



# TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Modalidad: Tesina

**“Materia orgánica total y particulada ante diferentes prácticas de manejo en un Argiudol de Corrientes”**

**Tesista:**

Luisina Oriana GNOATTO GRIGOLATTO

**Director:**

Ing. Agr. (Dr.) Humberto Carlos DALURZO

**Lugar de Realización:**

Estación Experimental Agropecuaria INTA – Corrientes.  
Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos- Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE.

**Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. (Dra.) Carolina, FERNANDEZ LOPEZ  
Ing. Agr. (Dr.) Ramón Jesús, HIDALGO  
Ing. Agr. (M. Sc) Federico Antonio, PAREDES

**2020**

## RESUMEN

Habitualmente los lotes de la zona se encuentran expuestos al sucesivo laboreo convencional, sumado los escasos de rotaciones de cultivos y de prácticas conservacionistas, se refleja una intensa degradación de las propiedades físicas y químicas de los suelos en minifundios de la Provincia de Corrientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar propiedades del suelo como ser densidad aparente (DA), porosidad total (PT), estabilidad de agregados (EA), pH, materia orgánica total (MO), y particulada (MOP), y cobertura (Cob) bajo diferentes sistemas de labranzas y secuencias de cultivos en un ensayo en la E.E.A. INTA–Corrientes, que sean posibles indicadores de calidad de suelo, sobre un Argiudol Ácuico. El diseño experimental fue de parcelas completamente aleatorizadas en arreglo factorial (3 x 4), donde los factores fueron: a) Sistemas de labranzas (SL), con tres niveles: Labranza Convencional (LC), Labranza Reducida (LR) y Siembra Directa (SD); y b) Secuencias de cultivos (SC), con cuatro niveles de rotaciones: (R1) Maíz-Descanso (Mz-D), (R2) Maíz-Avena (Mz - Av), (R3) Maíz-Caupí-Avena (Mz-Ca-Av), (R4) Pastura (Past). Los tratamientos fueron doce, con cuatro repeticiones totalizando 48 unidades experimentales. El tamaño de la parcela fue de 140 m<sup>2</sup>. Los muestreos y determinaciones a campo se realizaron previamente a la instalación de la siguiente campaña agrícola. Se determinaron Cob y Da, en campaña, y el resto de las propiedades en laboratorio. Los datos fueron analizados estadísticamente para determinar diferencias de las variables de suelo entre tratamientos mediante el análisis de la varianza. Las comparaciones de tratamientos se realizaron por la Prueba rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ). En PT solo hubo diferencias significativas en los SL con mayores valores para LC y LR de 0-7 cm de profundidad. La DA registró un aumento ligero de la misma en SD (1,49 g cm<sup>-3</sup>) de 0-7 cm, respecto a LC (1,43 g cm<sup>-3</sup>) y LR (1,41 g cm<sup>-3</sup>). No hubo diferencias estadísticas en pH. La MO fue significativamente mayor en SD con 2,27% que en LR (1,97%) y LC (1,92%). La MOP total y sus fracciones siguieron similar comportamiento en respuesta a las mayores Cob evaluados en SD antes y después de las labranzas. Los contenidos orgánicos del suelo habrían favorecido mayores EA en SD de 0-7 y de 7-20 cm. La EA de la R4 en ambas profundidades con Past fue superior al resto de las rotaciones en ambas profundidades. De 7-20 cm la EA fue mayor bajo Past que la R3 seguida por la R2 y R1. Los mayores cambios ante el efecto de los tratamientos se manifestaron como consecuencia de los SL que bajo las SC. Bajo la Past se halló el mejor desempeño de todos los atributos del suelo evaluados en este trabajo, incluidas la DA y la PT, lo cual confirmó los beneficios que aporta para la recuperación del suelo. La EA manifestó mayores diferencias entre SL y las SC, discriminando las rotaciones evaluadas y reflejó su utilidad en diferenciar prácticas de manejo de suelos y la calidad del suelo, seguida en segunda instancia por la materia orgánica y materia orgánica particulada, resultando indicadores apropiados de la calidad del suelo.

## INTRODUCCIÓN

Los suelos son fundamentales para la vida en la Tierra, pero las presiones humanas sobre el recurso suelo está llegando a límites críticos. Una mayor pérdida de suelos productivos incrementará la volatilidad de precios de los alimentos y potencialmente causará que millones de personas vivan en la pobreza. Esta pérdida es evitable. La gestión cuidadosa del suelo puede incrementar el abastecimiento de alimentos, y provee una herramienta valiosa para la regulación del clima y un camino para salvaguardar los servicios de los ecosistemas. FAO & GTIS (2015).

El suelo constituye un recurso natural no renovable de suma importancia que, al ser destinado a la actividad agrícola sin un adecuado manejo, resulta afectado por la degradación. Las producciones de los cultivos en la mayoría de los países del mundo, hasta 1990 inclusive, se concentraban en la obtención de mayores rendimientos o de retornos económicos, sin considerar las fuentes energéticas ni la sustentabilidad, ignorando los efectos sobre el ambiente. La degradación de los suelos es uno de los principales problemas ambientales que afecta a la humanidad, restringiendo su capacidad productiva y aptitud, disminuyendo en consecuencia las superficies arables y los cultivos a implantar. Daily (1997) calculó que prácticamente la mitad (43%) de la superficie vegetada mundial disminuyó su capacidad de suministrar beneficios a la humanidad, como consecuencia del uso inapropiado de la tierra.

