron análisis de correlación para la variable RM, utilizando el programa estadístico INFOSTAT (2001).

También se realizaron análisis de correlación entre densidad aparente específica (DAP) y RM, densidad de longitud de raíces (DLR) y RM y se utilizó para ello el programa estadístico INFOSTAT (2001); estos datos fueron proporcionados por Guiñazu<sup>1</sup> (2006).

**En el cultivo:** se evaluó producción de Materia seca (MS) total, expresándola por hectárea (kg/Ha). Se realizó según el método de Acuña *et al.* (1984) modificado, el cual consistió en dividir a las parcelas correspondientes a cada tratamiento en cuatro subparcelas, correspondiendo estas a las muestras que se iban a tomar a lo largo del ciclo del cultivo. Cada subparcela fue de 1 m<sup>2</sup> al que a su vez se lo dividió en cuatro cuadrantes de 0,25 m<sup>2</sup> cada uno, donde se extraían las plantas de avena correspondientes a dos hileras de siembra que representaban a la materia seca extraída en 0.175 m<sup>2</sup>.

Las fechas de muestreo fueron (24/08 y 18/10/04) que corresponden a los momentos 1 y 2 de medición de RM.

En la etapa de laboratorio se procedió a tomar el peso verde de las muestras y luego al secado en estufa a 105°C de las mismas hasta peso constante; con lo realizado anteriormente se pudieron extrapolar los datos y llevarlos a valores de MS (kg/ha).

El análisis estadístico que se realizó a los datos de materia seca, fue un análisis de la varianza utilizando el programa estadístico INFOSTAT (2001).

---

<sup>1</sup> Trabajo Final de Graduación “Efecto del sistema de laboreo sobre la densidad de longitud de raíces y producción de materia seca de un verdeo invernal”, realizado por Ruth Carolina Guiñazu en los mismos momentos que los del presente trabajo y en el mismo ensayo experimental.

## CAPITULO 3

### RESULTADOS y DISCUSIÓN

#### 3-Resistencia Mecánica

Los valores de resistencia mecánica no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, a excepción del momento 1 y para la capa de perfil de suelo comprendida entre los 24-36 cm (tabla 1).

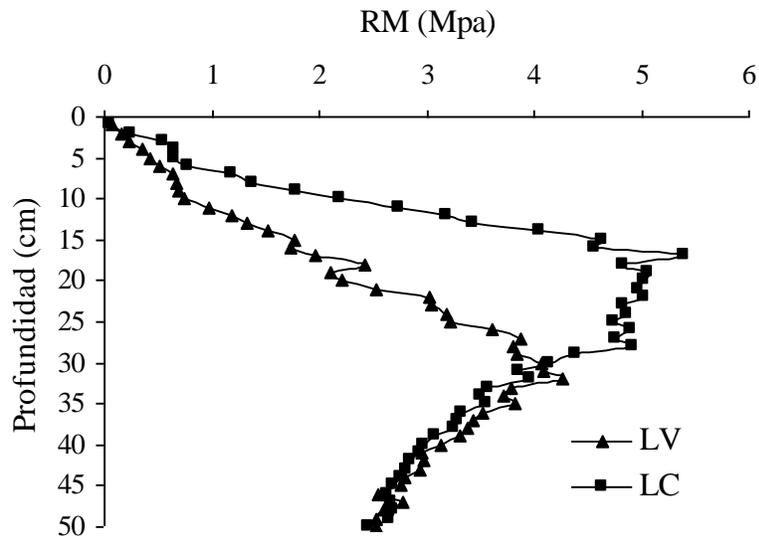
**Tabla 1: Valores promedios de Resistencia Mecánica (Mpa) en las capas del perfil cultural de cada tratamiento de labranza para el momento 0 (25/06/04), momento 1 (24/08/04) y momento 2 (18/10/04) de evaluación.**

CAPAS (cm)	RM (Mpa) LV			RM (Mpa) LC		
	Mo 0	Mo 1	Mo 2	Mo 0	Mo 1	Mo 2
0-6	0,26 a	0,20 a	0,40 a	0,45 a	0,48 a	0,57 a
6-12	0,64 a	0,53 a	0,80 a	1,77 a	1,35 a	1,17 a
12-24	1,91 a	1,23 a	s/d	4,07 a	1,68 a	s/d
24-36	3,35 a	1,26 b	s/d	3,94 a	1,54 b	s/d
36-50	2,81 a	1,16 a	s/d	2,80 a	0,99 a	s/d

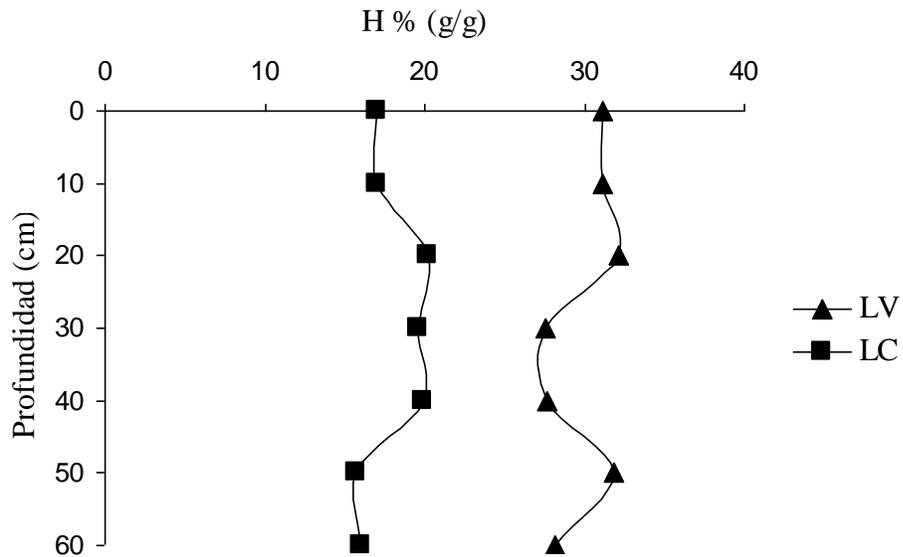
Igual letra en una misma columna indica que no existen diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).  
LV: labranza vertical, LC: labranza convencional, Mo: momento de evaluación y s/d: sin datos para la variable RM.

#### **3.1-Momento 0 (25/06/04) “implantación de la avena”**

Si bien en ambos tratamientos el perfil de RM mostró valores superiores a 2,5 Mpa estos se hacen evidentes en capas diferentes, este valor es considerado por numerosos investigadores como restrictivo para el crecimiento radical de los cultivos (Gardner *et al.*, 1987; Bussher *et al.*, 1987; O’Sullivan *et al.*, 1987); desde los 12 cm hasta los 50 cm de profundidad fue el tratamiento de LC el que presentó valores superiores a este valor que incluso llegó a duplicarlo en la capa comprendida entre los 12-24 cm, mientras que en LV los valores que superaron el valor crítico se manifestaron principalmente en el espesor correspondiente a la capa de 24 a 36 cm en adelante (Figura 7). En LC la capa densificada de origen antrópico se manifestó claramente en todo el espesor desde los 12 a 36 cm; mientras que por debajo de los 36 cm de profundidad la RM se igualó en ambos tratamientos y descendió con respecto a la capa supraadyacente.



**Figura 7: Perfil de distribución de resistencia mecánica (RM) del suelo en función de la labranza en el momento 0 (25/06/04) de medición.**



**Figura 8: Perfil de humedad edáfica en los diferentes tratamientos de labranza en el momento 0 (25/06/04)**

A pesar de lo planteado precedentemente los valores de RM en LV son inferiores a LC, probablemente se debieron al contenido hídrico que presentaba el perfil (Figura 8); coincidiendo con las relaciones entre ambas variables obtenidas por Uberto *et al.*(2001), Bonadeo (1997) y Cholaky (2003), en donde la relación observada entre la RM y la humedad es inversamente proporcional al contenido hídrico, para suelos de similares granulometrías a la de la presente experiencia, y observaron que, cuando la humedad del perfil es inferior al 10 % la RM aumenta considerablemente.

Si bien el contenido hídrico de ambos perfiles se encontraba por encima del contenido correspondiente a capacidad de campo, los valores de RM superaron los valores considerados críticos para el crecimiento radical (Gardner *et al.*, 1987; Bussher *et al.*, 1987; O'Sullivan *et al.*, 1987). Este comportamiento podría atribuirse al efecto de la compactación en LC y a que no fue modificada completamente y en LV a pesar del tipo de labor recibida. En ese sentido fue coincidente con lo observado en la evaluación del perfil cultural posterior a las labranzas.

Por otro lado la magnitud de los valores observados puede guardar relación con la metodología empleada, ya que algunos de los valores de RM registrados son mayores que los citados por la bibliografía. Se obtuvieron valores máximos de aproximadamente 7 Mpa para este momento de evaluación (ver figura 13 y 14 del presente capítulo), que superan ampliamente los citados como valores críticos; pero que quedaron enmascarados por la razón de que los datos fueron promediados entre muestras como una forma de sintetizar y representar los mismos. Por ejemplo Ehlers *et al.* (1983) mencionan valores entre 4.6 y 5.1 Mpa para raíces de avena y Gerard *et al.* (1982) valores de hasta 5 Mpa sin especificar el cultivo y valores de hasta 7 Mpa en suelos de textura gruesa. Los mismos autores aclaran que probablemente el instrumento de medición influencia las diferencias encontradas.

Bonadeo (1997), también considera que los valores extremos de RM pueden ser atribuidos a diferencias en la morfología y estructura de la capa densificada y en el penetrómetro utilizado.

En relación a los valores considerados críticos para el crecimiento radicular los hallados en esta experiencia para las condiciones de humedad mencionadas precedentemente, resultarían negativos para cultivos como el maní de acuerdo a lo informado por Gardner *et al.* (1987), quienes encontraron que el crecimiento de las raíces se restringía en pisos de labor ubicados entre 35 y 40 cm con resistencias mayores de 2.5 Mpa y por Taylor, Ratliff (1969) cit. por Arkin y Taylor (1981) quienes sostienen que la velocidad de elongación de las raíces de maní se reduce en un 50% cuando la RM es de 2 Mpa.

