

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

“Trabajo Final presentado  
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**Efecto del uso sobre la modificación temporal de indicadores físicos y químicos en un  
Hapludol éntico**

Barberis Sofía Teresa  
DNI: 27.897.170

Directora: Ing. Agr. MSc. Estela Maris Bricchi.  
Co-Director: Ing. Agr. MSc. Eugenio Hampp.

Río Cuarto Córdoba.  
Marzo 2011

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Título del Trabajo Final:

*Efecto del uso sobre la modificación temporal de indicadores físicos y químicos en un  
Hapludol éntico*

Autor: **Barberis, Sofía Teresa**

Director: **Ing. Agr. MSc. Bricchi, Estela Maris**

Co-Director: **Ing. Agr. MSc. Hampp, Eugenio**

**Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Aprobado por la Secretaría Académica:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

*A Dios por sostenerme y guiarme siempre.  
A Lucas por iluminar mi corazón.  
A mi familia por ser el eje de mi vida.*

## ***Agradecimientos***

*Muchas son las personas que fueron parte de este logro. Sin ellos no lo hubiera alcanzado.*

*A mi familia, mis padres Teresita y Miguel, y hermanas Alejandra y Silvana por enseñarme el valor del esfuerzo diario, por el apoyo económico y sobre todo porque siempre formaron entre los cuatro los puntos cardinales de la brújula de mi vida.*

*A Lucas Paton porque gracias a su humildad y su confianza seguí adelante y Gracias, por estar en las buenas, pero especialmente por soportar los cimbronazos de la carrera.*

*A Omar, Estela y Marcos Paton por las palabras de aliento y el espacio que me brindaron.*

*A mis amigas Jorgelina Fernández, Ivana Grosso, Ivana Vanadía, Laura Cerutti, María Eugenia Garis, Lorena Costabella y Virginia Pedra por compartir las alegrías y hacer que los momentos difíciles se conviertan en fáciles.*

*A los compañeros de estudio que se convirtieron en amigos Matías Fernández, Facundo Vicente, Gerardo Cilleros, Daniel Berraondo, María José Bonet.*

*Al Padre Daniel Gallardo por recuperarme en la Fe.*

*A Paula Turiello, Fabricio Salusso y Santiago Giagetto por los buenos momentos compartidos.*

*A todas las personas que conocí en esta etapa de mi vida que también fueron partícipes de este logro y a las personas que conocí, cuyas convicciones diferían completamente de las mías también gracias, porque así uno encuentra su verdadero camino.*

*A todos los profesores que conocí, por ser cada uno, un pilar en la carrera.*

*A María Eugenia Garis por las veces que compartimos los días de laboratorio, además de los días de estudio y por ser parte en este trabajo.*

*A la estancia “Las dos Hermanas” por permitirnos realizar el trabajo allí.*

*A Eugenio Hampp mi co-director por su gran ayuda en laboratorio.*

*Y especialmente a Estela Bricchi mi directora, por ayudarme desinteresadamente a darle un cierre a esta etapa y por hacer mucho más de lo que le correspondía.*

*Finalmente y no menos importante, agradezco a todas las personas que hacen que la Universidad Nacional de Río Cuarto sea lo que “es”.*

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	4
1.2 Hipótesis	6
1.3 Objetivos	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1 Ubicación de la zona en estudio	7
2.2 Caracterización del área de estudio	7
2.3 Metodología	8
2.3.1 Granulometría	9
2.3.2 Materia orgánica	9
2.3.3 Nitrógeno total	9
2.3.4 Capacidad de intercambio catiónico y Bases intercambiables	9
2.3.5 pH	9
2.3.6 Densidad aparente	9
2.3.7 Constantes hídricas	9
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
3.1 Descripción morfológica del perfil	10
3.2 Descripción analítica	11
3.2.1 Granulometría	11
3.2.2 Materia orgánica y Nitrógeno total	12
3.2.3 Bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico	
y pH	13
3.2.4 Densidad aparente y Porosidad total	17
3.2.5 Constantes hídricas	19
4. CONCLUSION	22
5. BIBLIOGRAFÍA	23

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### Tablas

<b>Tabla 1.1</b> Granulometría según horizontes y espesores del Hapludol éntico cuasi natural	11
<b>Tabla 1.2</b> Granulometría según horizontes y espesores del Hapludol éntico intervenido	11
<b>Tabla 2.1</b> Contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y relación C/N según horizontes y espesores del Hapludol éntico cuasi natural	12
<b>Tabla 2.2</b> Contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y relación C/N según horizontes y espesores del Hapludol éntico intervenido	12
<b>Tabla 3.1</b> Cationes de intercambio, suma de bases, CIC, saturación con bases y pH en todo el perfil del Hapludol éntico cuasi natural	14
<b>Tabla 3.2</b> Cationes de intercambio, suma de bases, CIC, saturación con bases y pH en todo el perfil del Hapludol éntico intervenido	14
<b>Tabla 4.1</b> Porcentaje de saturación de cada base en los horizontes del perfil del Hapludol éntico cuasi natural	16
<b>Tabla 4.2</b> Porcentaje de saturación de cada base en los horizontes del perfil del Hapludol éntico intervenido	17
<b>Tabla 5.1</b> Densidad aparente y Porosidad total de los horizontes A1 y A2 del Hapludol éntico cuasi natural	17
<b>Tabla 5.2</b> Densidad aparente y Porosidad total de los horizontes A1 y A2 del Hapludol éntico intervenido	18

### Figuras

<b>Figura 1</b> Ubicación de la zona en estudio	7
<b>Figura 2.1</b> Contenido hídrico en % $g \cdot g^{-1}$ a distintos potenciales mátricos en Bares del Hapludol éntico cuasi natural	19
<b>Figura 2.2</b> Contenido hídrico en % $g \cdot g^{-1}$ a distintos potenciales mátricos en Bares del Hapludol éntico intervenido	20

## RESUMEN

Los suelos tienden a estar en equilibrio con las fuerzas naturales que los rodean. Sin embargo, cuando la naturaleza y la magnitud de esas fuerzas cambia, el equilibrio es disturbado y comienza la degradación del suelo sobre todo si la agricultura se practica de manera inadecuada. De ahí la necesidad de contar con indicadores físicos y químicos para interpretar la calidad del suelo. El objetivo del trabajo es evaluar si se modificarán los principales indicadores (textura, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH y constantes hídricas) por el cambio que se produce en el mismo suelo (Hapludol éntico) al pasar de una situación cuasi natural a una intervenida, con uso agrícola continuo durante los últimos 20 años y con un historial de uso de 80 años aproximadamente. El lugar en estudio se ubica en la estancia “Las Dos Hermanas” (Sur 33°40' y O 62°34') en la región ecológica del Pastizal Pampeano. Se realizó una descripción morfológica del perfil, se tomaron muestras a campo y se determinaron en laboratorio los principales indicadores físicos y químicos para interpretar la calidad del suelo. Materia orgánica, Nitrógeno total y pH fueron indicadores sensibles a las condiciones de uso, disminuyendo sus valores, lo que no produjo modificaciones importantes sobre la CIC, ni sobre las constantes hídricas. La condición cuasi natural posee un valor de densidad aparente inferior con respecto a la situación comparada, concluyendo que el uso produjo un aumento en la densidad aparente y una disminución en la porosidad total. Si bien los valores hallados no son perjudiciales para los cultivos, marcan enfáticamente una tendencia a la degradación en el largo plazo.

**Palabras clave:** indicadores de calidad, degradación, Hapludol éntico, cuasi natural, uso.

## SUMMARY

The soils tend to be in balance with the natural forces that surround them. Nevertheless, when the nature and the magnitude of these forces changes, the balance is disturbed and the soil degradation begins especially if the agriculture is practised in an inadequate way. Of there the need to possess physical and chemical indicators to interpret the quality of the soil. The aim of the work is to evaluate if there will be modified the principal indicators (texture, organic matter, capacity of cationic exchange, pH and water constants) by the change that takes place in the same soil (Hapludol éntico) on having happened from a situation cuasi natural to a controlled, with agricultural constant use during the last 20 years and with a record of use of 80 years approximately. The place in study is located in the stay "Dos Hermanas" (S 33°40 and W 62°34) in the ecological region of the Pasture Pampeano. A morphologic description of the profile was realized, samples took to field and there decided in laboratory the principal physical and chemical indicators to interpret the quality of the soil. Organic matter, total Nitrogen and pH were indicators sensitive to the conditions of use, diminishing his values, which did not produce important modifications on the CIC, not on the water constants. The condition cuasi natural possesses a value of low apparent density with regard to the compared situation, concluding that the use produced an increase in the apparent density and a decrease in the total porosity. Though the found values are not harmful to the cultures, they mark emphatically a trend to the degradation in the long term.