Tradicionalmente la agricultura se ha realizado con sistema de labranza convencional (LC), con uso de arados de rejas y vertederas, o de discos y rastras, generando inversión del pan de tierra; dejando los suelos desprovistos de rastrojos en superficie. Además, el mal uso de estos implementos, al labrar con contenidos de humedad inadecuados y a la misma profundidad genera compactación del suelo. Este hecho, sumado a la gran cantidad de años de agricultura, contribuyó a que muchos suelos hayan sufrido procesos de degradación muy marcados (Venialgo et al., 2005). Se considera que los procesos de degradación física del suelo afectan desfavorablemente las condiciones del mismo, disminuyendo la producción agrícola o provocando mayores demandas de insumos para mantener su productividad (Venialgo et al., 1999).

En la Argentina, tradicionalmente los campos se dedicaban a ganadería y agricultura de manera rotativa, lo que favorecía el mantenimiento de la fertilidad edáfica. Sin embargo, en las últimas décadas, las explotaciones se transformaron casi exclusivamente en sistemas agrícolas. Como resultado de este cambio, se produjeron pérdidas de la calidad de los suelos, principalmente por erosión y disminución en el contenido de materia orgánica, a causa de los laboreos frecuentes (Díaz-Zorita et al., 2004). A principios de la década de 1990 comenzó la difusión de sistemas de labranzas conservacionistas (particularmente la labranza cero o SD) como medida para contrarrestar la erosión del suelo y favorecer la capacidad de retención de agua a través de la cobertura superficial con rastrojos.

Un sistema de manejo de suelo puede considerarse como sustentable cuando mantiene o incrementa su calidad. Doran & Parkin (1994) definieron la calidad de suelo como la capacidad de un suelo a funcionar dentro de los límites del ecosistema para sustentar la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud vegetal y animal. Varias propiedades físicas, químicas y biológicas han sido sugeridas para caracterizar la calidad, las que han sido relacionadas a la productividad del suelo y responden a los cambios en el uso, cobertura vegetal y prácticas agrícolas tales como encalado, fertilización y labranzas (He et al., 2003; Haynes, 2005; Shukla et al., 2006).

El laboreo excesivo y la falta de rotación provocan la degradación física de los suelos, especialmente cuando existen limitaciones para la producción o situaciones con una extensa historia agrícola. Los suelos con agricultura de Corrientes están frecuentemente expuestos a prácticas agresivas que han ocasionado su degradación, como labranzas superficiales, barbechos cortos y baja reposición de nutrientes (Ligier & Kurtz, 2001). Tanto las secuencias de cultivos como el tipo e

intensidad de las labranzas modifican directa e indirectamente las propiedades físicas del suelo (Katsvairo et al., 2002), perturbando la captación y aprovechamiento del agua.

La producción minifundista de la Provincia de Corrientes, influyó en los suelos agrícolas, reflejando una severa degradación de sus propiedades físicas y químicas, acentuándose por tantos años de producción agrícola realizada tradicionalmente con escasa diversificación y sin rotaciones. Ello afectó la calidad del suelo y los rendimientos de los cultivos. El manejo adecuado de los suelos permite limitar y balancear los procesos de degradación, con procesos de producción y evitar pérdidas innecesarias. La transición a sistemas de producción más complejos, que incorporan el cambio de uso de la tierra, rotaciones y la asociación de coberturas de plantas anuales y perennes, requerirá del desarrollo de técnicas de análisis del ecosistema y del suelo que permitan un conocimiento y planeamiento a nivel de procesos (Tiessen, 2003).

La correcta elección de una combinación de rotaciones y labranzas puede ser una herramienta útil para reducir los riesgos de degradación del suelo y para maximizar la producción con el mínimo compromiso para el ambiente. Las interacciones entre los efectos de corto y largo plazo entre rotaciones, labranzas y otras prácticas son tan estrechas y complejas que es generalmente difícil separarlos y analizarlos individualmente. Por esta razón, es preferible analizar los sistemas de cultivo más que las prácticas aisladas, ya que este término las incluye junto con sus interacciones dentro del contexto general del sistema de producción (Studdert & Echeverría, 2000 a). El conocimiento de la dinámica de los parámetros de suelo sensibles al manejo y afectados por distintas rotaciones y sistemas de labranza contribuirá al diagnóstico y a la toma de decisiones respecto a qué prácticas implementar para el logro de una agricultura ambiental, económica y productivamente sustentable.

El principio de la rotación está conforme a la manera en que el cultivo actúa sobre los factores del suelo y el cultivo siguiente, efecto sobre la estructura, exigencia de nutrientes, efectos de sus excreciones radiculares, agotamiento del agua, enfermedades y plagas desarrolladas por el cultivo, el valor económico del mismo que forma parte de una rotación (Primavesi, 1984).

Como solución a la degradación de los suelos se han propuesto diversas alternativas a las prácticas tradicionales de manejo. Entre ellas están la rotación de cultivos, el empleo de variedades adecuadas al nivel tecnológico, la incorporación de cultivos de cobertura, la disminución del número de operaciones de labranza y la siembra sin remoción (Monegat, 1991; Evers & Agostini, 2001; Erenstein, 2003).