Giayetto *et al.* (1992), considera que la presencia de panes antrópicos producidos por el excesivo laboreo, generan impedimento para una adecuada infiltración de lluvias y provoca severos confinamientos superficiales de raíces y la consecuente disminución del suelo explorado. Ambos aspectos determinan déficit hídricos al incrementarse las pérdidas de agua por escorrentía superficiales y limitan su captación desde horizontes más profundos. También establece que su efecto sobre los cultivos en el crecimiento y producción son marcadamente disminuidos o enmascarados cuando las precipitaciones son abundantes durante el ciclo.

**Relación entre RM y humedad:** el análisis arrojó valores estadísticamente significativos para la correlación entre estas variables para cada una de las capas de profundidad del perfil, no así para la capa de 36-50 cm (tabla 2). Las demás mostraron una relación inversa entre ambas (ver anexo). Esta misma relación es citada por Kok, McCool (1990). Esto indicaría que cuando disminuye el contenido hídrico de los suelos provoca incrementos de la resistencia mecánica, las cuales son variables según la textura y se deben al aumento de las fuerzas de cohesión o de las fricciones internas (Baver 1972, Schjonning 1990).

**Tabla 2: Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y humedad para el momento 0 (25/06/04) de evaluación.**

Profundidad (cm)	coeficiente	p
0-6	-0,65	0,02
6-12	-0,61	0,03
12-24	-0,67	0,02
24-36	-0,67	0,02

Diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).

**Relación entre RM y DAP:** el análisis de correlación entre estas variables mostró significancia solo para la capa 0-6 cm de profundidad del suelo (tabla 3).

La resistencia a la penetración de los suelos es función de la densidad aparente, el contenido hídrico, la textura, el contenido de materia orgánica y la presencia de agentes cementantes, según lo establecen Bathke *et al.* (1992). También Guerif (1994), considera que la resistencia a la penetración es función de la interacción entre dos variables; contenido hídrico y densidad aparente.

**Tabla 3: Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y DAP para el momento 0 (25/06/04) de evaluación.**

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>coeficiente</b>	<b>p</b>
0-6	0,69	0,01
6-12	0,54	0,07
12-24	0,18	0,58
24-36	0,14	0,67

Diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 4: Valores promedio de Resistencia Mecánica (RM) y Densidad Aparente (DAP), para cada capa del perfil de ambos sistemas de labranza.**

	<b>DAP (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>RM (MPa)</b>	<b>DAP (Mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>RM (MPa)</b>
<b>LABRANZA</b>	<b>LV</b>	<b>LV</b>	<b>LC</b>	<b>LC</b>
<b>CAPA (cm)</b>				
0-6	1,09	0,29	1,18	0,49
6-12	1,09	0,81	1,18	2,08
12-24	1,41	2,24	1,49	4,73

De la relación observada entre estas variables surge que cuando el valor de densidad aparente (DAP) estuvo próximo a 1 Mg/m<sup>3</sup>, el valor de RM fue inferior a 1 MPa, mientras que cuando la DAP alcanzó el valor de 1,49 Mg/m<sup>3</sup>, la resistencia superó el nivel crítico de 2,5 MPa (tabla 4), situación evidenciada principalmente en LC en la cual duplicó el valor mencionado anteriormente. Así mismo los valores de DAP observados en LV fueron levemente inferiores que en LC, y también los valores de RM, se podría sostener que esta variable pudo estar influenciada por el contenido hídrico del perfil, en el sentido que LV presentaba menor RM que LC.

Cabe considerar que la densidad aparente es un índice de la compactación alcanzada por el suelo, la cual se incrementa cuando se aplican fuerzas de gran magnitud originadas por el laboreo o tránsito sobre los mismos. Al aplicar estas sobre el suelo se produce una reducción del

espacio poroso, especialmente de poros grandes y un rearrreglo de partículas (Bowen, 1981; Smith, 1990).

Son múltiples las variables que inciden en la efectividad de la labor de aflojamiento. En este sentido McKyes (1985) sostiene que el cambio en la densidad del suelo por el efecto de una labor de aflojado dependerá de varios factores, incluyendo la densidad del suelo, el contenido de humedad, la geometría de la herramienta y la velocidad de labor. Complementariamente, Tollner *et al.* (1984) afirman que los cambios generados por la labranza en la densidad aparente y en las impedancias mecánicas del suelo, están afectados de una manera muy compleja por la textura, estructura y contenido de humedad del suelo al momento de realizar las labores.

Lo anteriormente planteado tendría relación con los resultados obtenidos por Cisneros *et al.* (1998 b), quienes evaluando el comportamiento de la “reja cero” en suelos Hapludoles típicos franco arenosos muy finos observaron que al cabo de tres años las variaciones de densidad aparente revelaron un incremento significativo en la porosidad total en los horizontes aflojados, especialmente en la profundidad del piso de arado lo que estaría reflejando un efecto de ruptura de agregados y probable generación de agrietamientos para la exploración de las raíces y la circulación de agua. Similares tendencias fueron observadas por Uberto *et al.* (2001) y por Cholaky (2003).

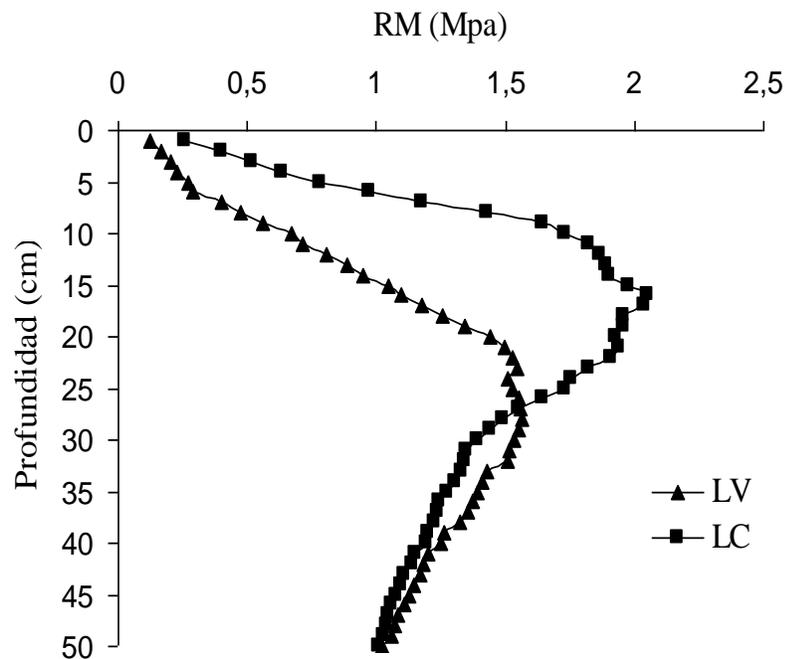
Ehlers *et al.* (1983) afirma que a mayor densidad aparente, más decisiva es la influencia de la humedad sobre la resistencia mecánica, lo que estaría asociado al aumento de las fuerzas cohesivas cuando disminuye la humedad y a la menor distancia interparticular.

### 3.2- Momento 1 (24/08/04) “aproximadamente macollaje”

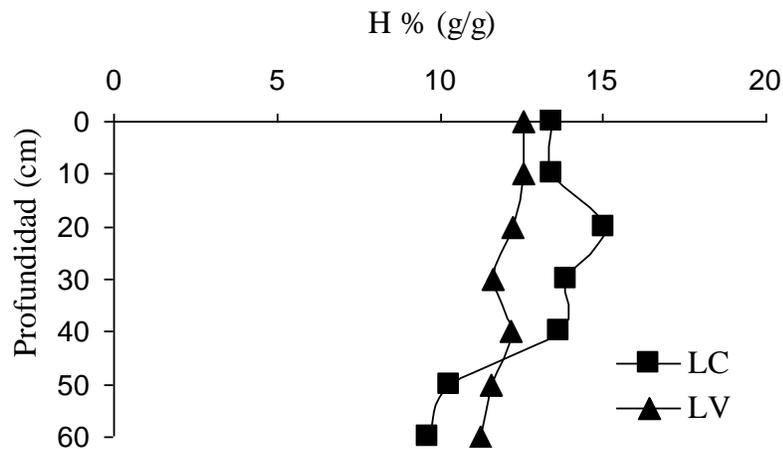
Los valores de resistencia mecánica en el momento 1, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la capa de profundidad comprendida entre los 24-36 cm (tabla 1).

Como se observa en el perfil de distribución de RM para este momento, los valores que presenta ambos sistemas de labranza son inferiores a 2.5 Mpa considerados restrictivos para el crecimiento radicular (Gardner *et al.*, 1987; Bussher *et al.*, 1987; O’Sullivan *et al.*, 1987), hasta los 50 cm de profundidad del perfil.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor de la LV para la capa entre 24-36 cm (tabla 1), esto podría deberse al efecto de aflojamiento de la herramienta sobre un piso de labor (Figura 9); con respecto a esto Lerink (1994) probó que estos se generan por el laboreo a una misma profundidad y por el elevado tránsito con maquinarias y que estas son las causas más importantes que afectan la condición física de los suelos.



**Figura 9: Perfil de distribución de resistencia mecánica (RM) del suelo en función de la labranza en el momento 1 (24/08/04) de medición.**



**Figura 10: Perfil de humedad edáfica en los diferentes tratamientos de labranza en el momento 1 (24/08/04).**

Se evidenció que los valores de RM para la LC son mayores a los de la LV, hasta aproximadamente los 20 cm del perfil. También se aprecia el posible efecto de la herramienta en el aflojamiento del perfil hasta los 30 cm, ya que a partir de esta profundidad los valores de RM se incrementan y se asemejan a los de la LC, ya que la humedad fue similar en ambas labranzas (Figura 10). Estas diferencias fueron corroboradas en la evaluación del perfil cultural, a partir de la cual se pudo observar que en LV si bien la profundidad de trabajo fue irregular, en algunos sectores se fracturó hasta los 27-28 cm de profundidad aproximadamente (ver capítulo 2). Esta profundidad sería coincidente con la profundidad a la que pasaron las rejas del implento, pudiendo sostener que en estos sectores es en donde se produce el máximo aflojamiento o fractura.