***Key words:*** indicators of quality, degradation, Hapludol éntico, cuasi native, use.

## 1. INTRODUCCION

Los suelos tienden a estar en equilibrio con las fuerzas naturales que los rodean. Sin embargo, cuando la naturaleza y la magnitud de esas fuerzas cambia, el equilibrio es disturbado y comienza la degradación del suelo (Kooistra y Tovey, 1994 citados por Bricchi, 1996), sobre todo si aquellas actividades que más interaccionan con el ambiente como ser la agricultura, se practican de manera inadecuada (Antoine, 1990 citado por Weber *et al.*, 1996). En el contexto de la producción agrícola existe el concepto de calidad del suelo que se define en términos de productividad, específicamente en relación a la capacidad de sostener el crecimiento de los vegetales (Larson y Pierce, 1994 citados por Wilson *et al.*, 2007). Otros autores sostienen que es una integración de los procesos que ocurren en el suelo con factores tales como el uso, los patrones climáticos, las secuencias de cultivos y los sistemas de labranza y está relacionada a su naturaleza dinámica, influenciada por el uso y manejo humano (National Research Council, 1993; Doran y Parkin, 1994; Karlen *et al.*, 1992 citados por Cerana *et al.*, 2006).

Al caracterizar sus cambios, cuantitativamente se pueden evaluar directa o indirectamente los impactos ambientales de las decisiones de manejo por parte del hombre. La calidad del suelo no puede ser medida directamente, pero puede ser inferida o interpretada desde cambios en sus atributos o atributos del ecosistema, llamados indicadores. (Karlen, *et al.*, 1998; Viglizzo, 1996 citados por Cerana *et al.*, 2006; Quiroga *et al.*, 2010). Larson y Pierce, (1991) citados por Quiroga *et al.* (2010) recomendaron una serie de ellos. Entre los principales indicadores físicos y químicos citaron: textura, materia orgánica total, nutrientes disponibles, pH y capacidad para almacenar agua útil para los cultivos.

La textura es una de las propiedades más permanentes del suelo aunque puede sufrir cambios por laboreo (mezcla de horizontes), erosión eólica (suelos más gruesos por pérdida de material), erosión hídrica (deposición de materiales más finos) entre otros. Es la propiedad que mejor caracteriza al suelo desde el punto de vista físico. La permeabilidad, la consistencia, la capacidad de intercambio de iones, de retención hídrica, distribución de poros, son algunas de las características del suelo que en gran medida dependen de la proporción de las distintas fracciones texturales que constituyen un determinado suelo (Quiroga y Bono, 2008).

La mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica (M.O.) es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad y además de estar muy relacionado con otro indicador físico como la pérdida de bases, condiciona fuertemente otras características del suelo como la capacidad de retención de agua y reserva de nutrientes (Quiroga *et al.*, 2010).

La agricultura continua produce degradación del suelo que se manifiesta en una pérdida de materia orgánica (Aparicio y Costa, 2008) siendo la más afectada, no solo en cantidad sino también en calidad (Moreno, 2000 citado por Verri, 2004).

En este sentido y en el Departamento Río Cuarto en la eco-región del Espinal se ha indicado la degradación de propiedades de los suelos a través de distintos indicadores, Bricchi (1996) mostró pérdidas de materia orgánica del orden del 66% en los primeros 12 cm de un Hapludol típico con 80 años de uso comparado con el mismo suelo en condición cuasi natural, mientras que Moreno (2000) señaló pérdidas del 61% en un Haplustol típico.

El Nitrógeno total por Kjeldahl es utilizado como un indicador sensible y rápido para evaluar la degradación de los suelos (Leiros *et al.* 1999 citado por Quiroga *et al.*, 2010).

Otro indicador importante a considerar es el porcentaje de saturación con bases y los contenidos de algunos cationes (Quiroga *et al.*, 2010).

La capacidad de intercambio catiónico (**CIC**) de un suelo también tiene su importancia ya que varía de horizonte a horizonte y en cada uno de ellos depende del contenido y tipo de minerales de arcilla y de componentes orgánicos (Porta *et al.*, 1999). Moreno (2000) indicó que la capacidad de intercambio catiónico disminuye hasta un 12% cuando el suelo se altera por distintas condiciones de uso.

Las propiedades físicas como la densidad aparente (**Dap**) y la dinámica del agua son modificadas por las labranzas, por lo que se emplean para cuantificar cambios originados por los diferentes manejos (Manso, 2008; Aparicio y Costa, 2008; Taboada y Álvarez, 2008). A su vez por la textura del suelo y por el contenido de materia orgánica, su valor puede ser más alto o más bajo. La **Dap** tiene una importante relación con la Porosidad total del suelo y por lo tanto con la posibilidad de los cultivos de desarrollar sus raíces (Krüger *et al.*, 2005 b).

La importancia de la densidad aparente radica en que puede alcanzar valores críticos que impiden a las raíces de las plantas explorar el suelo, por lo que bajo estas condiciones la compactación del suelo se traduciría en una disminución en el rendimiento del cultivo (Quiroga *et al.*, 1999 citado por Álvarez, 2008). Y la importancia de la porosidad edáfica está en que presenta una relación directa con la dinámica del agua dentro y fuera del perfil, presentando además un rol decisivo en la productividad y en el movimiento de solutos en el suelo (Mallants *et al.*, 1997 citado por Castiglioni *et al.*, 2008).

La acidificación del suelo es tomada como otro parámetro más de cuantificación del proceso degradativo en la intensificación de la agricultura que resulta en una menor producción de los cultivos y cambios abruptos en el tipo de suelo (Ostinelli y Carreira, 1998).

El suelo posee capacidad buffer o poder tampón de pH, resultado de una serie de procesos de génesis dirigidos por el clima, relieve y material orgánico y además es una condición dependiente del complejo de intercambio. El uso del suelo conlleva a una

extracción de bases del sistema a un ritmo más acelerado que el dado por la lixiviación natural. La velocidad de restitución de las bases por meteorización puede no ser suficiente para reponer las bases extraídas, en consecuencia el pH bajará (Porta *et al.*, 1994).

Una herramienta fundamental es la evaluación cuantitativa del agua del suelo, ya que permite inferir acerca de la influencia del agua en el crecimiento de las plantas. Por eso no sólo es importante saber el contenido de humedad del suelo, sino también la energía con que está retenida esa agua en la matriz del suelo, con lo cual se caracterizan parámetros hídricos a distintos potenciales mátricos. Los contenidos hídricos son tan afectados por la estructura como por la textura, y por el manejo, referido a procesos de compactación que deterioran los poros de mayor tamaño y en consecuencia el agua disponible para los cultivos (Micucci, 2010).

En el presente trabajo se analizará una situación de pastizal cuasi natural (es decir que está sin uso agropecuario por lo menos desde hace aproximadamente 80 años) en un suelo Hapludol éntico mediante indicadores de calidad (materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH, y constantes hídricas) para evaluar si se modificarán por el cambio que se produce en el suelo al pasar a una situación con agricultura continua durante los últimos 20 años y con aproximadamente 80 años de uso, situación que fue estudiada por Garis (2006) quien analizó los mismos indicadores de calidad que serán utilizados en el presente trabajo para su posterior comparación y donde se la nombrará como Hapludol éntico intervenido.

## 1.1 Antecedentes

El nivel de materia orgánica está determinado por los cinco factores formadores del suelo: clima, vegetación, topografía, material originario y tiempo (Jenny, 1941 citada por Moreno, 2000). La interacción entre estos factores influye sobre los ácidos húmicos y a su vez sobre las diversas propiedades del suelo como el incremento de la capacidad de intercambio catiónico, la capacidad reguladora de pH. Por otro lado el alto contenido de grupos funcionales ácidos de la materia orgánica presentan una gran reactividad para unir partículas de suelo (Piccolo y Mbagwu, 1994).

Por esto la materia orgánica se puede utilizar como nivel de referencia para compararla con la mayoría de los cambios producidos en la calidad del suelo (Larson y Pierce, 1991, citados por Moreno, 2000).

Parton *et al.* (1987), Cambardella y Elliot (1992) citados por Ostinelli y Vivas (1996), indicaron a la fracción lábil de la materia orgánica total como la variable más afectada por el manejo del suelo por ser la fracción con la mayor capacidad de suministrar nutrientes.

En la región semiárida pampeana que durante 10 años se sometió a ciclos agrícolas, Quiroga y Bono (2008) detectaron pérdidas del 50% del nitrógeno total respecto a suelos vírgenes.

Arias y De Battista (1983) sostienen que en 50 años se produce una gran pérdida de estabilidad de agregados en suelos Vertisoles bajo agricultura continua con respecto a los suelos de campo natural sin roturar, e indican que el contenido de materia orgánica también se ve afectado negativamente por efecto del uso agrícola, pasando de 5,41 % en suelos vírgenes a 3,5 % en suelos sometidos a la agricultura. Estas pérdidas son generalmente exponenciales, siendo muy rápidas en los primeros años (10 a 20 años) luego más lento y finalmente alcanza un nuevo equilibrio en 50-60 años (Jenny, 1941; Campbell, 1978 citado por Moreno, 2000).