Los efectos de las labranzas en las propiedades de los suelos dependen del tipo y frecuencia de las operaciones. Los sistemas convencionales se basan en diferentes labranzas para proveer condiciones a los cultivos, y los sistemas conservacionistas buscan reducir el número de labores o prescindir de ellas, como en la SD.

Los aportes de rastrojos son fundamentales para una agricultura sustentable (Erenstein, 2003). Una estrategia para el ingreso de biomasa al sistema es con la incorporación de cultivos de cobertura (Monegat, 1991; Ligier & Kurtz, 2001). Estas especies no deben competir con los cultivos de renta, acarrear plagas o enfermedades, y producir muchos rastrojos, además de generar beneficios económicos (Snapp et al., 2005). Los aportes de biomasa tanto como la cobertura de suelo contribuyen a atenuar los efectos de la compactación (Hamza & Anderson, 2005) conservando la humedad (Odhiambo & Bomke, 2007). Estos cultivos cumplen una importante función en el ciclo de nutrientes, como nitrógeno a través de su descomposición (Sainju & Singh, 2001) y mejorar los aportes de carbono al suelo (Sainju et al., 2002).

Las labranzas modifican algunas propiedades físicas, como la estructura, la densidad aparente, la distribución de poros, la dinámica del agua y la resistencia a la penetración. Las labranzas agresivas como la labranza convencional (LC) producen la ruptura de macroagregados por acción física directa y originan la pérdida de la materia orgánica (MO) al exponer las fracciones protegidas dentro de éstos (Tisdall & Oades, 1982; Franzluebbers et al., 1995). Según Lal (1982) el

surgimiento de daños causados por la erosión en áreas cultivadas no es más que un síntoma de que fueron empleados métodos de cultivo inadecuados para determinada área y su ecosistema.

Existe información con resultados dispares respecto al efecto de los distintos implementos de labranza sobre las propiedades del suelo. El método de labranza puede afectar o no la compactación del suelo. Numerosos autores hallaron valores superiores de densidad aparente, en suelos bajo SD, comparado con suelos bajo labranza reducida (LR) o LC (Ferrerías et al. 2000; Vidal Costa, 1998). Mientras que otros autores no hallaron diferencias entre estos sistemas de labranzas o bien la densidad aparente fue menor bajo suelos con residuos en superficie (Sánchez & García, 1998).

Abril et al. (2005) encontraron que los suelos de la región semiárida central de la Argentina, bajo SD, presentaban mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno total que aquéllos bajo labranza conservacionista, incrementándose las diferencias observadas con el tiempo.

Las labranzas y el manejo de los rastrojos juegan un rol crucial en el uso sustentable del suelo y del agua debido a sus efectos sobre la mayoría de los indicadores de sustentabilidad (Lal, 1991; Lattanzi, 1998). La disminución de las labranzas contribuye a conservar la continuidad de los macroporos, permitiendo la transferencia de fluidos (agua y aire), facilitando de esta manera el crecimiento de las raíces y la actividad de los microorganismos (Porta et al., 1999).

Debido a que los procesos de descomposición son llevados a cabo por los microorganismos edáficos, las propiedades biológicas del suelo resultan de importancia fundamental para el entendimiento de las modificaciones que se producen a causa de la deposición superficial de los residuos. Cualquier decisión de manejo que tienda a alterar la dinámica de las fracciones más lábiles de la materia orgánica, tendrá incidencia sobre el ambiente físico, químico y bioquímico del suelo (Studdert & Echeverría, 2000b). La SD aumenta la estratificación en el perfil de la actividad enzimática probablemente debido a la distribución de los residuos orgánicos y a la actividad microbiana. La LC no produce esta estratificación debido a la mezcla de suelo durante la labranza (Green & Stott, 2007).

La mayoría de los trabajos sobre SD en la Argentina han sido realizados en la Región Pampeana (Crespo et al., 2001; Fabrizio et al., 2003; Ferraro et al., 2003; Díaz-Zorita et al., 2004) y son escasas las referencias para la zona nordeste del país.

El Proyecto Regional de pequeños y medianos productores durante los años 2005-2008 generó información acerca de diferentes prácticas agronómicas y del equipamiento disponible en base a adecuación de planteos productivos desarrollados con anterioridad (Bogado et al., 2006; Paredes & Bogado, 2008).

## **HIPÓTESIS:**

- Los sistemas de labranzas y rotaciones de cultivos, inciden directamente en los atributos del suelo y en la calidad de un Argiudol de Corrientes.
- El sistema de labranza convencional disminuye la materia orgánica total y particulada al afectar la cobertura vegetal e incrementar las condiciones que favorecen la descomposición de los rastrojos en condiciones subtropicales de elevada humedad y temperatura.
- La modificación de la materia orgánica del suelo y los efectos de remoción por el laboreo convencional producirán aumentos de la densidad aparente en profundidad.
- El empleo de la siembra directa, sin remoción del suelo, aumentaría la densidad aparente en superficie.

## **OBJETIVOS:**

### **Objetivo General:**

- Evaluar la influencia de prácticas de manejo del suelo, como sistemas de labranzas y rotaciones de cultivos, sobre algunas propiedades del suelo como posibles indicadores de calidad en un Argiudol de Corrientes.