Si bien la diferencia estadística entre tratamientos fue solo en la capa de 24-36 cm de profundidad, se evidencia que en la capa supraadyacentes la tendencia se mantiene. También se puede apreciar que los valores de RM fueron inferiores a los del momento 0, a pesar de que en aquel el contenido hídrico fue marcadamente superior, pudiendo atribuir esto a la metodología empleada que en este caso fue el penetrómetro electrónico. Con relación a la información obtenida por penetrometría, Scott Russell (1977), demuestra que debido al tamaño y rigidez de estos instrumentos, no informan sobre la continuidad de poros o planos de debilidad de los suelos, y que no desplazan el suelo de una manera similar a como lo hacen las raíces, pero aclara

que si el suelo es uniforme y ha sufrido compactación, los cambios en la resistencia mecánica estarán estrechamente relacionados con la velocidad de extensión de las raíces.

Cisneros *et al.* (1998 b), encontraron utilizando el dispositivo “reja cero” (el mismo fue utilizado en esta experiencia), montados en arados de cincel, que produjeron una mejora en la condición física de suelos franco arenosos con alto deterioro estructural, en especial en los primeros 23 cm del suelo. Con la operación se logra una homogeneización vertical y horizontal del perfil cultural; el mismo autor y en el mismo año, sobre un suelo Haplustol típico de la pcia. de Cba encontró reducciones altamente significativas en RM a favor de los tratamientos con laboreo profundo, y dentro de ellos con los realizados con el prototipo de subsolador alado.

Elissondo *et al.* (2001), cuando evaluaron el efecto de la introducción de una labranza vertical (LV) en un suelo bajo siembra directa (SD) establecida sobre una pastura de cuatro años, encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos debido a la reciente remoción del suelo en el caso de LV, lo cual produjo un aflojamiento del suelo hasta los 20 cm de profundidad, con importante reducción en los valores de RM.

La elevada dureza que manifiestan los pisos de labor se traduce en un obstáculo para la exploración de las raíces y es frecuentemente evaluada por la resistencia a la penetración. Bonadeo *et al.* (2003), en una experiencia realizada sobre un suelo Hapludol típico, sometida a tres niveles de compactación de suelo y cultivada con maní encontraron diferencias entre tratamientos de la variable RM para la profundidad comprendida entre los 20 y 30 cm.

Giayetto *et al.* (1998), confirmaron el efecto de las labranzas verticales (cincel común y cincel modificado con prototipo de subsolador alado “reja cero”) por su efectividad en la ruptura de densificaciones subsuperficiales (pisos de rastra y de arado) de alta frecuencia en los sistemas agrícolas; sobre un suelo Haplustol típico en la pcia. de Cba. También observaron que los tratamientos que incluyen laboreo vertical de cincel común y cincel modificado superaron significativamente a siembra directa y sistema convencional.

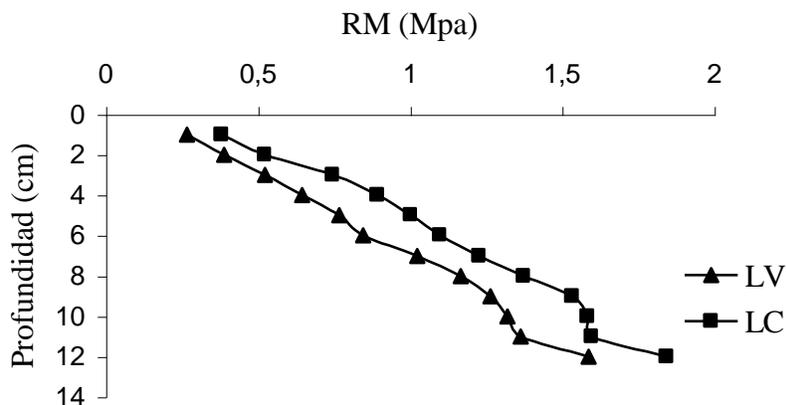
**Relación entre RM y humedad:** el análisis estadístico arrojó valores de significancia para la capa comprendida entre 36 y 50 cm de profundidad del perfil y también se observó la relación inversa entre resistencia mecánica y contenido hídrico (ver anexo). El valor del coeficiente fue

de -0.71 y el valor del p 0.01 para un nivel de significancia de ( $p < 0.05$ ). Esta misma relación es citada por Kok y McCool (1990).

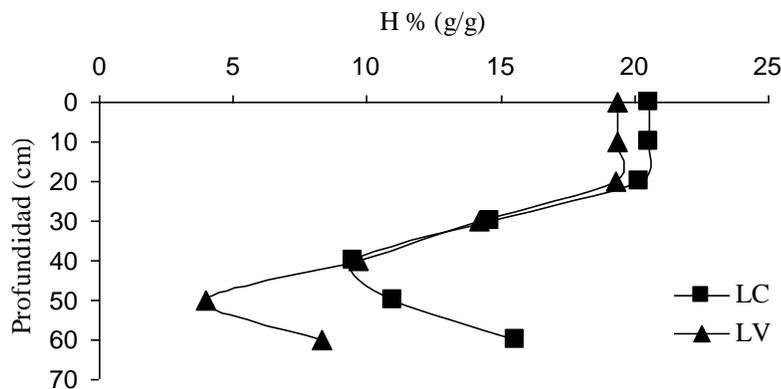
### 3.3-Momento: 2 (18/10/04) “aproximadamente fructificación”

Los valores de resistencia mecánica en el momento 2, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (tabla 1).

En esta situación de muestreo solo se obtuvieron datos hasta los 12 cm de profundidad del suelo por razones ya aclaradas en el capítulo materiales y métodos. Como puede observarse en la tabla 1 los valores de RM son inferiores para LV en comparación con LC, aunque cabe aclarar que para ninguna de las labranzas se alcanzaron valores de RM considerados restrictivos para el crecimiento radicular (Gardner *et al.*, 1987; Bussher *et al.*, 1987; O’Sullivan *et al.*, 1987) ver figura 11; pero podría esperarse que la tendencia se hubiera mantenido hasta los 20 cm en la cual a partir de esta los valores de humedad disminuyen marcadamente (Figura 12) y se esperaría un incremento en los valores de RM, observado también por Baver *et al.* (1972) que decía que hay un rápido aumento de la resistencia con la disminución del contenido hídrico, pero que la relación entre ambas variables no es simple. Este efecto lo atribuía fundamentalmente al acercamiento de las partículas durante el proceso de desecamiento.



**Figura 11: Perfil de distribución de resistencia mecánica (RM) del suelo en función de la labranza en el momento 2 (18/10/04) de medición.**



**Figura 12: Perfil de humedad edáfica en los diferentes tratamientos de labranza en el momento 2 (18/10/04).**

**Relación entre RM y humedad:** el análisis estadístico de correlación arrojó valores de significancia para la profundidad comprendida entre 6 y 12 cm de profundidad del perfil, el valor del coeficiente fue de -0.58 mientras que el valor del p fue de 0.05. También se observó la relación inversa entre resistencia y contenido hídrico. Esta misma relación es citada por Kok y McCool (1990).

**Relación entre RM y DAP:** el análisis estadístico de correlación no arrojó valores de significancia para esta relación entre las profundidades comprendidas entre 0-12 cm. Esto podría deberse a los pocos datos de RM recabados en la experiencia a campo para esta fecha.

Sin embargo, de manera similar al momento 0, cuando la DAP se encontró próxima a 1, 2 Mg/m<sup>3</sup>, los valores de RM fueron inferiores o iguales a la unidad, mientras que cuando la DAP alcanzó valores iguales o superiores que 1,3 Mg/m<sup>3</sup>, no pudo realizarse la medición debido a las condiciones de elevada resistencia a la penetración ofrecidas por el suelo. Esta condición mecánica extrema podría tener relación con la condición hídrica también extrema que presentaba el suelo en esta ocasión (tabla 6).

**Tabla 5: Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y DAP para el momento 2(18/10/04) de evaluación.**

Profundidad (cm)	coeficiente	p
0-6	0,86	0,06
6-12	0,03	0,93

Diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 6: Valores promedios de RM y DAP, para cada labranza y para el momento 2 (18/10/04) de evaluación.**

LABRANZA CAPA (cm)	DAP (Mg/m <sup>3</sup> )	RM (MPa)	DAP (Mg/m <sup>3</sup> )	RM (MPa)
	LV	LV	LC	LC
0-6	1,20	0,40	1,19	0,57
6-12	1,20	0,80	1,19	1,17
12-24	1,39	s/d	1,43	s/d
24-36	1,30	s/d	1,35	s/d

s/d: sin datos para la variable RM.

El hecho de que la situación se presente como extrema en ambos tratamientos de labranza, puede deberse a que en el perfil con labranza vertical se haya producido recompactación o reconsolidación de la estructura si se considera que este momento de medición corresponde a una etapa avanzada del ciclo del cultivo. Cholaky (2003), observó que en el monitoreo de la RM postlabor, evidenció que a medida que transcurrió el tiempo posterior a la labranza, se produjo un incremento en la resistencia del suelo, manifestado por una disminución en la profundidad de aflojamiento inicial, atribuible a un proceso de reconsolidación estructural, tal cual lo observado por Carter (1988).

En este caso en particular y de manera similar a lo hallado por el anterior autor, después de los 12 cm de profundidad la RM podría haber superado el valor considerado crítico para el crecimiento radicular planteado por (Gardner *et al.*, 1987; Bussher *et al.*, 1987; O'Sullivan *et al.*, 1987).

**Relación entre RM y DLR:** el análisis estadístico de correlación arrojó valores de significancia para esta relación entre las profundidades comprendidas entre 6-12 cm. Como se aprecia en la tabla 8 cuando el valor de RM superó la unidad para el tratamiento LC, el valor DLR fue menor que 1; no así para la LV en el cual los valores de RM fueron menores y los de DLR superaron a la unidad.

**Tabla 7: Valores de coeficientes correspondientes al análisis de correlación entre RM y de Densidad de longitud de raíces (DLR) para el momento 2(18/10/04) de evaluación.**

Profundidad (cm)	coeficiente	p
0-6	1,00	0,70
6-12	0,60	0,04

Diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 8: Valores promedio de Resistencia Mecánica (RM) y de Densidad de longitud de raíces (DLR) para cada capa del perfil de ambos sistemas de labranzas.**

LABRANZA	DLR (cm raíz/cm <sup>3</sup> suelo)	RM (MPa)	DLR (cm raíz/cm <sup>3</sup> suelo)	RM (MPa)
	LV	LV	LC	LC
CAPA (cm)				
0-6	1,19	0.40	0,98	0.57
6-12	1,19	0.80	0,98	1.17
12-24	0,52	s/d	0,75	s/d
24-36	0,35	s/d	0,31	s/d
36-50	0,33	s/d	0,31	s/d

s/d: sin datos para la variable RM.