Los cambios en el pH están relacionados a los efectos producidos por el cambio en el uso de los suelos, generalmente tienden a acidificarse, y comparando un suelo virgen con lotes agrícolas se observó un ligero descenso del pH (Heredia, 2008).

Brussaard (1994) citado por Grillo *et al.*, (1996) indica que el suelo posee la capacidad natural de generar y mantener una estructura favorable y de aportar a la planta nutrientes en el momento justo y en el lugar apropiado. Pero la velocidad de los procesos degradativos no permiten que esto suceda (Ostinelli y Carreira, 1998).

La capacidad de intercambio catiónico de acuerdo a la proporción de coloides y mineralogía de los mismos (superficie específica) puede variar en un amplio rango. En

suelos arenoso franco de la Región Semiárida Pampeana, alcanzan valores tan bajos como 5 meq/100g, mientras que en suelos francos pueden superar los 15 meq/100g (Quiroga y Bono, 2008).

Alvarez *et al.*(2008) obtuvieron resultados en los últimos 10 años en la llanura pampeana que muestran un aumento en la densidad aparente en los sitios cultivados con respecto a los sitios con suelo virgen y pastoreado, reflejando el efecto del laboreo y la maquinaria sobre esta propiedad. Por la variabilidad que se puede generar entre años en la **Dap**, éste parámetro no constituye un indicador sensible de la condición del suelo debido a los años de agricultura sino más bien al pasaje de un sistema de labranzas a otro según el requerimiento que la secuencia de cultivos demande en el momento de muestreo, por eso uno de los objetivos de las labranzas, es disminuir la **Dap** aumentando la porosidad del suelo y de ésta manera lograr una adecuada aireación y movimiento de agua (Aparicio y Costa, 2008).

La aplicación de labranzas diferentes modifica en el corto plazo la distribución de la porosidad y la densidad aparente de los primeros 15 cm del suelo. Si bien no se afecta la capacidad de almacenamiento de agua útil para los cultivos, existen cambios importantes que modifican la dinámica del agua y la actividad biológica (Iglesias, *et al.*, 2002)

Por otra parte el agua disponible del suelo es una propiedad fundamental e influenciada por la textura, estructura, mineralogía de arcilla (Williams *et al.*, 1983 citado por Bricchi 1996), materia orgánica y densidad aparente (Hall *et al.*, 1977; Brache *et al.*, 1981 citados por Bricchi 1996).

Bricchi (1996) comparó curvas de capacidad hídrica de dos suelos de textura semejante uno con 2,75 % de materia orgánica (suelo cultivado), y el otro con 4,7 % (suelo virgen), y a igual succión el primero retiene un menor porcentaje de humedad.

## 1.2 Hipótesis

### General

- ❖ Los indicadores de calidad físicos y químicos evaluados se modificarán en el Hapludol éntico al pasar de una situación cuasi natural a una de uso agrícola.

### Específicas

- ❖ La materia orgánica, el nitrógeno total y pH serán mayores en el Hapludol éntico cuasi natural comparados con el Hapludol éntico intervenido.
- ❖ Por el mayor contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido hídrico serán mayores en el Hapludol éntico cuasi natural vs el Hapludol éntico intervenido.
- ❖ La densidad aparente será menor en el Hapludol éntico cuasi natural comparado con el Hapludol éntico intervenido, y por lo tanto la porosidad total será mayor.

## 1.3 Objetivos

### General

- Evaluar si se modificarán los indicadores químicos y físicos por el cambio que se produce en el mismo suelo (Hapludol éntico) al pasar de una situación cuasi natural a una intervenida, con uso agrícola continuo durante los últimos 20 años y con un historial de uso de 80 años aproximadamente.

### Específicos

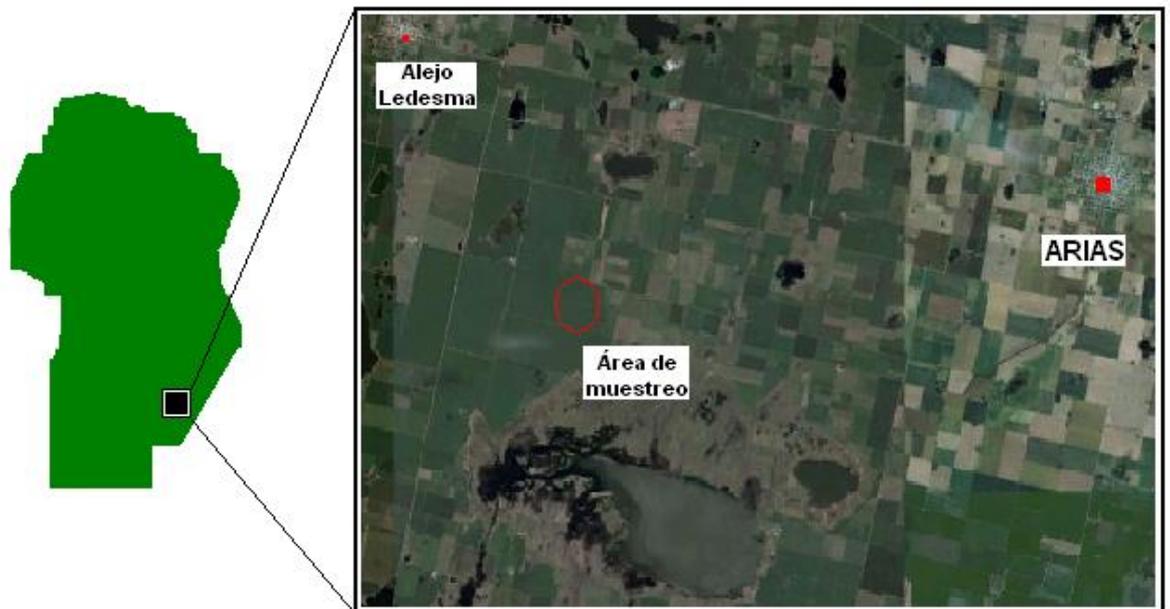
- Caracterizar morfológicamente al sistema suelo del Hapludol éntico cuasi natural.
- Cuantificar la materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, constantes hídricas y densidad aparente del Hapludol éntico cuasi natural.
- Comparar los indicadores de calidad del Hapludol éntico cuasi natural respecto al Hapludol éntico intervenido.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Ubicación de la zona en estudio

El presente trabajo se realizó en la estancia “Las Dos Hermanas” a 20 km al suroeste de la localidad de Arias, departamento Marcos Juárez, provincia de Córdoba, República Argentina. En la región ecológica del Pastizal Pampeano (Burkart *et al.*, 1999).

El sitio en estudio está ubicado en la Hoja 3363-28 (Canals), (Sur 33°40' y O 62°34'), y pertenece a la Serie Alejo Ledesma (INTA, 1986).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.

### 2.2 Caracterización del área de estudio

El régimen climático es subhúmedo-húmedo con oscilaciones interanuales. El régimen pluviométrico es de tipo monzónico, con un promedio anual de precipitaciones de 805mm. La temperatura media mensual es de 16,4 °C (INTA, 1986).

La región ecológica en la que se encuentra la zona de estudio es la llamada Pradera Pampeana; la formación vegetal originaria característica es el pastizal templado, en la que predominan géneros como *Stipa*, *Bromus*, *Aristida*, *Briza*, *Setaria*, *Melica*, *Poa*, *Paspalum* y *Eragrostis* (Burkart *et al.*, 1999). En la actualidad gran parte de las comunidades vegetales nativas intactas han sido alteradas. En su lugar existen cultivos agrícolas “maíz” (*Zea mais*),

“trigo” (*Triticum aestivum*), “sorgo” (*Sorghum caffrorum*), “girasol” (*Helianthus annuus*) y pasturas basadas en alfalfa acompañadas por gramíneas exóticas (Ragonesse, 1967).

El área de estudio se encuentra en una llanura eólica con un relieve normal donde predominan lomas aplanadas. Los materiales originarios de los suelos son de texturas franco arenoso muy fino. El suelo zonal predominante es un Hapludol éntico de familia franco gruesa.

La Serie Alejo Ledesma fue caracterizada como un suelo algo excesivamente drenado que se encuentra asociado a relieves ondulados a suavemente ondulados, modelados sobre materiales franco arenosos. Son suelos poco desarrollados que presentan una capa arable de 23 cm de espesor, de textura franca a franco arenosa, color pardo grisáceo oscuro y estructura en bloques moderados. Hacia abajo pasa gradualmente al material originario que se encuentra a una profundidad de 60 cm. Tiene un contenido moderado de materia orgánica que decrece en profundidad y una baja capacidad de intercambio catiónico, lo cual conspira en contra de su fertilidad natural. Por otro lado la baja capacidad de retención de humedad lo hace susceptible a sequías. Estas limitaciones se presentan en un grado leve y no presentan otros impedimentos físicos ni químicos que afecten el crecimiento de las plantas (INTA, 1986).