### **Objetivos Específicos:**

- Establecer la dinámica de los contenidos orgánicos del suelo ante diferentes sistemas de labranzas del suelo y secuencias de cultivos empleados en las rotaciones en Argiudoles Ácuicos.
- Evaluar la densificación, la porosidad y los contenidos orgánicos del suelo como posibles indicadores de calidad del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo se empleó un ensayo de larga duración iniciado en el año 2007 en la Estación Experimental del INTA - El Sombrerito (latitud 27° 40' 45.24" S; longitud 58° 46' 04.44" W), sobre un suelo perteneciente a la Serie Treviño, clasificado como Argiudol Ácuico de familia Mixta Hipertérmica (Escobar et al., 1996). La toma de muestras se realizó al momento de haber finalizado la cosecha del doceavo ciclo de producción y al comienzo de la preparación del suelo del siguiente año productivo.

**Tabla 1. Datos del perfil de la Serie Treviño (Escobar et al., 1996).**

| HZTE. | PROF.<br>cm. | GRANULOMETRIA |         |      |      |        |     | CATIONES DE CAMBIO |     |     |     |     |      |     |     |
|-------|--------------|---------------|---------|------|------|--------|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
|       |              | M.O.          | Arena   |      |      |        | pH  | Ca                 | Mg  | K   | Na  | H   | T    | S/T | PSI |
|       |              | .....%        | Arcilla | Limo | Fina | Gruesa |     |                    |     |     |     |     |      |     |     |
|       |              |               |         |      |      |        |     |                    |     |     |     |     |      |     |     |
| A1    | 0/17         | 1,72          | 11,6    | 21,5 | 64,7 | 2,2    | 5,6 | 3,5                | 2,9 | 0,1 | 0,3 | 1,0 | 6,8  | 100 | 3,8 |
| A2    | 17/30        | 1,09          | 13,7    | 21,4 | 63,1 | 1,8    | 5,8 | 5,7                | 2,4 | 0,1 | 0,4 | 1,0 | 7,3  | 100 | 4,1 |
| BAt   | 30/39        | 1,16          | 20,0    | 22,3 | 55,4 | 2,3    | 6,0 | 8,9                | 2,9 | 0,1 | 0,5 | 2,6 | 13,9 | 89  | 3,3 |
| Bt1   | 39/66        | 0,90          | 32,6    | 16,1 | 49,6 | 1,7    | 6,3 | 13,9               | 3,9 | 0,2 | 0,8 | 3,2 | 20,2 | 93  | 3,6 |
| Bt2   | 66/87        | 0,66          | 32,9    | 16,6 | 48,4 | 2,1    | 7,0 | 14,6               | 4,0 | 0,3 | 0,7 | 1,4 | 20,8 | 94  | 3,3 |
| Btk   | 87/+         | 0,28          | 30,5    | 16,6 | 51,4 | 1,5    | 7,4 | 14,2               | 4,1 | 0,3 | 0,7 | 1,5 | 18,6 | 100 | 3,3 |

Referencias: MO: materia orgánica, Ca: calcio, Mg: magnesio, K: potasio, Na: sodio, S: suma bases intercambiables; H: acidez intercambiable; T: capacidad de intercambio catiónico (suma de S y H); S/T= (V): porcentaje de bases cambiables, cociente entre bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico; PSI: porcentaje de sodio intercambiable, cociente entre sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico.

### Diseño experimental y tratamientos

El diseño utilizado fue en parcelas completamente aleatorizadas (DCA) en un arreglo factorial (3 x 4), donde los factores fueron: a) Sistemas de labranzas, con tres niveles: Labranza Convencional (LC), Labranza Reducida (LR) y Siembra Directa (SD); y b) Secuencias de cultivos, con cuatro niveles de rotaciones. Rotación 1 (R1) con un cultivo por año: Maíz-Descanso (M-D), rotación 2 (R2) con dos cultivos por año: Maíz-Avena (M-Av), rotación (R3) con tres cultivos por año: Maíz-Caupí-Avena (M-Ca-Av) y la rotación 4 (R4) con pastura perenne (Past). Los tratamientos fueron doce (Tabla 2), cada uno con cuatro repeticiones y totalizando 48 unidades experimentales, el tamaño de la parcela que se utilizó fue de 140 m<sup>2</sup>.

**Tabla 2. Tratamientos realizados**

| Sistemas de labranzas      | Secuencias de cultivos | Tratamientos   |
|----------------------------|------------------------|----------------|
| Labranza convencional (LC) | Maiz-Descanso          | LC-M-D (1)     |
|                            | Maiz-Descanso- Avena   | LC-M-D-Av (2)  |
|                            | Maiz -Caupí-Avena      | LC-M-C-Av (3)  |
|                            | Pastura                | LC-PC (4)      |
| Labranza Reducida (LR)     | Maiz-Descanso          | LR-M-D (5)     |
|                            | Maiz-Descanso- Avena   | LR-M-D-Av (6)  |
|                            | Maiz -Caupí-Avena      | LR-M-C-Av (7)  |
|                            | Pastura                | LR-PC (8)      |
| Siembra Directa (SD)       | Maiz-Descanso          | SD-M-D (9)     |
|                            | Maiz-Descanso- Avena   | SD-M-D-Av (10) |
|                            | Maiz -Caupí-Avena      | SD-M-C-Av (11) |
|                            | Pastura                | SD-PC (12)     |

Referencias: Labranza Convencional (LC), Labranza Reducida (LR), Siembra Directa (SD), (M) Maíz, (D) Descanso, (Av) Avena, (Past) Pastura perenne.