Numerosos autores han utilizado a la resistencia a la penetración como variable de síntesis de la condición que ofrece el suelo para la exploración de las raíces. Scott Russell (1977) menciona a los penetrometros como instrumentos adecuados para monitorear la resistencia que ofrece el suelo a la penetración de las raíces.

La resistencia del suelo, en la zona de las raíces se usa frecuentemente como una medida de compactación del suelo; valores elevados de resistencia denotan condiciones compactadas que

pueden impedir el crecimiento de raíces y reducir la producción de los cultivos (Cassel y Nelson, 1979).

La distribución de las raíces en el suelo depende mucho de las condiciones nutricionales de la planta y de la estructura del suelo, mientras que el crecimiento de la raíz es menos dependiente de estas características y más dependientes de la textura del suelo y del estadio fenológico del cultivo (Andriani, 2003); a su vez el mismo autor considera que el tipo de porosidad determina la cantidad máxima de agua retenida por el suelo y la resistencia mecánica del mismo al paso de las raíces de las plantas.

Con relación al efecto sobre los cultivos, Bonadeo y Cantero Gutiérrez (1987) reportan que los perfiles de resistencia mecánica y peso específico aparente están relacionados con la distribución y densidad de raíces del cultivo de maíz en suelos físicamente degradados, por su parte Bricchi *et al.* (1991) afirman que existen diferencias en cuanto al grado de afectación que sufren los cultivos de la región, por ej. la presencia de pisos de labor sería menos nociva para sistemas de raíces de tipo homorizo que para sistemas de raíces halorizo. En general se coincide que los cultivos agrícolas de ciclo estival disminuyen su rendimiento en forma importante. Ehlers *et al.* (1983) relacionaron el crecimiento de raíces de avena con la resistencia a la penetración que ofrece el suelo.

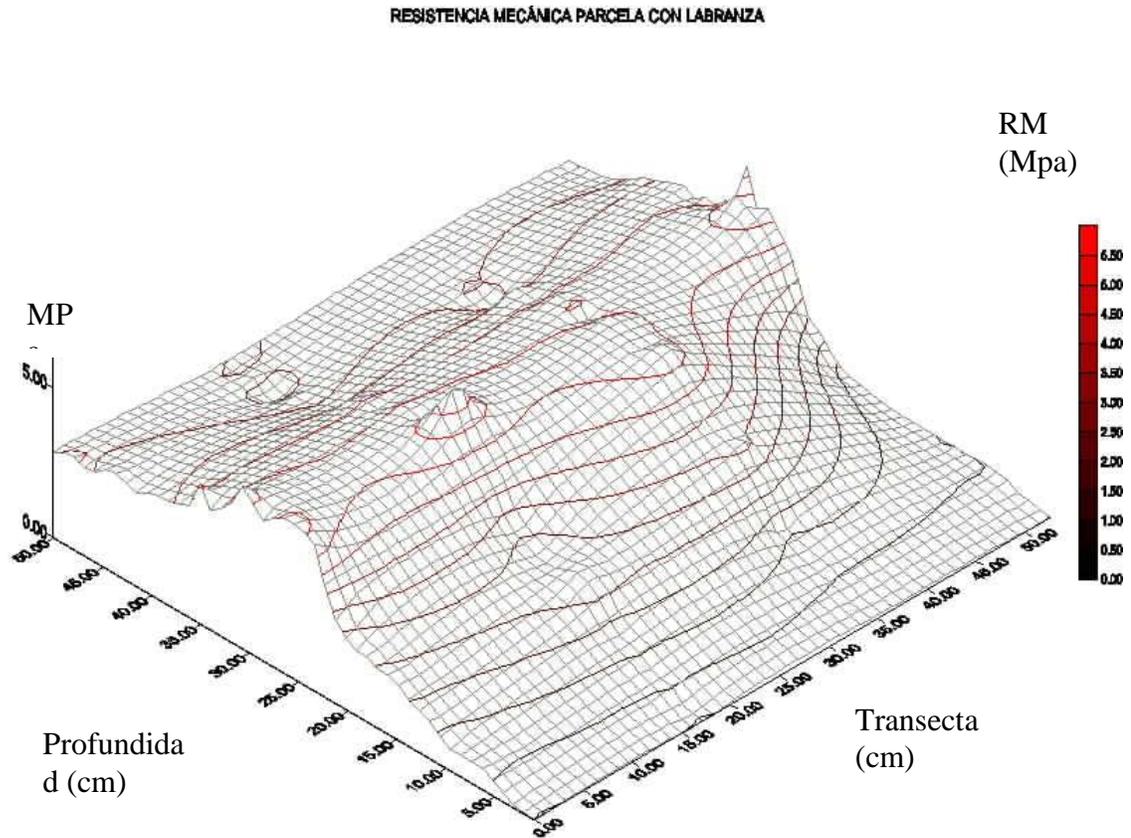
### 3.4-Mapas de iso-resistencia

#### 3.4.1-Momento 0

La evaluación de la RM en mapas de iso-resistencia permitió observar las variaciones espaciales que mostró esta variable, para los momentos analizados.

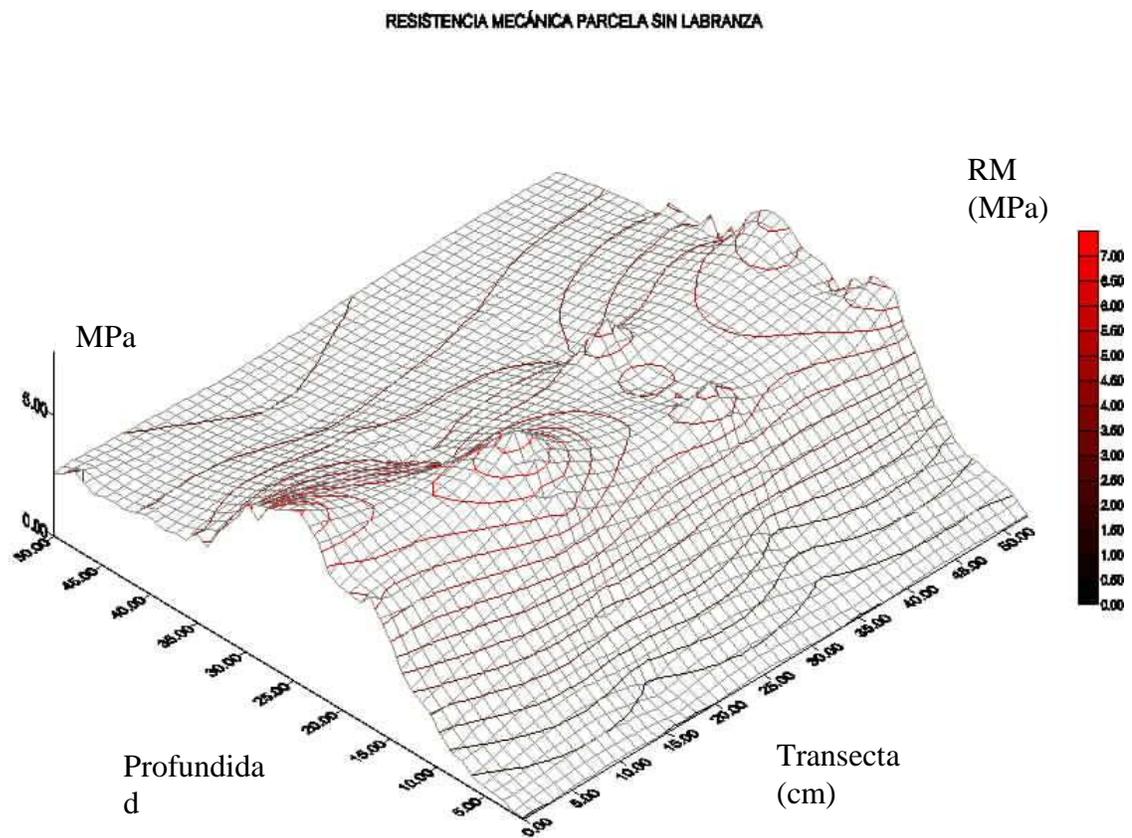
En el momento 0 se puede apreciar claramente que en LV la capa densificada abarcaría solo el espesor comprendido entre los 20 y 36 cm de profundidad (Figura 13), coincidiendo también con la Figura 7 del presente capítulo.

Por otro lado es de remarcar las variaciones de RM observadas en sentido transversal a la dirección de la labor, produciéndose una secuencia alternada de incrementos y disminuciones de estos valores, definiendo que a una misma profundidad aparecerían sectores con efecto de aflojamiento por la labranza y otros en donde la capa densificada no fue modificada, guardando esto relación con lo observado en el perfil cultural (ver capítulo 2).



**Figura 13: Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LV.**

En el caso de la LC la presencia de la capa densificada comenzó a partir de los 12 cm en adelante, siendo uniforme en todo el espesor analizado, coincidiendo con lo observado en el perfil cultural (ver capítulo 2) y en la Figura 7 del presente capítulo.



**Figura 14: Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LC.**

### 3.4.2-Momento 1

En el momento 1 de evaluación se aprecia que en la situación con LV existe una capa compactada por debajo de los 36 cm, esto dejaría claro que el efecto de aflojamiento se produjo hasta esa profundidad; también se aprecia en el Figura 9 del presente capítulo y en el perfil cultural (ver capítulo 2). Para el tratamiento LC coincide con lo expresado anteriormente para el momento 0.