El presente trabajo se realizó en la estancia “Las Dos Hermanas”, en un Hapludol éntico con vegetación originaria característica del pastizal templado en condición cuasi natural (es decir que está sin uso agropecuario por lo menos desde hace aproximadamente 80 años).

### **2.3 Metodología**

Se realizaron las siguientes actividades:

Descripción morfológica del perfil, según normas de reconocimiento de Etchevehere (Etchevehere, 1976).

Descripción analítica, se tomaron a campo en cada horizonte del perfil cuatro muestras compuestas, de cinco submuestras cada una. En cada una de las muestras se determinaron los indicadores de calidad de suelos (Granulometría, Materia orgánica, Nitrógeno total, Bases intercambiables y Capacidad de intercambio catiónico, Densidad aparente y Porosidad total, pH y Constantes hídricas) según la clasificación realizada por CIAT (2002).

### **2.3.1 Granulometría**

Se realizó con el determinador de tamaño de partículas por rayos laser Analysette 22 versión Economy (Gee y Bauder, 1986).

### **2.3.2 Materia orgánica (MO)**

Se utilizó la metodología de Walkley-Black (1934).

### **2.3.3 Nitrógeno total**

Se determinó por medio del método de Kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982) que consiste en un procedimiento de oxidación en húmedo.

### **2.3.4 Capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables**

Según la metodología explicada por Rhoades (1982) para la capacidad de intercambio catiónico y por Thomas (1982) para las bases intercambiables por el método del acetato de amonio.

### **2.3.5 pH**

Se empleó el método potenciométrico (Jackson, 1976) con una relación suelo-agua 1:2,5.

### **2.3.6 Densidad aparente**

Se realizó mediante el método del cilindro (Klute, 1986) y con la misma se calculó la Porosidad total.

### **2.3.7 Constantes hídricas**

Se determinó el contenido de humedad gravimétrica a distintos potenciales mátricos. El método utilizado fue el de las ollas de presión (Richards, 1965). Se trabajó con 0,3, 1, 3, 6 y 15 bares de succión. Con los datos obtenidos en este punto se construyó la curva característica de retención de humedad.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Descripción morfológica del perfil

La descripción morfológica del perfil realizada a campo de la situación cuasi natural se presenta a continuación:

- A1 0-18; pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo franco arenosa; estructura en bloques subangulares medios y finos, moderados; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; límite inferior claro suave.
- A2 18-33; pardo muy oscuro (10YR3/1) en húmedo; franco a franco arenosa; estructura en bloques subangulares medios y finos, moderados a débiles; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; límite inferior claro suave.
- AC 33-63; pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo; franco arenosa; estructura en bloques subangulares medios y finos, débiles; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; límite inferior gradual suave.
- C 63; pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo; franco arenosa; masivo; no plástico, no adhesivo.

En este perfil se observa una homogeneidad en el subtipo y clase de estructura como así también que el grado tiende a ser débil. Ambas características se relacionan con la textura de la cual también se deriva la consistencia en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo.

El perfil presentado por Garis (2006) es similar al descripto, con la diferencia que el horizonte A1 se subdivide en Ap1 (0-9 cm) y Ap2 (9-18 cm) y el horizonte A2 llega hasta los 28 cm. Cabe aclarar que para una mejor comparación entre ambas situaciones se promediaron los datos de Garis del horizonte Ap1 y Ap2, siendo representados por el A1, tal cual lo realiza dicha autora en su mismo trabajo.

### 3.2 Descripción analítica

#### 3.2.1 Granulometría

En la **Tabla 1.1** se observan los valores porcentuales de las fracciones granulométricas que demuestran el carácter esquelético de este suelo ya que de la superficie a la base del perfil las fracciones de limo y arena, ocupan entre el 86 y el 92 %.

**Tabla 1.1** Granulometría según horizontes y espesores del Hapludol éntico cuasi natural.

Horizontes	Espesor (cm)	Arcilla 0-2 $\mu$ %	Limo 2-50 $\mu$ %	Arena 50-250 $\mu$ %
A1	0-18	14	33	53
A2	18-33	15	35	50
AC	33-63	11	35	54
C	63+	8	35	57

Comparando los datos del Hapludol éntico cuasi natural (**Tabla 1.1**) respecto al intervenido (**Tabla 1.2**) se encontró que existe una cierta homogeneidad en la granulometría en ambos casos, lo que denota que el uso no modificó la misma.

**Tabla 1.2** Granulometría según horizontes y espesores del Hapludol éntico intervenido.

Horizontes	Espesor (cm)	Arcilla 0-2 $\mu$ %	Limo 2-50 $\mu$ %	Arena 50-250 $\mu$ %
A1	0-18	12,72	32,23	55,04
A2	18-28	12,76	33,46	53,54
AC	28-63	11,60	27,37	62,03
C	63+	10,22	27,37	62,06

La textura es una de las propiedades más permanentes del suelo, no obstante puede sufrir cambios por laboreo (mezcla de horizontes), erosión eólica (suelos más gruesos por pérdida de material) y erosión hídrica (deposición de materiales más finos) entre otros (Quiroga y Bono, 2008); como es el caso de Colazo *et al.* (2006), quienes encontraron que, en Argiudoles típicos, al pasar el suelo de condiciones naturales a agrícolas, las arcillas disminuyeron un 50%.

### 3.2.2 Materia orgánica y Nitrógeno total

Con respecto al contenido de materia orgánica (**Tabla 2.1**), se observa una disminución con la profundidad, aspecto característico del orden Molisol al que pertenece la Serie estudiada. Esta disminución es del 23% entre los horizontes A1 y A2 que implica 14,68 tn/ha mientras que es del 40% y del 48% entre los horizontes A2 y AC, y AC y C respectivamente.

**Tabla 2.1** Contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y relación C/N según horizontes y espesores del Hapludol éntico cuasi natural.

Horizonte	Espesor (cm)	Materia Orgánica %	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N
A1	0-18	2,53	1,45	0,148	9,8
A2	18-33	1,95	1,13	0,11	10,27
AC	33-63	1,17	0,678	0,074	9,16
C	63+	0,61	0,35	0,048	7,35

Si se comparan los valores de materia orgánica de los primeros tres horizontes del cuasi natural (**Tabla 2.1**) respecto al intervenido (**Tabla 2.2**), se observa una disminución, del 16,6% en el horizonte A1, del 10% en el A2 y del 23% en el AC. Expresados en tn/ha en los primeros 18 cm, se perdieron 0,610 tn/ha en 20 años.

**Tabla 2.2** Contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y relación C/N según horizontes y espesores del Hapludol éntico intervenido.

Horizonte	Espesor (cm)	Materia Orgánica %	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N
A1	0-18	2,11	1,22	0,14	8,72
A2	18-28	1,77	1,03	0,10	10,00
AC	28-63	0,90	0,58	0,07	8,92
C	63+	0,43	0,25	0,03	8,33

Martínez Uncal *et al.* (2006) encontraron a una profundidad de 0-15 cm, en un Haplustol éntico, pérdidas de materia orgánica de 23,9 tn/ha al pasar de un suelo virgen de bosque de Caldén a un suelo agrícola de 50 años de uso. Incluso comprobaron que dicha pérdida fue progresiva a medida que fueron en aumento los años de laboreo, lo que denota

que la disminución de M.O. en suelos agrícolas, pese al desmonte, es importante a lo largo del tiempo.

Galantini *et al.* (2005) indicaron que el laboreo de los suelos vírgenes o pasturas produce intensa mineralización de la materia orgánica lábil y sus nutrientes, previamente protegidos físicamente.

Es así que las fracciones más dinámicas de la M.O. del suelo, las que son fácilmente afectadas por el manejo agronómico, son las responsables de la rápida caída de los contenidos de materia orgánica al cultivar los suelos vírgenes. Muchos estudios llegaron a conclusiones semejantes, destacando su sensibilidad a los cambios en el sistema de producción, su dinámica en el corto plazo y su importante papel en el ciclo de los nutrientes (Galantini y Suñer, 2008).

Colazo *et al.* (2006) encontraron que en el horizonte A de Argiudoles típicos la materia orgánica disminuyó un 50% al pasar el suelo de condiciones naturales a agrícolas.

Quiroga y Bono (2008) indicaron que la relación entre MO joven/MO total en suelos agrícolas fue del 13,3%, en sistemas de rotación del 19,4% y en vírgenes del 49,4% mostrando así la significativa influencia que el manejo ha tenido sobre la MO.

Con respecto al nitrógeno total (Tabla 2) se encontró una cierta disminución bajo la situación de 20 años de laboreo continuo (Garis 2006) respecto a la condición cuasi natural, siendo esta diferencia de 7,5% y 38,56% para los horizontes A1 y A2 respectivamente.