## Manejo y seguimiento del experimento

Los sistemas de labranzas que se emplearon fueron:

- **Labranza convencional (LC):** Se preparó el suelo previo a la siembra de los mismos con remoción e incorporación de rastrojos por método mecánico, para ello se utilizó una rastra de disco de tiro excéntrico, realizando cuatro pasadas y además una rastra de dientes para la preparación de la cama de siembra.
- **Labranza reducida (LR):** La operación de labranza consistió en la semi- incorporación de rastrojos del cultivo, dejando parte de los mismos en superficie. Esta labor se realizó con dos pasadas sucesivas con una rastra de discos.
- **Siembra Directa (SD):** El manejo de las malezas se realizó con herbicidas dejando los rastrojos en superficie.

Los cultivos que se emplearon fueron:

- **Maíz amarillo (*Zea mays* L.).** Época de siembra: primera quincena de septiembre. Densidad: 12 kg de semilla ha<sup>-1</sup>. Espaciamiento: 0,7 m entre líneas.



- **Avena negra** (*Avena strigosa* L.), variedad avena negra. Época de siembra: primera quincena de mayo, al voleo con una densidad de 80 kg de semilla ha<sup>-1</sup>.
- **Caupí** (*Vigna unguiculata* L.), Época de siembra: primera quincena de noviembre. Densidad de siembra 60.000 semillas ha<sup>-1</sup>. Espaciamiento: 0,7 m entre líneas.
- **Pasto Cambá** (*Paspalum atratum*) sembrado en líneas, la segunda quincena del mes de septiembre.

Para la siembra de los cultivos se utilizó una sembradora de grano grueso de 4 hileras. La aplicación de herbicidas se realizó con mochila pulverizadora.

### Tareas de Campaña:

Luego de la cosecha de la avena, se tomaron en cada parcela, dos muestras compuestas de suelo (de tres submuestras cada una) a dos profundidades: 0-7 y de 7-20 cm en cada extremo de las parcelas. En forma simultánea se realizaron las siguientes actividades:

**Densidad aparente:** para su determinación se utilizó el método del cilindro (Pla, 1983). Se tomaron dos muestras por parcela y profundidad (0-7 cm y 7-20 cm). Para la toma de muestras se usaron cilindros de 99,52 cm<sup>3</sup>, conectado a dos piezas ensambladas a cada extremo, y al extraerlos del suelo se los emparejó sus extremos llevándolos a laboratorio para tomar el peso seco de los mismos. En total se tomaron 192 muestras.

**Cobertura:** para su determinación se tomaron 2 imágenes digitales por parcela, a cada extremo de las mismas, con una cámara de 13 megapíxeles con apertura f/2.0. Las imágenes fueron tomadas a 1 m (con ayuda de un soporte) y una superficie de referencia (círculo de acero de 52 cm<sup>2</sup> de diámetro). Dichas imágenes fueron analizadas mediante el software ColCab v2.0 (Ferrari et al., 2009), que se basa en técnicas de contraste de color para calcular el porcentaje de superficie cubierta dentro del área analizada. Los resultados se expresan en porcentaje siendo 100% un suelo totalmente cubierto. En total se han analizado 96 imágenes en pre-labranza y 96 en post-labranza.

### Tareas de laboratorio:

En el laboratorio las muestras de suelo fueron acondicionadas (secas al aire, molidas y tamizadas) para ser sometidas a los siguientes análisis:

**Densidad de partículas:** Método del Picnómetro con empleo de vacío. (Blake & Hartge, 1986 cit. en Klute, 1986), determinándose la masa y el volumen de los sólidos del suelo a través de un picnómetro (o matraz aforado de 50 cm<sup>3</sup>). Se tara un picnómetro vacío y seco. Se agrega muestra seca al aire aproximadamente 1 cm de espesor. Se corrige la humedad de la muestra. Se le agrega agua hasta 1/3 de su capacidad, se coloca en un desecador y se hace vacío durante 2 horas para eliminar todo el aire que esté ocupando los poros de la muestra. Se llena totalmente con agua y se tapa y se pesa nuevamente. Se llena de agua destilada a 20°C y se pesa emplea la siguiente fórmula:

$$Dr(g\text{ cm}^{-3}) = \frac{(PS - T) \times f_{c2}}{(50 + T) - [(PS + H_2O) - (PS \times f_{c2})]}$$

Donde:

T: Peso del picnómetro vacío y seco.

T+PS: Peso del picnómetro con la muestra de suelo seco al aire.

fc2: factor de corrección de humedad de la muestra.

PS: Peso del suelo seco a estufa (T+PS)-T.

PS+H<sub>2</sub>O: Peso del picnómetro con la muestra de suelo y agua.

50+T: Volumen del picnómetro, más el peso del picnómetro vacío.

**Porosidad total:** se la obtuvo por cálculo sobre la base de los datos que se determinaron de densidad aparente y de partículas. Los poros en el suelo se distinguen en macro y microporos, los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, sometida por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares.