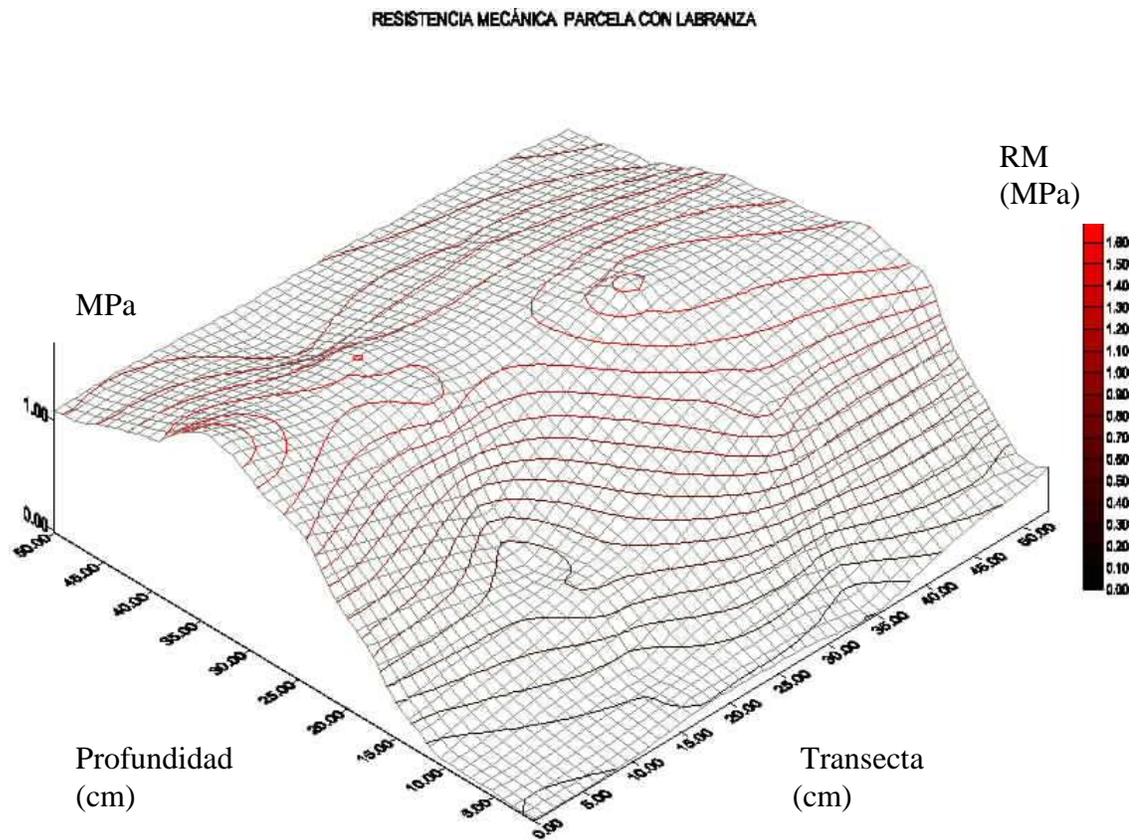


Figura 15: Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LV.

RESISTENCIA MECÁNICA PARCELA SIN LABRANZA

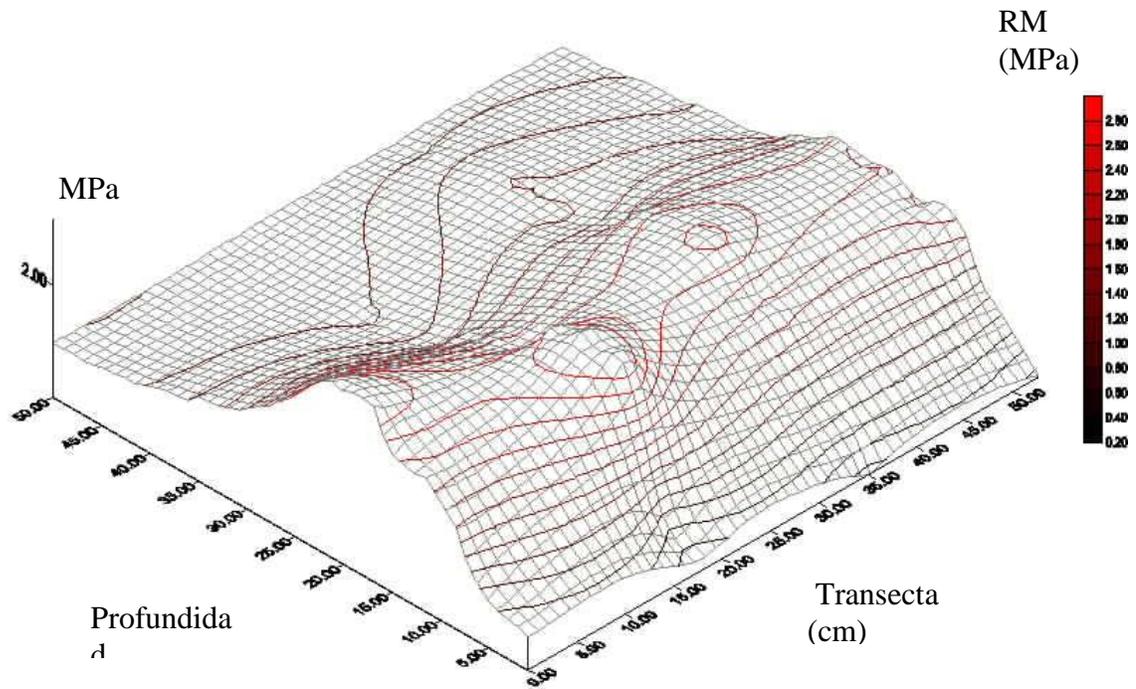


Figura 16: Diagrama tridimensional de distribución de la Resistencia Mecánica (Mpa), situación con LC.

### 3.5- Materia Seca

#### 3.5.1 Momento 1 (24/08/04) “aproximadamente macollaje”

Tabla 9: Valores promedios de Materia seca (kg/ha) para cada sistema de labranza.

Labranza	Materia seca (kg/ha)
LV	245,45 a
LC	269,14 a

Igual letra en una misma columna indica que no existen diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).  
LV: labranza vertical y LC: labranza convencional

### 3.5.2-Momento 2: (18/10/04) “aproximadamente fructificación”

**Tabla 10: Valores promedios de Materia seca (kg/ha) para cada sistema de labranza.**

Labranza	Materia seca (kg/ha)
LV	1324,7 a
LC	691,4 a

Igual letra en una misma columna indica que no existen diferencias significativas al ( $p < 0.05$ ).  
LV: labranza vertical y LC: labranza convencional

Si bien la RM del perfil fue inferior aunque no desde el punto de vista estadístico en LV, con respecto a LC desde el momento 0 (implantación del cultivo), solo se halló diferencias estadísticamente significativas para el momento 1 (aproximadamente macollaje) en el espesor correspondiente entre los 24-36 cm; su efecto sobre las posibilidades de exploración por parte de las raíces no se evidenció en este momento de evaluación ya que en ambos tratamientos mostraron una producción de MS similar (tabla 9) Este comportamiento podría en parte estar asociado a la tasa de acumulación de MS, la cual se caracteriza por presentar hasta este estadio fenológico una tasa de acumulación baja.

Sin embargo al momento 2 (aproximadamente fructificación) se observó que la producción de MS tuvo una tendencia a ser mayor en LV que en LC, aunque no desde el punto de vista estadístico, mostrando valores para el tratamiento LV que quintuplicaron a los observados para el momento 1; mientras que en LC la MS triplicó su valor en relación a lo obtenido en el momento 1, ver (tabla 10). El crecimiento de la parte aérea puede reducirse por sistemas radicales de escaso desarrollo (Boone y Veen, 1994) pudiendo deberse este escaso desarrollo a elevados valores de resistencia mecánica.

Este comportamiento podría estar asociado a las condiciones de mayor homogeneización física del perfil que recibió LV y que permitieron una mejor exploración del perfil, aunque los valores obtenidos por Guiñazú<sup>2</sup> (2006) al evaluar DLR en el mismo ensayo del presente trabajo no fueron estadísticamente significativa; es decir que la labranza vertical pudo haber influido en otros aspectos del rendimiento de materia seca (MS), en cuanto a que produciría una

---

<sup>2</sup> Trabajo Final de Graduación “Efecto del sistema de laboreo sobre la densidad de longitud de raíces y producción de materia seca de un verdeo invernal”, realizado por Ruth Carolina Guiñazu en los mismos momentos que los del presente trabajo y en el mismo ensayo experimental.

homogeneización del perfil que mejoraría el funcionamiento hídrico del sistema suelo-planta y la exploración radical, tal cual lo expresa Cisneros *et al.* (1992).

En relación al efecto que genera la labranza vertical, Harrison *et al.* (1994), observaron que el efecto de subsolado condujo a un significativo aumento en la conductividad hidráulica de la capa compactada, en la longitud de raíces y en el porcentaje total de raíces presentes por debajo de los 30 cm, lo que finalmente se tradujo en un mayor rendimiento del cultivo, comparado con una situación no subsolada, por otra parte Giayetto *et al.* (2000), evaluaron cinco rotaciones y tres sistemas de labranza (Convencional, Reducida y Cero) encontrando que no hubo diferencias apreciables entre sistemas de labranza para la variable RM y concluyendo en que no se efectuó una adecuada fragmentación del piso de labor; por lo tanto afirman que por los factores evaluados es esperable que sus efectos sobre las propiedades físicas e hidrofísicas del suelo y, en consecuencia, sobre el comportamiento de los cultivos se haga evidente en el tiempo.

Kraus *et al.* (1996), concluye que es muy importante el sistema de labranza empleado en el desarrollo radical, del cual depende la parte aérea y, en el caso de los cultivos, la producción.

Se puede mencionar a diversos trabajos en donde se encontraron aumentos en la producción de cultivos por ejemplo; Echeverría *et al.* (2000), comprobó el efecto del cincelado doble sobre un Haplustol éntico, con piso de arado y su incidencia sobre el rendimiento de trigo (*Triticum aestivum*); el cual produjo disminuciones de la RM de 0.15 a 0.25 m de profundidad, esto permitió una mayor densidad de raíces en la capa removida (0.25 m) de profundidad y aumentos en el rendimiento en forma significativa.

Díaz-Zorita (2000), halló que aumentos en la RM entre los 20 y 25 cm de profundidad para un suelo Hapludol típico de textura superficial franco arenosa produjo reducciones lineales en los rendimientos del cultivo de girasol (*Helianthus annuus L.*), por tener este cultivo un sistema radical sensible a las impedancias edáficas las que limitan su normal desarrollo afectando su productividad; siendo máximas a partir de valores de 1.65 Mpa.