En la Pampa húmeda argentina destinada a la producción agrícola, se han detectado en tierras laboreadas pérdidas de 48% de nitrógeno total, con relación a los suelos sin cultivar. (Coscia, 1991, citado por Palma *et al.*, 1997).

También se detectaron pérdidas del 50% del nitrógeno total respecto a suelos vírgenes en la región semiárida pampeana bajo 10 años aproximadamente, de rotaciones en ciclos agrícolas continuos (Quiroga y Bono, 2008).

Estudios realizados bajo condiciones de suelos vírgenes y cultivados y en diferentes texturas mostraron importantes pérdidas de N -entre 31% y 56%- las que fueron comparativamente mayores en los suelos de textura más gruesa (Campbell y Souster, 1982 citados por Quiroga y Bono, 2008).

### **3.2.3 Bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico y pH**

En la **Tabla 3.1** se presentan los resultados de cationes de intercambio, suma de bases, CIC, saturación con bases y pH en todo el perfil.

**Tabla 3.1** Cationes de intercambio, suma de bases, CIC, saturación con bases y pH en todo el perfil del Hapludol éntico cuasi natural.

Horiz.	Espesor (cm)	Cationes de intercambio, m.e./100gr					Suma de bases m.e./100gr	CIC m.e./100 gr	Saturación con bases %	pH en agua 1:2,5
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>				
<b>A1</b>	0-18	8.08	2.32	0.121	2.60	1.18	13.12	14.30	91	6,4
<b>A2</b>	18-33	8.27	2.36	0.146	1.75	2.26	12.52	14.78	84	6,55
<b>AC</b>	33-63	7.86	2.29	0.159	1.34	1.04	11.64	12.68	91	6,71
<b>C</b>	63+	6.47	2.49	0.204	1.41	0	10.57	10.57	100	6,71

En la **Tabla 3.1** se observa que el contenido de calcio y magnesio aumentan en el orden del 2% en el horizonte A2 respecto al A1, mientras que en el AC disminuyen 5 % y 3% respectivamente y en el horizonte C el calcio disminuye 18% y el magnesio aumenta el 8%.

El comportamiento del potasio es diferente, disminuye 32% en el horizonte A2, 23 % en el AC y en el C aumenta el 5%. El sodio por el contrario va en aumento desde el primer al último horizonte, pero no supera el 2%. Se destaca que en la situación intervenida los porcentajes de saturación de cada base son similares (**Tabla 3.2**).

**Tabla 3.2** Cationes de intercambio, suma de bases, CIC, saturación con bases y pH en todo el perfil del Hapludol éntico intervenido.

Horiz.	Espesor (cm)	Cationes de intercambio, m.e./100gr					Suma de bases m.e./100gr	CIC m.e./100 gr	Saturación con bases %	pH en agua 1:2,5
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>				
<b>A1</b>	0-18	6.86	1.88	0.075	1.91	0.89	11.16	12.05	81	5.88
<b>A2</b>	18-28	7.33	2.33	0.08	1.83	1.68	11.35	13.03	86	6
<b>AC</b>	28-63	7.65	2.27	0.07	1.50	1,68	11.49	13.17	87	6.30
<b>C</b>	63+	6.63	2.60	0.10	1.41	0	10.74	10.57	100	6.55

Se distingue que los cationes, indudablemente se relacionan con el contenido de arcilla y materia orgánica coloidal por estar ligados a ellos. Es decir se entiende que sólo son activas la fracción arcillosa y el humus correspondiéndole al resto del material (arena y limo) una participación insignificante (Hampp, 2006). La mayoría de las propiedades físico-químicas de los suelos están controladas por las arcillas y la MO; puede considerarse que son los centros activos alrededor de los cuales ocurren las reacciones químicas y los intercambios de nutrientes (Darwich, 1989 citado por Rivero y Cruzate, 2008).

La saturación de bases está por encima del 84%, y para la situación de Garis (2006) por encima del 83%. La capacidad de intercambio catiónico está entre 10,60 y 14,80 meq/100gr de suelo para la condición cuasi natural y está entre 10,57 y 13,18 meq/100gr de suelo para el Hapludol éntico intervenido.

En argiudoles típicos bajo tres condiciones diferentes, prístina, de corta historia agrícola y larga historia agrícola, no se encontraron diferencias significativas de la CIC, siendo también escasas las variaciones de los cationes de cambio particularmente el calcio, debido esto a los bajos niveles de calcio exportados por los cultivos más difundidos y el elevado contenido del elemento en el subsuelo que determinaría su reciclado en el perfil, además independientemente de las distintas historias agrícolas, se habría superado un umbral de deterioro a partir del cual ya no se manifiestan diferencias importantes (Urricariet y Lavado, 1999).

Moreno (2000), indicó que la capacidad de intercambio catiónico disminuye hasta un 12% cuando el suelo se altera por distintas condiciones de uso.

La CIC de un suelo varía de horizonte a horizonte y en cada uno de ellos depende del contenido y tipo de minerales de arcilla y de componentes orgánicos (Porta *et al.*, 1999).

Un suelo sano en la región pampeana tiene una saturación de bases del 80 % o más (Nauman, 2007 citado por Cruzate y Rivero, 2008).

En cuanto al pH (**Tabla 3.1**) se encontraron valores de 6,40 en los 18 cm superiores hasta 6,71 en la base del perfil, siendo del orden de 6,55 en la parte intermedia. En el Hapludol éntico intervenido se encontró en todo el perfil valores de menor magnitud, así en los primeros 28 cm es de 5,88, que implicó una disminución del 10%, respecto a la situación cuasi natural.

Los cambios en el pH están relacionados a los efectos producidos por el cambio en el uso de los suelos, que tienden a acidificarse, y comparando un suelo virgen con lotes agrícolas se observa el efecto de las labranzas en un ligero descenso del pH (Heredia, 2008).

Los suelos de la Región Pampeana húmeda han sufrido un descenso en los contenidos de calcio y magnesio que se manifiesta en una disminución generalizada del pH que en algunas zonas como el sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires alcanza valores inferiores a 6. Trabajos realizados en la Región Pampeana mencionan 10% de lotes agrícolas con problemas de acidez, con pH menor a 5,8; 25% con problemas menos severos con niveles de pH entre 5,8 y 6,2 y un 30% entre 6,2 y 6,5 (Melgar *et al.*, 2003 citado por Cruzate y Casas, 2003). Se estima que la saturación de bases del complejo de intercambio desciende hasta un 30% por cada unidad de disminución del pH del suelo, hecho frecuente y generalizado en los suelos pampeanos (Michelena *et al.*, 1989 citado por Casas, 2006). A su vez Conti M. (2004); Casas R. y Ostinelli M. (2005) citados por Casas (2006) encontraron

que el pH disminuye en promedio un punto en 20 años en suelos de la Región Pampeana húmeda.

En la **Tabla 4.1** se presentan los resultados de saturación de cada base en los horizontes del perfil. Se aprecia que los valores de los cationes de intercambio están dentro del orden general de energía de retención por el coloide, es decir de mayor a menor (Hampp, 2006) y en la proporción equilibrada:  $\text{Ca}^{++}$  (60-70%),  $\text{Mg}^{++}$  (10-25%),  $\text{K}^+$  (5-25%) y  $\text{Na}^+$  (menor a 5%).

**Tabla 4.1** Porcentaje de saturación de cada base en los horizontes del perfil del Hapludol éntico cuasi natural.

Horiz.	Espesor (cm)	Saturación de cada base, %			
		$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
<b>A1</b>	0-18	56.50	16.22	0.84	18.1
<b>A2</b>	18-33	55.95	15.96	0.98	11.8
<b>AC</b>	33-63	61.89	18.05	1.25	10.5
<b>C</b>	63+	61.21	23.55	1.92	13.3

Así lo confirma Cruzate y Rivero (2008) respecto al balance catiónico: los elementos mayores de carga positiva disponibles en la solución del suelo: calcio, magnesio, potasio y sodio deben estar presentes en una relación decreciente, con aproximadamente 4 veces más calcio que magnesio y cantidades menores de los otros dos elementos.

La saturación de cada base va en aumento en profundidad, destacándose al  $\text{Ca}^{++}$  como una de las bases principales, con un valor de 56,50 % en los primeros 18 cm, y de 61,21 % a partir de los 63cm. El  $\text{Ca}^{++}$  al igual que el  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$  existe en el suelo como catión, por lo tanto esta ligado al complejo de intercambio, es generalmente el catión dominante en el complejo, aún en suelos ácidos. Los suelos arcillosos poseen en general más calcio que los suelos arenosos (Darwich, 1989 citado por Rivero y Cruzate, 2008).