**Estabilidad de agregados:** Método de Kemper y Rosenau (1986) cit. en Klute, 1986. Para su determinación se usaron agregados mayores de 3,36 mm, humedecidos previamente por capilaridad. Se emplearon tamices de 0,5 mm, colocados en un equipo para la medición de estabilidad, el cual realiza movimientos oscilatorios ascendentes, cuya longitud del recorrido de los tamices fue de 13 mm, con una frecuencia de 35 veces por minuto. El recorrido de estos fue siempre dentro del agua, durante 5 minutos. Los agregados que soportaron el tamizado fueron secados a estufa a 105 °C por 24 hs y luego pesados. Seguidamente se cubrieron estos agregados con OHNa 0,5 N, se dispersaron los agregados con varilla de vidrio y se pasaron nuevamente por los filtros. El remanente retenido se lo colocó nuevamente en el pesafiltro correspondiente y se llevó a estufa por 24 hs a 105 °C, luego fueron pesados para obtener el valor de su fracción de arena y hacer las correcciones por este factor.

**pH:** se lo determinó potenciométricamente en relación 1:2,5 en KCl 0,1 M. (Dewis & Feitas, 1970). Para su determinación se pesaron 10 g de suelo en recipientes y se agregaron 25 cm<sup>3</sup> de KCl, se mezcló con varilla de vidrio con reposo de 30 minutos.

**Materia orgánica:** Método de Walkley y Black modificado. (Nelson & Sommers, 1996 cit. en Page, 1982). Se tomaron 0,30 g de suelo, pasado previamente por un tamiz de 1 mm. Luego se añadieron por medio de una pipeta 2,5 ml de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1N sobre el suelo, mezclando ambos mediante un movimiento de giro imprimido al matraz. Se añaden seguidamente 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y se sigue mezclando mediante un giro suave durante 1 minuto para asegurar el contacto íntimo del reactivo con el suelo, con cuidado para evitar que el suelo quede adherido a las paredes del matraz fuera del contacto con el reactivo. Se deja la mezcla en reposo durante 30 minutos. Seguidamente se lo diluye con 80 ml de agua destilada y se añaden 5 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85% y 5 ml de difenilparasulfonato de Ba. Se valora la solución por retroceso con reductor "sal de Mohr" agregado gota a gota hasta que el color vire a verde brillante.

**Materia orgánica particulada (MOP).** Método de fraccionamiento físico de Cambardella et al. (1999). Para la determinación de materia orgánica particulada se usó el procedimiento de pérdida por ignición, detallado por Schulte (1988). Para ello, a 30 g de suelo seco al aire se lo dispersó con 90 ml de Hexametáfosfato de sodio (5g L<sup>-1</sup>) y se agitó durante 16 h, pasándolo a través de tamices de 500 y 53 µm para separar dos fracciones de 2 a 0,5 mm (MOPa) y de 0,5 a 0,053 mm (MOPb).

Cada fracción en los tamices se lavó con agua destilada hasta que ésta pasó completamente limpia. El material retenido en dichas mallas fue transferido a pesafiltros de aluminio, secado a 50-55°C y pesado. Luego se lo sometió a 450° C durante 4 h y se pesó nuevamente para su posterior cálculo.

## Tareas de Gabinete:

Los resultados obtenidos se evaluaron para ver si existen diferencias en las variables de suelo entre tratamientos mediante el análisis de variancia. Las comparaciones de las medias de tratamientos se realizaron por la Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P < 0,05$ ) para ello se utilizó el software Statistical Analysis System (SAS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad aparente (DA)

La DA es una de las mediciones más comúnmente usadas para caracterizar las condiciones físicas de los suelos por la aplicación de prácticas de labranza (Strudley et al., 2008).

En la primera profundidad se halló una mayor DA (Tabla 3) en SD con valores de  $1,49 \text{ g cm}^{-3}$  que bajo LC y LR que presentaron valores de  $1,43$  y  $1,41 \text{ g cm}^{-3}$  respectivamente, significativos a un nivel de probabilidad  $P < 0,012$  presentaron con un coeficiente de variación (CV) de 6,74%. Estos resultados obtenidos, a pesar de tratarse de leves incrementos (pero significativos) pero sin afectar los rendimientos coinciden con lo citado por (Vidal & Costa 1998) en donde determinaron que después de cuatro años de aplicación de labranza cero, se observó un incremento en la compactación del suelo, relacionado a los aumentos en la densidad aparente en los primeros centímetros. Igualmente (Steinbach et al., 2006), encontraron que la DA promedio bajo SD fue mayor respecto de las situaciones bajo LC en diferentes suelos de la región pampeana.

Elissondo et al. (2001) observaron que la densidad aparente (DA) era mayor en SD que en Labranza Vertical (LV) los valores fueron inferiores a los niveles críticos. Similares situaciones en DA de 0-7 cm se hallaron en un Arguidol Ácuico de Corrientes al comparar SD con Labranza Convencional (LC) y Reducida (Rey Montoya et al., 2017).

Al comparar las distintas secuencias de cultivos en los 3 sistemas de labranzas, de 0-7 cm de profundidad, los valores fueron de  $1,42 \text{ g cm}^{-3}$  para la rotación con pasturas hasta  $1,46 \text{ g cm}^{-3}$  para la R1 de un cultivo por campaña. Para la profundidad de 7-20 cm fueron de  $1,58 \text{ g cm}^{-3}$  en la R4 a  $1,63 \text{ g cm}^{-3}$  en la R2 sin diferencias significativas entre sí.