Giayetto *et al.* (1998), sobre un suelo Haplustol típico encontró que para maní (*Arachis hypogaea*) los mayores rendimientos correspondían a labranzas verticales con cincel modificado y el menor a siembra directa; por último (Duelo y Cosentino, 2002) utilizando máquinas descompactadoras en un suelo Argiudol de Bs.As en una pradera consociada de trébol blanco (*Tripholium repens*) y raygrás (*Lolium multiflorum*), hallaron que el uso de esta maquinaria produjo aumentos de un 18% en la producción de forraje. La respuesta positiva de las plantas podría haberse debido a una mayor exploración de las raíces que encontraron un medio menos resistente y mas poroso, logrando un mayor abastecimiento de agua y nutrientes.

## **CAPITULO 4**

### **CONCLUSIONES**

A partir de los resultados obtenidos y discutidos del presente trabajo que incluyó dos sistemas de labranzas realizados en un suelo Hapludol éntico, se concluye:

- A pesar de que la influencia no es estadísticamente significativa, el sistema de labranza influye en la producción de materia seca de un cultivo forrajero anual invernal.
- El incremento aunque no significativo de la producción de MS de un cultivo forrajero anual invernal en LV, no puede ser explicado a través de las variaciones de RM en el perfil y de valores de Densidad de longitud de raíces (DLR).
- La labranza vertical produce disminuciones significativas de la RM en el sector del perfil por donde pasó la reja de la herramienta.

## **CAPITULO 5**

### **RECOMENDACIONES**

De los resultados y conclusiones obtenidas en la presente experiencia, surgen nuevas líneas de investigación posibles que permitirían arribar a conclusiones generales y aumentar la información disponible con respecto al efecto de los sistemas de labranzas sobre la producción de materia seca de cultivos forrajeros anuales invernales.

- Aislar el estudio de otras variables edáficas, (contenido hídrico y distribución del agua en el perfil, y otros parámetros físicos del suelo) que permitan explicar la producción de MS de los cultivos forrajeros anuales invernales.
- Evaluar el efecto de enmiendas orgánicas sobre la estabilidad de capas compactadas y sobre la persistencia de las labranzas verticales.
- Estudiar labranzas verticales considerando diversas condiciones técnicas como (contenido hídrico del suelo al momento de realizar la labor, espaciamiento entre los cuerpos del implemento, tipos de rejas y su efecto en la fractura de las capas compactadas), para así aumentar la información al respecto.
- Estudiar para este cultivo forrajero anual invernal, cual sería el valor crítico de RM a partir del cual disminuye el crecimiento radical y la producción.
- Desarrollar otras metodologías de estudio de la exploración radical, que permitan tener información sobre la exploración inter-intra peds.

## CAPITULO 6

### BIBLIOGRAFIA

- Acuña, H. P., Soto, P. y P., Melin .1984. Método para estimar el crecimiento de las praderas de secano, por medio de cortes en ausencia de pastoreo. *Agricultura Técnica (Chile)*. 44 (4): 325-333.
- Andriani J.M. 2003. Trigo. Para mejorar la producción. Agua –Suelo- Ambiente INTA Oliveros. Pp.15-18.
- Arkin, G.F., Taylor, H.M. 1981. Modifying the root environment to reduce crop stress. *ASAE Monograph N° 4*, pp. 407.
- Barber, R.G. 1994. Persistence of loosened Horizons and Soybean Yield Increases in Bolivia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 943-950.
- Barber, R.G. y O. Díaz 1992. Effects of deep tillage and fertilization on soya yields in a compacted Ustochrept during seven cropping seasons, Santa Cruz, Bolivia. *Soil and tillage research* 22: 371-381.
- Bathke G.R, Cassel D.K, Hargrove W.L. y P.M. Porter.1992. Modification of soil physics properties and root growth responses. *Soil. Sc.* 154 (4): 316-329.
- Baver L.D., Gardner W.H., Gardner W.A. 1972. Física de los suelos. Uteha, México. Pp. 529.
- Becker, A., Cantú, M and H. F. Schiavo. 1997. Micromorphological Characteristics of Mollisol Cambic Horizons of Arg. Central region. In: *Soil Micromorphology: Studies on Soil Diversity, Diagnostics, Dynamic*. Ed. Shoba, Gerasimova and Miedema. Moscú-Wageningen. Pp. 52-58.
- Becker, A. 2001. Evaluación del proceso de degradación de suelos por erosión hídrica en una subcuenca representativa de la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. Informe Tesis Doctoral. Universidad nacional de Río Cuarto. Pp 30.
- Bonadeo, E. 1997. Efectos de la compactación subsuperficial de un Hapludol típico del sur de Córdoba sobre el comportamiento del cultivo de maní (*Arachis hipogaea* L.). Tesis Magíster Scientiae en Ciencias del Suelo. UBA-INTA, Argentina, 124 pps.

- Bonadeo E, Cantero Gutiérrez A. 1987. Distribución de raíces de maíz desarrollado en un Hapludol típico bajo tres tipos de laboreo. II Jornadas Científico Técnicas Fac. de Agron. y Vet. UNRC (Río Cuarto): 39.
- Bonadeo, E., Cantero Gutiérrez, A. y M. Bongiovanni. 2003. Relación entre la resistencia a la penetración, la densidad aparente y el contenido hídrico en un Hapludol típico. Revista UNRC 23 (1-2): 13-22.
- Boone, F.R y B.W. Veen. 1994. Mechanisms of crop response to soil compaction. In: Soane, B.D y C. van Ouwerkerk (Eds.). Soil compaction in crop production. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands.
- Bowen H.D. 1981. Alleviating mechanical impedance In: Arkin GF, Taylor HM. (Eds) Modifying the root environment to reduce crop stress. ASAE Monograph N° 4: 21-57.
- Bricchi E., Cantero, A., y E. Bonadeo. 1991. Caracterización física de los principales subgrupos de suelos y su relación con cultivos y sistemas de labranza en el Sur Oeste de Córdoba. Actas del XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo-Bariloche.
- Bricchi E., Degioanni, A. y N. Cuello 1993. Caracterización del perfil cultural en los suelos de la región central de Córdoba. Actas del XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza, pps 457.
- Buschiazzo D. E. y J. L. Panigatti 1996. Labranzas en la Región Semiárida Argentina. Consideraciones finales. En: Buschiazzo D E, Panigatti J L, Babinec F (Ed). Labranzas en la Región Semiárida Argentina.
- Busscher, W.J. y R.E. Sojka. 1987. Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage. Trans. ASAE 30: 888-892.
- Busscher, W.J., R.E. Sojka y C.W. Doty. 1986. Residual effects of tillage on Coastal Plain soil strength. Soil Sci. 141: 144-148.
- Busscher, L.D., Spivey, Jr., L.D y Campbell 1987. Estimation of soil strength properties for critical rooting conditions. Soil and Till. Res. 9: 377-386.
- Cantero G.A, Bricchi, E.M., V.G. Becerra y H.A. Gil. 1986. Zonificación de las tierras del Departamento de Río Cuarto Cba. FAV-UNRC, Argentina.
- Cantero, A., Bricchi, E., Becerra, V., y H. Gil. 1987. Aplicación de un índice de aptitud relativa de las tierras del departamento Río Cuarto-Córdoba. Actas II Jornadas Científico-Técnicas Fac. de Agron. y Veter. UNRC-Río Cuarto.
- Cantero Gutiérrez A, y M.P. Cantú. 1980. Algunas consideraciones sobre los suelos y la degradación-recuperación de las tierras en el área de Río Cuarto (Cba). Comité Argentino para el Programa el Hombre y la Biosfera (MAB) UNESCO. Seminario Internacional sobre el deterioro de la Cuenca del Plata. Bs. As, pp. 80.
- Cantú, M. 1998. Estudio Geocientífico para la Evaluación Ambiental y Ordenación Territorial de una Cuenca Pedemontana. Caso: Cuenca del Arroyo La Colacha,

Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, pp.380.

-Carter, M.R. 1988. Penetration resistance to characterize the depth and persistence of soil loosening in tillage studies. *Canadian Journal of soil Science*, vol. 68 (4) 657-668.

-Cassel D.K. y L.A. Nelson. 1979. Variability of mechanical impedance in a tilled one-hectare field of Norfolk sandy loam. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 450-455.

-Cholaky, C., Cisneros, J., Balbuena, R., Uberto, M., Giayetto, O. y M. Ressia 2001. Descompactación de capas densificadas con subsolador alado “reja cero”, en suelos del área manisera núcleo. XVI Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera (Cba), Argentina, pp. 2-3.

-Cholaky, C. 2003. Efectividad y persistencia de una labor de descompactación con subsolador alado, en función de la compactación y humedad antecedente. Tesis Magíster Scientiae en Manejo y Recuperación de Suelos. UNRC, Argentina, pp. 186.

-Cisneros, J.M., Marcos J., Degioanni A., Cantero A., y S. Benitez. 1992. Diseño y adaptación de herramientas para el laboreo de suelos hidro-halomórficos en el sureste de Córdoba. Actas del II Congreso Argentino de Ingeniería Rural, Villa María, pp. 90.

-Cisneros, J.M., Cholaky, C., Bricchi, E., Cantero, J.J y O. Giayetto. (1996 a). Nivel de deterioro de los suelos del centro de Córdoba. 11ma. Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera (Cba), Argentina, pp.26-27.

-Cisneros J., Cholaky C., Bricchi E., Cantero J., y O. Giayetto. (1996 b). Evaluación del Efecto del Uso sobre las Propiedades físicas de un Haplustol típico del centro de Córdoba. Actas Resúmenes del XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, La Pampa-Argentina: 23-24.

-Cisneros J, Cholaky C, Giayetto O, Bricchi E, Marcos J. y G. Cerioni. 1998 (a). Homogeneidad física, resistencia a la penetración y humedad del suelo en sistemas de labranzas para el área manisera de Córdoba. En: Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el ámbito de Latinoamérica. Balbuena R., Benez, S.H. y D. Jorajuría (Eds.) Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina, pp. 120-126.

-Cisneros, J.M., Cantero, G.A., Marcos, J., Degioanni, A., Bricchi, E., Giayetto, O., Cholaky, C., Bonadeo, E., Cerioni, G. y M. Uberto 1998 (b). Comportamiento de un subsolador alado adaptable a implementos de uso común. En: Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el ámbito de Latinoamérica. Balbuena R., Benez, S.H. y D. Jorajuría (Eds.) Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina, pp. 128-134.

-Clark, R.L., Radcliffe, D. E., Langdale, G. W y R. R. Bruce 1993. Soil strength and water infiltration as affected by paratillage frequency. *Transactions of the ASAE* 36 (5): 1301-1305.