También es importante observar en la **Tabla 4.1** al  $\text{K}^+$  (18,1 %) ya que supera al  $\text{Mg}^{++}$  (16,6%), lo que denotaría la presencia de arcillas tipo illita sobre todo en los primeros horizontes, ya que luego decae el valor del  $\text{K}^+$ . Hampp (2006) afirma que en suelos con illita, el  $\text{K}^+$  puede igualar y con frecuencia sobrepasar ampliamente al Mg intercambiable.

Las diferencias encontradas en saturación de cada base con respecto a la situación intervenida son prácticamente despreciables (**Tabla 4.2**). De todos modos se aprecian en el Hapludol éntico cuasi natural, valores levemente mayores en la suma de bases y en la Saturación con bases (**Tabla 3.1 vs Tabla 3.2**).

**Tabla 4.2** Porcentaje de saturación de cada base en los horizontes del perfil del Hapludol éntico intervenido.

Horiz.	Espesor (cm)	Saturación de cada base, %			
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
A1	0-18	56.92	15.60	0.62	15.85
A2	18-28	56.25	17.88	0.61	14.04
AC	28-63	58	17.23	0.53	11.38
C	63+	62.72	24.59	0.94	13.33

En suelos de la Región Pampeana húmeda con 20 años de laboreo se encontraron disminuciones de Ca<sup>++</sup> del orden del 50% (Conti, 2004; Michelena, 1989; Casas y Ostinelli, 2005; citados por Casas, 2006), en contraposición a lo encontrado en el presente estudio. En este sentido Szabolcs (1994) indicó que si bien los suelos tienen un nivel de tolerancia a los disturbios producidos por el uso y el manejo la misma no se manifiesta de igual manera en las distintas propiedades, ya que como lo manifiesta Bezdicek *et al.* (1996) la intensidad de uso no habría modificado el estado de equilibrio de la relación y saturación de bases.

### 3.2.4 Densidad aparente y Porosidad total

La densidad aparente en los 33cm superiores del perfil es del orden de 0,93 g.cm<sup>-3</sup> (Tabla 5.1), coincidiendo con Bricchi (1996) en un Hapludol típico franco arenoso muy fino en condición no alterada.

**Tabla 5.1** Densidad aparente y Porosidad total de los horizontes A1 y A2 del Hapludol éntico cuasi natural.

Horizontes	Espesor (cm)	Dap (g.cm <sup>-3</sup> )	Porosidad Total % (cm <sup>3</sup> .100 cm <sup>-3</sup> )
A1	0-18	0.93	64,90
A2	18-33	0.94	64,52

Teniendo en cuenta la densidad aparente de la situación cuasi natural (Tabla 5.1) con respecto a la intervenida (Tabla 5.2) se destaca que en la última situación se produjo un aumento del 15% en el horizonte A1 y del 14% en el horizonte A2. Lo que resulta coherente luego de 20 años de agricultura y además por ser la **Dap** una propiedad dinámica que está sujeta a cambios sobre todo en los primeros horizontes por aplicación de fuerzas de origen

externo, por efecto de laboreo, acción de raíces, mesofauna, tránsito de maquinarias y animales entre otros, y de origen interno, como el humedecimiento-secado y expansión-contracción (Bonadeo, 2002).

También el decrecimiento del contenido de materia orgánica como consecuencia del uso intensivo del suelo lo hace más susceptible a la compactación, por el contrario en suelos vírgenes el alto contenido de materia orgánica los hace menos susceptibles a la compactación, teniendo bajas densidades (Quiroga *et al.*, 1999 citados por Pérez de Corcho Fuentes, 2010 ).

**Tabla 5.2** Densidad aparente y Porosidad total de los horizontes A1 y A2 del Hapludol éntico intervenido.

<b>Horizontes</b>	<b>Espesor (cm)</b>	<b>Dap (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Porosidad Total % (cm<sup>3</sup>.100 cm<sup>-3</sup>)</b>
<b>A1</b>	0-18	1.07	59.62
<b>A2</b>	18-33	1.07	59.62

Alvarez *et al.*(2008) obtuvieron resultados en los últimos 10 años en la llanura pampeana que muestran un aumento en la densidad aparente en los sitios cultivados con respecto a los sitios con suelo virgen y pastoreado, reflejando el efecto del laboreo y la maquinaria sobre esta propiedad.

Las modificaciones de las propiedades físicas del suelo a causa de los sistemas de labranza pueden dar origen a un aumento de la densidad del suelo, una mayor resistencia a la penetración de las raíces y a una disminución en la porosidad (FAO, 2010). Esto se da con claridad en el Hapludol éntico intervenido (**Tabla 5.2**), donde la densidad aparente es de 1,07 tanto para Ap (0-18) y A (18-28) siendo superior a la condición descripta en este trabajo y por lo tanto la porosidad total disminuye 5.08% para ambos horizontes, lo que no afectaría la penetración a las raíces, ya que para estas texturas la densidad aparente no alcanza valores críticos, según lo indicado por Sans y Bouen (1978), citados por Bricchi (1996) quienes consideran que en la Región Pampeana húmeda el valor de 1.35 g.cm<sup>-3</sup> afecta el crecimiento radicular.

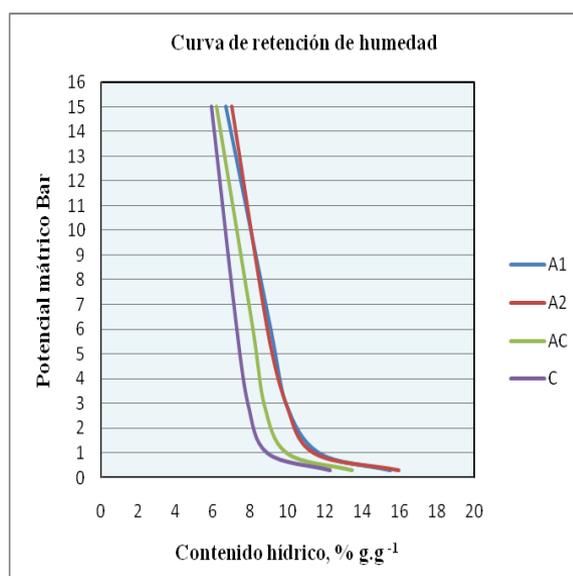
La aplicación de labranzas diferentes modifica en el corto plazo la distribución de la porosidad y la densidad aparente de los primeros 15 cm del suelo. Si bien no se afecta la capacidad de almacenamiento de agua útil para los cultivos, existen cambios importantes que afectan la dinámica del agua y la actividad biológica (Iglesias, *et al.*, 2002).

### 3.2.5 Constantes hídricas

En la **Figura 2.1** se indica el contenido hídrico a 0,3, 1, 3, 6 y 15 Bares de succión y en este sentido se destaca la pendiente abrupta de la curva, en concordancia con la textura del suelo que es franco arenoso, lo que hace que entre 0,3 y 1 Bar se encuentre el mayor contenido hídrico, mientras que entre 1 a 6 Bares prácticamente tiene el mismo contenido hídrico que entre 6 a 15 Bares y en ambos casos el valor es bajo.

Por otro lado también se observa que los mayores valores se producen en los horizontes A1 y A2 con diferencia entre 0,3 y 15 Bares de 8,86%, mientras que los menores valores se producen en el horizonte C, cuya diferencia es del orden de 6,34%.

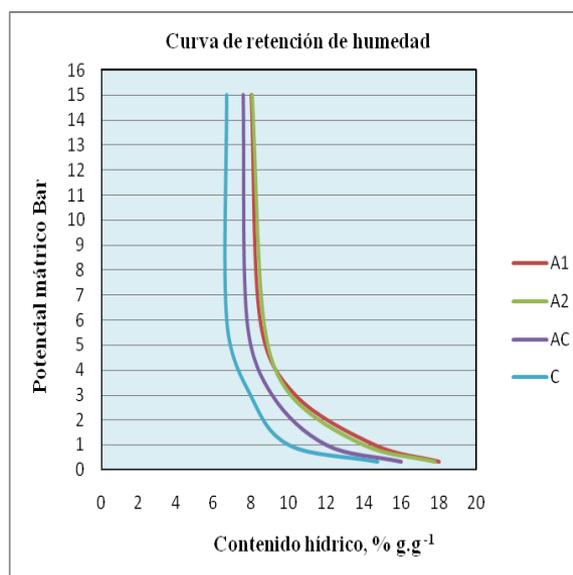
Se destaca que entre 0.3 y 1 Bar de succión se produce una diferencia de contenido hídrico de sólo 7,05 % (g.g-1) mientras que entre 1 y 15 Bar es del 5.75 % y por ende es muy baja la capacidad de retención (12.8%) en concordancia con la textura del suelo.



**Figura 2.1** Contenido hídrico en % g.g<sup>-1</sup> a distintos potenciales mátricos en Bares del Hapludol éntico cuasi natural.