De 7 a 20 cm de profundidad no hubo diferencias entre tratamientos y los valores de DA variaron de  $1,61$  a  $1,63 \text{ g cm}^{-3}$ .

**Tabla 3: Análisis de la varianza de la densidad aparente (DA) e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

### Densidad aparente $\text{g cm}^{-3}$ (DA)

| Factor                            | 0-7 cm  | 7-20 cm |
|-----------------------------------|---------|---------|
| Labranza Convencional (LC)        | 1,43 b  | 1,61 ns |
| Labranza Reducida (LR)            | 1,41 b  | 1,61 ns |
| Siembra Directa (SD)              | 1,49 a  | 1,63 ns |
| Rotación de 1 cultivo/año (R1)    | 1,46 ns | 1,62 ns |
| Rotación de 2 cultivos/año (R2)   | 1,45 ns | 1,63 ns |
| Rotación de 3 cultivos/año (R3)   | 1,44 ns | 1,62 ns |
| Rotación con pastura perenne (R4) | 1,42 ns | 1,58 ns |
| Sistemas de Labranza (SL)         | 4,72 *  | 0,69 ns |
| “F” Secuencias                    | 0,57 ns | 1,98 ns |
| SLxSecuencias                     | 1,68 ns | 1,84 ns |
| Coeficiente de variación (Cv)     | 6,74    | 4,50    |
| Número de observaciones (n)       | 96      | 96      |

Referencias: M. maíz; Av: avena negra; C: caupí; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Densidad de partículas:**

Se realizaron determinaciones de densidad de partículas por el método del Picnómetro en muestras de ambas profundidades del ensayo y presentaron un rango de variación de 2,62 a 2,66 g cm<sup>-3</sup> en muestras de 0-7 cm con una media de 2,64 g cm<sup>-3</sup>, y de 7-20 cm alcanzaron valores de 2,63 a 2,66 g cm<sup>-3</sup> con un promedio de 2,645 g cm<sup>-3</sup>. El desvío estándar fue de 0,303 g cm<sup>-3</sup> y el Coef. de Variación de 1,14%. No obstante, estos datos de estadística descriptiva obtenidos, fueron analizados para descartar una posible diferencia, que no fueron obtenidas entre tratamientos, y tampoco entre profundidades consideradas.

### **Porosidad total (PT):**

Al evaluar la PT de los tratamientos de los sistemas de labranzas se halló que la LC y LR presentaron mayores valores (Tabla 4) que la SD que presentó los menores valores con un CV de 8,1% ( $P < 0,01$ ). En el factor Secuencias de cultivos variaron de 44,87% con la R1 hasta 46,23% bajo R4 sin diferencias significativas. Generalmente, los suelos bajo sistemas de producción agrícola intensiva tienden a compactarse, y al reducir su porosidad pierden parte de su potencialidad de producción. Las labranzas buscan por métodos mecánicos romper las capas densas y crear poros que permitan el ingreso de las raíces (Shaxson & Barber, 2005). En cuanto a los valores de % de porosidad que se obtuvieron son semejantes a los obtenidos por (Rawls et al., 1982) en suelos franco arenosos de regiones templadas, en donde menciona que la PT adquiere valores entre 35,1% y 55,5%, con promedio de 45,3%. Estos resultados son concordantes con suelos de texturas más bien gruesas ricos en macroporos, los cuales permiten un rápido pasaje del agua, pero tienen una baja capacidad de retención hídrica, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, y pueden manifestar una escasa aireación, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua.

De 7 a 20 cm de profundidad los valores variaron de 38 al 40% de PT sin diferencias significativas entre tratamientos de labranzas ni de rotaciones de cultivos y con un CV del 7%.

**Tabla 4. Análisis de la varianza de la porosidad total (PT) e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

#### **Porosidad total % (PT)**

| <b>Factor</b>                            | <b>0-7 cm</b>   | <b>7-20 cm</b>  |
|--|-----------------|-----------------|
| <b>Labranza Convencional (LC)</b>        | <b>46,05 a</b>  | <b>39,44 ns</b> |
| <b>Labranza Reducida (LR)</b>            | <b>46,71 a</b>  | <b>39,34 ns</b> |
| <b>Siembra Directa (SD)</b>              | <b>43,93 b</b>  | <b>38,68 ns</b> |
| <b>Rotación de 1 cultivo/año (R1)</b>    | <b>44,87 ns</b> | <b>38,94 ns</b> |
| <b>Rotación de 2 cultivos/año (R2)</b>   | <b>45,46 ns</b> | <b>38,45 ns</b> |
| <b>Rotación de 3 cultivos/año (R3)</b>   | <b>45,77 ns</b> | <b>38,98 ns</b> |
| <b>Rotación con pastura perenne (R4)</b> | <b>46,23 ns</b> | <b>40,33 ns</b> |
| <b>Sistemas de Labranza (SL)</b>         | <b>4,79 *</b>   | <b>0,70 ns</b>  |
| <b>“F” Secuencias</b>                    | <b>0,54 ns</b>  | <b>1,92 ns</b>  |
| <b>SLxSecuencias</b>                     | <b>1,66 ns</b>  | <b>7,87 ns</b>  |
| <b>Coeficiente de variación (Cv)</b>     | <b>8,10</b>     | <b>7,00</b>     |
| <b>Número de observaciones (n)</b>       | <b>96</b>       | <b>96</b>       |