- Degioanni A. J. 1998. Organización territorial de la Producción agraria en la Región de Río Cuarto (Argentina). Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. Dpto de Geografía. Alcalá de Henares. España.
- de Prada J., Boretto j., Ferrando, García A., Olmos J.E y M. Sánchez. 1994. Proyecto de conservación y ordenamiento de tierras- General Deheza, Córdoba. Tesis de Maestría, Tomo I, UNC-CFI- Gobierno de la provincia de Córdoba.
- Dexter A. 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.* II: 199-238.
- Díaz-Zorita, M 2000. Compactación subsuperficial de un Hapludol típico y producción de girasol en la región subhúmeda Pampeana, Argentina. XVII° C. A .C. S., Mar del Plata, Argentina.
- Dickey E.C., Jasa, P. J y R. D. Grisso 1994. Term tillage effects on grain yield and soil propientes in a soybean/grain sorghum rotation. *J. Prod. Agric.* 7: 465-470.
- Duelo, C. M. y D. J. Cosentino. 2002. Mejoramiento de la calidad de un suelo gracias al empleo de máquinas descompactadoras. *Avances en ingeniería agrícola:* 446-453.
- Echeverria, N. E; A. G. Vallejos y J.C. Silenzi. 2000. Efecto de la labranza vertical sobre la compactación subsuperficial y el cultivo de trigo. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 253-254, Mar del Plata, Argentina.
- Ehlers, W., Kopkhe, U., Hesse, F. y W. Bohm. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Till. Res.* 3:261-275.
- Eijkelkamp Agrisearch Equipment – 1995 - Penetrologger. Manual de usuario, 28 Págs.
- Elisondo, E., Costa, J.L., Suero, E., Fabrizzi, K.P. y F. Garcia. 2001. Evaluación de algunas propiedades físicas de suelos luego de la introducción de labranzas verticales en un suelo bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 19 (1): 11-18.
- Erbach, D.C. 1982. Tillage for continuos corn-soybean rotation. *Transactions of the ASAE* 25 (4): 906-918.
- ESRI, 1992. PC ARC-INFO, version 3.4.2 D Plus Environmental Systems Research Institute, California.
- Gautronneau Y. y Manichon H. 1987. Guide methodologique du profil cultural. Cerefgeara, 71 pp.
- Gardner F., Selamat A., Mansell R.S. 1987. Proc. Soil and crop Sci. Soc. of Florida, 46:112-117.
- Gerard, C.J., Sexton, P. and G. Shaw. 1982. Physical factors influencing soil strength and root growth *Agron. J.* 74:875-879.
- Giayetto, O., Cisneros, J.M., Vignolo, C.D. y M.E. Uberto 2000. Modelos optimizados de producción parra la recuperación de la productividad de los sistemas agrícolas del centro -sur de Córdoba. XV Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera (Cba), Argentina, pp 50-53.

- Giayetto, O., Cisneros, J.M, Cerione, G.A. y C. Cholaky. 1998. Rotaciones y labranzas en sistemas agrícolas del centro de Argentina. Producción de cultivos. En: Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el ámbito de Latinoamérica. Balbuena R., Benez, S.H. y D. Jorajuría (Eds.) Editorial Board. La Plata, Argentina, pps 11-119.
- Giayetto, O., Bonadeo, E., Crespi, R., Fernandez, E., y W. Asnal 1992. Convenio de Cooperación y Complementación entre la Cámara Argentina de maní y la Univ. Nac. de Río Cuarto (FAV). Proyecto "Manejo del agua en el sistema suelo-cultivo de maní en secano y bajo riego". Informe técnico 1990/91. panorama manicero, año VI. n° 19: 14-20.
- Gil R. 1995. Crecimiento radical de la soja en un suelo Haplustol éntico del centro de la provincia de Córdoba: efecto de la humedad y de la resistencia mecánica del perfil del suelo. Tesis de Magíster Scientiae en Ciencias del Suelo UBA-INTA, 88 págs.
- Golden Software Inc. 1995. Surfer for windows. User's Guide. 483 págs.
- Greenland, D.J. 1981. Soil management and degradation. Journal of Soil Science 32: 301-322.
- Guerif J. 1994. Effects of compaction on soil strength parameters In: Soane B.D. (Ed) Soil compaction in crop production Elsevier: 191-214.
- Hakansson, I. y R.C. Reeder 1994. Subsoil compaction by vehicles with axle load-extend persistence and crop response. Soil and Tillage Research 29: 277-304.
- Harrison, D.F., Cameron, K.C. y R.G. Maclaren 1994. Effects of subsoil loosening on soil physical properties, plant root growth, and pasture yield. New Zealand Journal of Agricultural Research. Vol. 37: 559-567.
- Infostat Software Estadístico 2001. Manual del usuario versión I. Hecho en Cba. Fac. cs. Agropecuarias. Editorial Triunfar. S. A. La Rioja, pp.231.
- INTA-MAGYRR. 1994. Plan Mapa de los Suelos. Hoja 3366-18 Río de los Sauces, Alpa Corral. Carta de suelos de la Republica Argentina Cba. 97 págs.
- Kok H y D.K. McCool. 1990. Quantifying freeze/thaw-induced variability of soil strength Trans of de ASAE 33 (2): 501-506.
- Kraus, T., E. Hampp., M. Grosso., S. Basconsuelo., R. Malpassi y Bianco. C. 1996. Morfología de sistemas radicales de *Arachis hipogaea* L. en función de las condiciones físicas del suelo. Rev.UNRC 16 (1): 41-55.
- Larson W. E y F. J. Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In Evaluation for sustainable land management in the developing world. Vol II. IBSRAM Proc. 12(2) Int. board for soil Res. and Management. Bangkok, Thailand.
- Lerink P. 1994. Prediction of the immediate effect of traffic on field soil qualities. Thesis Wageningen, Holanda. 219 pp.
- McKyes, E. 1985. Soil Cutting and Tillage. Developments in Agricultural Engineering 7. Chapters 3 y 4, págs. 87-104. Elsevier Sc. Publishers B.V. The Netherland.

- Mora O., Hernández J. y C. Pérez 2001. Efecto de la labranza vertical y el encalado sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*zea mays* L.), en un alfisol compactado del estado Yaracuy. Venezuela. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo, Varadero, Cuba. Actas trabajos completos en formato digital.
- O'Sullivan, M.F., Dickson, J.W y Campbell, D.J. 1987. Interpretation and presentation of cone resistance data in tillage and traffic studies. *J. Soil. Sci.* 38: 137-148.
- Packer, I.J., G.J.Hamilton, y Koen, T.B 1992. Runoff, soil loss and soil physical property changes of light textured soils from long term tillage treatments. *Australian Journal of Soil Research* 30: 789-80.
- Puricelli C. A. 1985. La Agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la Región Pampeana (sector provincias de Bs. As, Cba. y La Pampa). *Rev. Arg. Prod. Animal.* 4: 33-48.
- Scott Russell R. 1977. *Plant root systems: Their function and interaction with the soil.* McGraw-Hill U.K. 298 pp.
- Schjonning P. 1990. Some aspects of soil strength. *Utredning/Rapport Nordiske-Jordbrugsforskere-Forening-NFJ* (56): 40-45.
- Soane, B.D. y Van Ouwerkerk, C. 1994. Compaction problems in world agriculture. Págs.1-21. En: Soane, B. D. y C. Van Ouwerkerk, (Edit.) *Soil compaction in crop production.* Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holanda.
- Smith CW. 1990. The effect of compaction on soil physical properties and root development. *Annual Report-Institute for commercial Forestry Research*: 292-295.
- Tallarico L. A. 1992. La estructura del suelo y el rendimiento del maíz en la región pampeana. *Rev. Investig. Agrop.* 9: 79-88.
- Taylor, H.M., Ratliff, L.F. 1969. Root growth pressures of cotton, peas and peanuts. *Agron. J.* 61:398-402.
- Tollner, E.W., Hargrove, W.L y G.W. Langdale 1984. Influence of conventional and no-till practices on soil physical properties in the southern Piedmont. *Journal Soil Water Conservation* 39: 73-76.
- Uberto, M., Cisneros, J., Vignolo, C., Cholaky, C. y R. Pedelini 2001. Recuperación de la productividad en tierras del área manisera núcleo. Actas trabajos completos XVI Jornada Nacional del Maní, Gral. Cabrera (Cba), Argentina, pp. 16-18.
- Vepraskas, M. J. y G. S., Miner 1986. effects of subsoiling and mechanical impedance on tabaco root growt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:423-427.
- Vignolo, C., Cholaky, C., Uberto, M., Cisneros, J.M y R. Pedelini 2001. Comportamiento agronómico de los principales cultivos del área núcleo manisera. XVI Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera (Cba), Argentina, pp. 20-22.

-Voorhees, W.B., Nelson, W.W. y G.W. Randall 1986. Extent and persistence of subsoil compaction caused by heavy axle loads. Soil Science Soc. Am. Journal 50: 428-433.

## ANEXO

### DATOS ANALÍTICOS. SERIE LA AGUADA

<b>Perfil</b>	<b>A</b>	<b>AC</b>	<b>C</b>
<b>Profundidad</b>	0-17 cm	17-40 cm	40 a +
<b>Materia orgánica (%)</b>	1.0		
<b>Arcilla &lt;2μ (%)</b>	11.5	9.9	6.8
<b>Limo 2-50μ (%)</b>	40.8	40.0	40.4
<b>Arena muy fina (50-100μ) (%)</b>	45.0	45.0	48.5
<b>Arena fina (100-250μ) (%)</b>	2.6	2.8	2.4
<b>Arena media (250-500μ) (%)</b>	0.3	0.4	
<b>Arena gruesa (500-1000μ) (%)</b>	0.4	0.5	0.4
<b>Equivalente de humedad (%)</b>	12.0	12.6	10.4
<b>pH en pasta</b>	6.2	6.4	6.5
<b>pH en H<sub>2</sub>O (1:2.5)</b>	6.3	6.5	6.6
<b>Cationes de cambio (meq/100g)</b>			
<b>Ca<sup>++</sup></b>	11.1	7.9	7.1
<b>Mg<sup>++</sup></b>	0.6	1.9	0.7
<b>Na<sup>+</sup></b>	0.4	0.4	0.4
<b>K<sup>+</sup></b>	1.1	1.0	0.7
<b>H<sup>+</sup> cambio (meq/100g)</b>	0.6	0.4	0.4
<b>Na (% del valor T)</b>	2.9	3.4	4.3
<b>Valor S. Suma de bases (meq/100g)</b>	13.2	11.2	8.9
<b>Valor T. CIC (meq/100g)</b>	13.8	11.6	9.3
<b>Saturación con bases S/T (%)</b>	95.7	96.6	95.7

Horizonte Profundidad Descripción

A 0-17 cm Color pardo oscuro (10YR3/4) en húmedo; franca; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable; no plástico; no adhesivo.