Comparando con la situación de Garis (2006) se registró una cierta homogeneidad, con lo cual no habría en este caso una diferencia entre la situación cuasi natural descripta y la situación de 20 años de laboreo continuo. En este sentido se destaca que los valores de succión utilizados se relacionan fundamentalmente con la textura del suelo y por ende poros derivados de la misma y de ahí que las diferencias son poco marcadas, coincidiendo con Porta *et al.*(1999) en que es la textura quien hace variar la forma de la curva, y como en ambas situaciones el uso no modificó esta propiedad la forma de la curva es similar. También Porta *et al.*(1999) afirman que la compactación disminuye la porosidad total y en

especial, la proporción de los poros de mayor tamaño lo que tampoco hace a que la retención de humedad sea diferente entre las situaciones comparadas.



**Figura 2.2** Contenido hídrico en % g.g<sup>-1</sup> a distintos potenciales mátricos en Bares del Hapludol éntico intervenido.

Bachmeier *et al.*(2007) también coinciden en que las curvas de retención de humedad para un suelo compactado y sin compactar, pueden ser casi idénticas en el rango de altos potenciales (en valor absoluto) y en este punto, la capacidad de almacenaje pasa a ser un atributo que depende mucho más de la textura que de la estructura del suelo. La compactación disminuye la porosidad total, al eliminar los poros inter-agregados y permanecen inalterados los poros intra-agregados.

Moreno (2000) determinó que en un Haplustol típico, bajo tres situaciones diferentes (no alterada de bosque natural, alterada con 30 años de producción ganadera y alterada con 50 años de agricultura continua) que el uso del suelo trajo como consecuencia una menor retención de humedad a bajas succiones en la condición más alterada.

Bricchi (1996) comparó curvas de capacidad hídrica de dos suelos de textura semejante uno con 2,75 % de materia orgánica (suelo cultivado), y el otro con 4,7 % (suelo virgen), y a igual succión el primero retiene un menor porcentaje de humedad.

La capacidad de retención de agua de los suelos depende principalmente de la profundidad efectiva y la textura (Krüger *et al.* 2005 a).

Los suelos de aptitud de uso agrícola en la Región de la Pampa Arenosa se caracterizan por presentar texturas superficiales arenosas a franco arenosas con moderada capacidad de retención de agua (Taboada y Micucci, 2002, Álvarez, 2006 citados por Barraco, *et al.*, 2008). La capacidad de retención de agua varía entre 100 y 120 mm por

metro de suelo para Hapludoles Énticos y Hapludoles Típicos, respectivamente y los suelos de la primer clasificación presentan escasa diferenciación de su perfil, con secuencia de horizontes A- AC- C con textura arenosa. El horizonte A es moderadamente provisto de MO, con estructura débil susceptible a la erosión eólica y excesivamente permeable (Barraco, *et al.*, 2008).

La cantidad de agua retenida a valores relativamente bajos de potencial mátrico (0-1 bar), depende principalmente de los fenómenos capilares y de la distribución de los tamaños de poros; en otras palabras: depende de la estructura del suelo. Por otro lado, la retención de agua en el rango de altos valores de potencial obedece fundamentalmente a la adsorción sobre coloides, y está influida por la textura y superficie específica de las partículas de suelo. Se puede afirmar que ambas propiedades, textura y estructura, definen la forma de la Curva Característica de Humedad (Bachmeier *et al.*, 2007).

Los suelos arenosos presentan alta porosidad no capilar y baja capacidad de almacenamiento de agua. Estos suelos tienen un predominio de poros grandes, una vez vaciados éstos, por lo general a alto potencial, solamente una pequeña cantidad de agua permanece retenida (Marcos, 2001).

La mayoría del agua en los suelos arenosos es retenida a más altos potenciales, ya que la matriz del suelo es ineficaz reteniendo agua, tiene una gran proporción de macroporos y baja área superficial (Marcos, 2001).

#### **4. CONCLUSIÓN**

La Materia orgánica, el Nitrógeno total y el pH fueron indicadores sensibles a las condiciones de uso, y disminuyeron luego de aproximadamente 80 años de uso, específicamente con agricultura continua durante los últimos 20 años.

El menor contenido de Materia orgánica no produjo modificaciones importantes sobre la CIC, ni sobre las constantes hídricas.

La parte superficial del suelo en condición cuasi natural posee un valor de densidad aparente inferior a la unidad como se esperaba según lo indicado en la bibliografía y el uso produjo una modificación del ordenamiento de partículas y por ende la densidad aparente aumentó y disminuyó la porosidad total, más específicamente los poros inter-agregados, permaneciendo inalterados los poros intra-agregados o microporos, lo que hace que en ambas situaciones las curvas de retención sean similares.

Si bien los valores hallados no son perjudiciales para los cultivos, son indicadores muy importantes porque marcan enfáticamente una tendencia a la degradación en el largo plazo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, M. F., M. L. OSTERRIETH y J. L. DEL RÍO. 2008. Efecto de distintos usos del suelo sobre propiedades físicas de argiudoles típicos del sudeste bonaerense. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

APARICIO, V. y J. L. COSTA. 2008. Evolución de algunos indicadores de calidad de suelo en el sudeste de la Región pampeana. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

ARIAS, N.M. y J.J. DE BATTISTA. 1983. Evaluación de métodos para la determinación de estabilidad estructural de vertisoles en Entre Ríos. **X° Congreso argentino y XVIII° latinoamericano de la ciencia del suelo**. Mar del Plata, Argentina.

BACHMEIER, O. A., E. V. BUFFA, S. B. HANG y A. A. ROLLÁN. 2007. **Temas de edafología**. 5<sup>ta</sup> edición. SIMA Editora. UNC. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba.

BARRACO, M., C. SCIANCA, C. ÀLVAREZ y M. DÍAZ-ZORITA. 2008. Profundidad mínima de muestreo para estimar la disponibilidad de agua en Hapludoles de la Pampa arenosa. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

BEZDICEK, D.F., R.I. PAPENDICK y R. LAL. 1996. Method for assessing Soil Quality. SSA Special Publication 49 Madison Wisconsin Usa. Pp1-8.

BONADEO, E. 2002. Material de apoyo didáctico para el curso de grado: Sistema suelo-planta. Ocupación del suelo por el vegetal. Densidad. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

BREMNER, J.M. y C.S. MULVANEY. 1982. Nitrogen Total. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9. ASA. SSSA, Madison, Wis. USA. pp: 595-624.

BRICCHI, E. 1996. **Relación entre la compactación, morfología y propiedades físicas de un Hapludol típico de Río Cuarto**. Tesis Magíster Scientae. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 163 pp.

BURKART, R., N.O. BARBARO, R.O. SANCHEZ y D.A. GOMEZ. 1999. Ecoregiones de la Argentina. Presidencia de la Nación. Secretaria de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.

CASAS, R. 2006. Preservar la calidad y salud de los suelos: una oportunidad para la Argentina. Academia nacional de agronomía y veterinaria (ANAV).  
En: [http://www.anav.org.ar/trabajos\\_publicados/5/casas.pdf](http://www.anav.org.ar/trabajos_publicados/5/casas.pdf) Consultado: 08-08-2010.

CASTIGLIONI M.G., M.J. MASSOBRIO, D.C. MAZZONI, C.I. CHAGAS, O.J. SANTANATOGLIA y E.A. PALACÍN. 2008. Comportamiento de la porosidad a dos

profundidades, en una ladera de pampa ondulada cultivada con siembra directa. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

CERANA, J., S. RIVAROLA, N. ARIAS, A. C. BANCHERO, S. SIONE, M. WILSON, O. POZZOLO y J. J. DE BATTISTA. 2006. Determinación de las condiciones físicas de los vertisoles, orientadas al manejo sustentable con la siembra directa.

En: DÍAZ ROSSELLO, R. y C. RAVA. 2006. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono sur. IICA, PROCISUR. Montevideo, Uruguay. 109-121. <http://www.procisur.org.uy/data/documentos/138642.pdf>

Consultado: 15-11-10.

CIAT.2002. Memoria taller de indicadores locales de calidad de suelos, CIAT Ladera, USDA- ARS. Estelí-Nicaragua 28pp.

COLAZO, J.C., P. BLANCO, A. BECKER, P. BOUZA, H. DEL VALLE, C. QUINTERO, G. BOSCHETTI, J. DE DIOS HERRERO, M. OSTERRIETH, M.F. ALVAREZ, N. BORELLI y D.E. BUSCHIAZZO. 2006. Estabilidad estructural en suelos de Argentina. **XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Salta, Argentina.

CRUZATE, G. y R. CASAS.2003.Balance de Nutrientes. Instituto de Suelos, CNIA, INTA. Revista Fertilizar INTA Año 8 Número Especial. 7 a 13

CRUZATE, G. y E. RIVERO. 2008. Potasio, calcio y magnesio: mapas de disponibilidad en distintos suelos de la República Argentina. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

ETCHEVEHERE, L. A. 1976. Normas de reconocimiento de suelos 2<sup>da</sup> ed. INTA. Departamento de suelos. Castellar. Buenos Aires.