AC 17-40 cm Color pardo amarillento oscuro (10YR3/4) en húmedo; franca; estructura en bloques débiles a masiva; friable; no plástico; no adhesivo.

C 40 cm a + Color pardo amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo; franco arenosa; masivo; friable; no plástico; no adhesivo.

MOMENTO 0 25/06/04

PROFUNDIDAD (0-6 cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	0,40	3	0,13	28,79	0,0001	
labranzas	0,11	1	0,11	6,68	0,2351	(labranzas*bloque)
bloque	0,27	1	0,27	16,79	0,1524	(labranzas*bloque)
labranzas*bloque	0,02	1	0,02	3,53	0,0971	
Error	0,04	8	4,6E-03			
<u>Total</u>	<u>0,43</u>	<u>11</u>				

PROFUNDIDAD (6-12 cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	3,80	3	1,27	1,92	0,2048	
bloque	0,01	1	0,01	0,22	0,7208	(bloque*labranza)
labranza	3,76	1	3,76	119,64	0,0580	(bloque*labranza)
bloque*labranza	0,03	1	0,03	0,05	0,8326	
Error	5,27	8	0,66			
<u>Total</u>	<u>9,07</u>	<u>11</u>				

PROFUNDIDAD (12-24 cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	21,41	3	7,14	8,02	0,0085	
bloque	2,59	1	2,59	0,98	0,5035	(bloque*labranza)
labranza	16,18	1	16,18	6,12	0,2446	(bloque*labranza)
bloque*labranza		2,64	1	2,64	2,97	0,1230
Error	7,12	8	0,89			
Total	28,53	11				

PROFUNDIDAD (24-36 cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	3,86	3	1,29	7,33	0,0110	
bloque	2,21	1	2,21	3,55	0,3107	(bloque*labranza)
labranza	1,03	1	1,03	1,65	0,4207	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,62	1	0,62	3,55	0,0964
Error	1,40	8	0,18			
Total	5,26	11				

PROFUNDIDAD (36-50cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0,07	3	0,02	0,14	0,9334	
bloque	0,06	1	0,06	4,67	0,2760	(bloque*labranza)
labranza	4,9E-04	1	4,9E-04	0,04	0,8730	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,01	1	0,01	0,07	0,7933
Error	1,32	8	0,16			
Total	1,39	11				

MOMENTO 1 24/08/04

PROFUNDIDAD (0-6 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	0,26	3	0,09	1,36	0,3240	
bloque	0,02	1	0,02	11,84	0,1800	(bloque*labranza)
labranza	0,23	1	0,23	134,08	0,0548	(bloque*labranza)
bloque*labranza		1,8E-03	1	1,8E-03	0,03	0,8720
Error	0,51	8	0,06			
Total	0,76	11				

PROFUNDIDAD (6-12 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	2,61	3	0,87	5,51	0,0239	
bloque	0,48	1	0,48	5,62	0,2542	(bloque*labranza)
labranza	2,04	1	2,04	23,85	0,1286	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,09	1	0,09	0,54	0,4823
Error	1,26	8	0,16			
Total	3,87	11				

PROFUNDIDAD (12-24 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	1,45	3	0,48	4,95	0,0313	
bloque	0,87	1	0,87	147,08	0,0524	(bloque*labranza)
labranza	0,58	1	0,58	98,20	0,0640	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,01	1	0,01	0,06	0,8122
Error	0,78	8	0,10			
Total	2,23	11				

PROFUNDIDAD (24-36 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	0,21	3	0,07	2,21	0,1643	
bloque	0,05	1	0,05	83,59	0,0694	(bloque*labranza)
labranza	0,16	1	0,16	275,40	0,0383	(bloque*labranza)
bloque*labranza		5,9E-04	1	5,9E-04	0,02	0,8954
Error	0,26	8	0,03			
<u>Total</u>	<u>0,47</u>	<u>11</u>				

LSD FISHER

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	0,21	3	0,07	2,21	0,1643	
bloque	0,05	1	0,05	83,59	0,0694	(bloque*labranza)
labranza	0,16	1	0,16	275,40	0,0383	(bloque*labranza)
bloque*labranza		5,9E-04	1	5,9E-04	0,02	0,8954
Error	0,26	8	0,03			
<u>Total</u>	<u>0,47</u>	<u>11</u>				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,17789

Error: 0,0006 gl: 1

bloque Medias n

1 1,31 6 A

2 1,44 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,17789

Error: 0,0006 gl: 1

labranza Medias n

sl 1,26 6 A

cl 1,49 6 B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,33628

Error: 0,0319 gl: 8

bloque	labranza	Medias	n		
1	sl	1,20	3	A	
2	sl	1,32	3	A	B
1	cl	1,42	3	A	B
2	cl	1,56	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,0$ )

#### PROFUNDIDAD (36-50 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0,11	3	0,04	4,16	0,0473	
bloque	2,9E-04	1	2,9E-04	0,01	0,9226	(bloque*labranza)
labranza	0,09	1	0,09	4,66	0,2761	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,02	1	0,02	2,20	0,1763
Error	0,07	8	0,01			
Total	0,18	11				

#### MOMENTO 2 18/10/04

#### PROFUNDIDAD (0-6 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0,09	3	0,03	2,01	0,1907	
bloque	7,4E-04	1	7,4E-04	0,07	0,8408	(bloque*labranza)
labranza	0,08	1	0,08	7,09	0,2287	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,01	1	0,01	0,74	0,4145
Error	0,12	8	0,02			
Total	0,21	11				

#### PROFUNDIDAD (6-12 CM)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo	0,76	3	0,25	9,30	0,0055	
bloque	0,07	1	0,07	0,24	0,7075	(bloque*labranza)
labranza	0,42	1	0,42	1,52	0,4339	(bloque*labranza)
bloque*labranza		0,27	1	0,27	10,09	0,0131
Error	0,22	8	0,03			
Total	0,97	11				

**ANALISIS DE CORRELACION ENTRE RM (Mpa) y DAP (gr/cm<sup>3</sup>) INICIAL Y FINAL**

MOMENTO 0

Capa de 0-6 cm

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

	<u>promed.RM</u>	<u>DAP</u>
promed.RM	1,00	0,01
DAP	0,69	1,00

Capa de (6-12 cm)

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

	<u>DAP</u>	<u>RM</u>
DAP	1,00	0,07
RM	0,54	1,00

Capa (12-24 cm)

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

	<u>DAPI</u>	<u>RM</u>
DAPI	1,00	0,58

RM 0,18 1,00

Capa (24-36 cm)

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

DAPI RM

DAPI 1,00 0,67

RM 0,14 1,0

## MOMENTO 2

Capa (0-6 cm)

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

DAP RM

DAP 1,00 0,86

RM 0,06 1,00

CAPA (6-12 CM)

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

DAP RM

DAP 1,00 0,93

RM -0,03 1,00

## ANALISIS DE CORRELACION ENTRE RM Y HUMEDAD

### MOMENTO 0 25/06/04

CAPA (0-6 CM)

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

promed.RM H

promed.RM 1,00 0,02

H -0,65 1,00

CAPA (6-12 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

<u>promed.RM</u>		<u>H</u>
promed.RM	1,00	0,03
<u>H</u>	-0,61	1,0

CAPA (12-24CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

<u>promed.RM</u>		<u>H</u>
promed.RM	1,00	0,02
<u>H</u>	-0,67	1,00

CAPA (24-36 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

<u>H</u>	<u>promed.RM</u>	
H	1,00	0,02
<u>promed.RM</u>	-0,67	1,00

CAPA (36-50 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

<u>promed.RM</u>		<u>H</u>
promed.RM	1,00	1,00
<u>H</u>	1,3E-0,3	1,00

MOMENTO 1

CAPA (0-6 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

promed.RM      H  
promed.RM      1,00 0,29  
H          0,33 1,00

CAPA (6-12 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

          promed.RM      H  
promed.RM      1,00 0,28  
H          0,34 1,00

CAPA (12-24 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

          promed.RM      H  
promed.RM      1,00 0,92  
H          0,03 1,00

CAPA (24-36 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

          promed.RM      H  
promed.RM      1,00 0,48  
H          -0,23 1,00

CAPA (36-50 cm)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

\_\_\_\_\_ promed.RM    H  
 promed.RM        1,00 0,01  
H                0,71 1,

MOMENTO 2

CAPA (0-6 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

\_\_\_\_\_ promed.RM    H  
 promed.RM        1,00 0,07  
H                -0,53 1,00

CAPA (6-12 CM)

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades

\_\_\_\_\_ promed.RM    H  
 promed.RM        1,00 0,05  
H                -0,58 1,00

ANÁLISIS DE CORRELACION ENTRE DENSIDAD DE LONGITUD DE RAICES Y RM

MOMENTO 2

(0-6CM.)

	RM	DLR
RM	1,00	0,70
DLR	0,13	1,00

MOMENTO 2

(6-12 CM)

	RM	DLR
RM	1,00	0,04
DLR	0,60	1,0

ANALISIS ESTADISTICO DE MATERIA SECA

MS 13/08/04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	21881,56	3	7293,85		sd	sd
bloque	19,89	1	19,89	9,9E-04	0,9800	(bloque*labranzas)
labranzas	1687,20	1	1687,20		0,08	0,8208 (bloque*labranzas)
bloque*labranzas		20174,46		1	20174,46	sd sd
Error	0,00	8	0,00			
Total	21881,56		11			

MS 15/10/04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1405915,49	3	468638,50		sd	sd
bloque	42281,53	1	42281,53	0,26	0,6981	(bloque*labranzas)
labranzas	1203159,17	1	1203159,17	7,50	0,2229	(bloque*labranzas)
bloque*labranzas		160474,78		1	160474,78	sd sd
Error	0,00	8	0,00			
Total	1405915,49		11			