FAO. 2010. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos (boletín de tierras y aguas de la FAO).

En: [http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse\\_s/7mo/iita/C7.htm](http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/C7.htm) Consultado: 28-07-2010.

GALANTINI, J.A., L. SUÑER, y H. KRÜGER. 2005. Dinámica de las formas de fósforo en un haplustol de la región semiárida pampeana durante 13 años de trigo continuo. INTA. RIA, 34(2):13\_31, Argentina.

En: [www.inta.gov.ar\\_archivos](http://www.inta.gov.ar_archivos). Consultado: 28-07-2010.

GALANTINI, J.A. y L. SUÑER. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrop. **AGRISCIENTIA**, VOL. XXV (1): 41-55. ISSN 0327-6244.

GARIS, M.G. 2006. **Evaluación de los cambios físicos y químicos de los suelos en base a la dinámica de indicadores de calidad**. Trabajo final. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto. Córdoba, Argentina.

GEE, G.W. y J.W. BAUDER.1986. In Methods of Soil Analysis, Part 1, Cap. 15. Sec. Edition.

GRILLO M., L. DE LUCA y G. DIOSMA.1996. Influencia de los sistemas de labranza sobre la microbiología del suelo en cultivos de trigo. **XV° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**: 80. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

HAMPP, E. 2006. Capítulo 11: Materiales coloidales y química de los suelos. En BRICCHI, E. y A. DEGIOANNI. 2006. Sistema suelo. Su origen y propiedades fundamentales. 1ra edición. EFUNARC. Río Cuarto, Argentina. 155-176.

HEREDIA O. S., L. GIUFFRÉ, G. HANSEN y E. D. ARZUAGA. 2008. Efecto de los cambios en el uso de la tierra y el clima sobre las propiedades químicas de los suelos de Gral. Viamonte, Buenos Aires, Argentina. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

IGLESIAS J., J. GALANTINI, S. VENANZI, A. RAUSCH, M. BARREIRO, A. ALBIN, H. KRUGER y M. RIPOLL. 2002. Sistemas de Labranza: Distribución del espacio poroso. EEA Bordenave, INTA. Buenos Aires, Argentina.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. 1986. Cartas de Suelos de la República Argentina. Hoja 3363-28 Canals. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables. Córdoba.

JACKSON, M. L. 1976. Análisis Químico del Suelo. Ed. Omega S.A. Barcelona. España.

KLUTE, A. (ed.) 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Agron. Monograph N° 9 ASA, SSSA. Madison, Wisconsin USA.

KRÜGER, H., R. AGAMENNONI y M. RIPOLL. 2005 a. Siembra directa de trigo en el sur de la región semiárida pampeana. Boletín Técnico N° 14. EEA Hilario Ascasubi. Buenos Aires.

En: <http://www.inta.gov.ar/ascasubi/info/documentos/prveg/msyc/cereal/directasecano.pdf>  
Consultado: 03-08-2010.

KRÜGER, H., S. VENANZI y E. SA PEREIRA. 2005 b. Efecto del pisoteo por animales en planteos de siembra directa.27-29. En: Indicadores de calidad física de suelos. INTA. Boletín técnico número 4.EEA General Villegas. Buenos Aires.

MANSO M.L., H. FORJÁN, G.A. STUDDERT, M. ZAMORA y R. BERGH. 2008. Evolución de variables físicas bajo dos sistemas de labranza. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

MARCOS, J. 2001. Material de apoyo didáctico para el curso de grado: Sistema suelo-planta. Agua en el suelo Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

MARTÍNEZ UNCAL, M.C., S. AIMAR, H.M. MARTINEZ y R. HEVIA. 2006. Estudio de Materia orgánica y Estabilidad en un Haplustol del Caldenal, con distintos manejos. **XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Salta, Argentina.

MICUCCI, F.G., TABOADA, M.A. y GIL, R. El agua en la producción de cultivos extensivos: el suelo como un gran reservorio eficiente.

En:<http://www.elsitioagricola.com/articulos/micucci/ElAguaEnLaProduccionDeCultivosExtensivos-I.pdf> Consultado: 03-08-2010.

MORENO, I. S. 2000. **La materia orgánica y el uso de los suelos. Su impacto sobre propiedades físicas.** Universidad Nacional del Sur. Magíster en Ciencias del suelo. Bahía Blanca. Argentina.

OSTINELLI, M. y H. VIVAS. 1996. Efecto de distintos sistemas de labranza sobre la fracción liviana de la materia orgánica en la capa superficial del suelo. Su relación con la materia orgánica total. **XV° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo:** 137. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

OSTINELLI, M. y D. CARREIRA. 1998. Encalado de argiudoles de La Pampa Húmeda. Y-efecto sobre la fracción orgánica. **XVI° Congreso Argentino de la ciencia del suelo.** Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

PALMA, R. M., N.M. ARRIGO y M.E. CONTI. 1997. Siembra Directa y Labranza Convencional: cambios que produce a largo plazo la fertilización sobre las fracciones de carbono y nitrógeno del suelo. **Revista Facultad de Agronomía.** 17 (3): 313-317.

PÉREZ DE CORCHO FUENTES, J. S. 2010. Manejo sostenible de suelos. Facultad de Ingeniería. Universidad de Ciego de Avila Carretera a Morón. Km. 9. Ciego de Avila. CP 69450. Cuba.

En: <http://www.monografias.com/trabajos15/manejo-de-suelos/manejo-de-suelos.shtml> Consultado: 10-11-10.

PICCOLO, A. y MBAGWU. 1998. Plant and soil. **XVI° Congreso Argentino de la ciencia del suelo.** 123: 27-37. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

PORTA, J., M. LÓPEZ-ACEVEDO y C. ROQUERO. 1994. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. 1<sup>ra</sup> edición. Mundi-Prensa 28001 Madrid. España. 849.

PORTA, J., M. LÓPEZ-ACEVEDO y C. ROQUERO. 1999. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. 2<sup>da</sup> edición. Mundi-Prensa 28001 Madrid. España. 849.

QUIROGA, A. y A. BONO. 2008. Manual de fertilidad y evaluación de suelos, EEA INTA Anguil.

En: <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/publicaciones/pdf/publi71.pdf> Consultado: 14-04-2010.

QUIROGA, A., D. FUNARO y O. ORMEÑO. 2010. Indicadores de calidad de suelos. Aspectos a tener en cuenta en molisoles de la Región semiárida pampeana. EEA Anguil INTA. Facultad de Agronomía UNLPam. CREA Oeste Arenoso.

En: <http://www.uatl.utn.edu.ar/Indicadores%20de%20Suelo.doc> Consultado: 28-07-2010.

RAGONESSE, A.E. 1967. Vegetación y ganadería de la República Argentina. Colección científica del INTA.

RICHARDS, L. A. 1965. Physical conditions of water in soil. En: Black, C. A (Ed). Methods of soil analysis. Part I. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.

RIVERO, E. y G. CRUZATE. 2008. Materia orgánica, nitrógeno y fósforo: mapas de contenido y disponibilidad en distintos suelos de la República Argentina. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. San Luis, Argentina.

RHOADES, J.D. 1982. Cation exchange capacity. In Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.

SZABOLCS, I. 1994. The concept of soil resilience p. 33-40. In D.J. Greenland e I. Szabolcs (ed.) Soil resilience and sustainable land use. CAB Int. Wallingford. Oxon. England.

TABOADA, A.M. y C.R. ÁLVAREZ. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da edición. Editorial Facultad de Agronomía.UBA. Buenos Aires, Argentina.

THOMAS, G.W. 1982. Exchangeable cations. In Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.

URRICARIET, S y R.S. LAVADO. 1999. INDICADORES DE DETERIORO EN SUELOS DE LA PAMPA ONDULADA. Ciencia del suelo 17 (1). Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

En:[http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_17n1/ciencia\\_del\\_suelo\\_17\\_1\\_37\\_44.pdf](http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_17n1/ciencia_del_suelo_17_1_37_44.pdf)  
Consultado: 30-07-2010.

VERRI, J.L. 2004. Efecto del Uso y del Manejo sobre la materia orgánica total y sus fracciones en un Hapludol típico. Trabajo final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. FAV. UNRC, Argentina.

WALKLEY, A. y L.A. BLACK.1934. An examination soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method: Soil Science. 37:29-28.

WEBER, E.J., E.J. RUIZ POSSE, V. HAERTEL y M.A. BERLATO. 1996. Sistemas de informaciones geográficas aplicadas a la planificación y gerenciamiento de recursos en la agricultura. **XV° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**: 293. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

WILSON, M.G., H. TASI, N. GARCIARENA, N. INDELÁNGELO y M.C. SASAL. 2007. Indicadores de Calidad de Suelo.

En:[http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/indicadores\\_cal/30222\\_051019\\_in di.htm](http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/indicadores_cal/30222_051019_in di.htm) Consultado: 18-11-10.