Referencias: M. maíz; Av: avena negra; C caupí; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Estabilidad de agregados (EA):**

La EA fue superior de 0-7 cm bajo SD (81,19%) con diferencias muy marcadas respecto a la LC y la LR (64%), (Tabla 5). En la siguiente profundidad (7-20 cm) se mantuvo la superioridad bajo SD con 69,19% significativamente diferentes ( $P < 0,01$ ) con respecto al resto de las labranzas que alcanzaron un 56% de EA por lo cual esta variable de suelo estuvo muy relacionada al sistema de labranza (Gnoatto Grigolatto et al., 2020a). Similar situación fue obtenida por lo hallado por (Roldán et al., 2014) en donde concluyó que la estabilidad de cada fracción de agregados en los primeros 5 cm de suelo, fueron fuertemente influenciadas por el sistema de labranza, y la mayor estabilidad de los macroagregados en superficie fue bajo SD que con LC.

Con respecto a los tratamientos con diferentes secuencias de cultivos, de 0-7 cm la R4 con pasturas perennes fueron muy superiores (89,16%) al resto de las rotaciones, seguida por la R2 (66,3%) y los valores menores para la R1 60,89% ( $P < 0,006$ ). Una situación intermedia entre las dos últimas resultó la R3 con 63,7%. De 7-20 cm la R4 mantuvo la mejor EA con 70,7%, seguida por la R3 (59,98%) y la menor estabilidad con 55,13% para la R1 ( $P < 0,01$ ). La R2 (57,04%) en una situación intermedia entre las dos últimas (Tabla 5). Como puede evidenciarse el efecto de la pastura con la gran presencia de raíces adventicias contribuyeron en la agregación del suelo y en su aporte de restos orgánicos que habrían sido relevantes para mejorar la estructura del suelo. Otros autores encontraron que el grado de agregación y la estabilidad de los agregados de los suelos están influenciados por su textura y en muchos de ellos, por el contenido de MO (Six et al., 2004; Novelli et al., 2011).

**Tabla 5. Análisis de la varianza de la estabilidad de agregados (EA) e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

| <b>Estabilidad de agregados % (EA)</b>   |                  |                |            |
|--|------------------|----------------|------------|
| <b>Factor</b>                            | <b>0-7 cm</b>    | <b>7-20 cm</b> |            |
| <b>Labranza Convencional (LC)</b>        | <b>64,39 b</b>   | <b>56,53</b>   | <b>b</b>   |
| <b>Labranza Reducida (LR)</b>            | <b>64,45 b</b>   | <b>56,45</b>   | <b>b</b>   |
| <b>Siembra Directa (SD)</b>              | <b>81,19 a</b>   | <b>69,19</b>   | <b>a</b>   |
| <b>Rotación de 1 cultivo/año (R1)</b>    | <b>60,89 c</b>   | <b>55,13</b>   | <b>c</b>   |
| <b>Rotación de 2 cultivos/año (R2)</b>   | <b>66,29 b</b>   | <b>57,03</b>   | <b>bc</b>  |
| <b>Rotación de 3 cultivos/año (R3)</b>   | <b>63,70 bc</b>  | <b>59,98</b>   | <b>b</b>   |
| <b>Rotación con pastura perenne (R4)</b> | <b>89,16 a</b>   | <b>70,74</b>   | <b>a</b>   |
| <b>Sistemas de Labranza (SL)</b>         | <b>31,84 ***</b> | <b>35,56</b>   | <b>***</b> |
| <b>“F” Secuencias</b>                    | <b>42,81 ***</b> | <b>24,09</b>   | <b>***</b> |
| <b>SLxSecuencias</b>                     | <b>3,11 ***</b>  | <b>4,13</b>    | <b>***</b> |
| <b>Coeficiente de variación (CV)</b>     | <b>18,96</b>     | <b>15,47</b>   |            |
| <b>Número de observaciones (n)</b>       | <b>96</b>        | <b>96</b>      |            |

Referencias: M. maíz; Av: avena negra; C caupí; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Reacción del suelo: pH en solución acuosa en relación 1:2,5**

Los valores de pH en agua destilada en relación 1:2,5 se presentan en la Tabla 6, donde de 0-7 cm los valores promedios fueron para la SD de 6,37 y para LR de 6,16. Las rotaciones variaron en la R1 de 6,45 a 6,14 para la R3, pero en ambas situaciones sin diferencias significativas estadísticas. Similares comportamientos se evaluaron en la siguiente profundidad de 7-20 cm para ambos factores sistemas de labranzas y secuencias de cultivos.

**Tabla 6. Análisis de la varianza del pH en relación suelo agua 1:2,5 e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

| pH en solución acuosa 1:2,5       |               | pH      |         |
|-----------------------------------|---------------|---------|---------|
| Factor                            |               | 0-7 cm  | 7-20 cm |
| Labranza Convencional (LC)        |               | 6,28 ab | 6,29 ns |
| Labranza Reducida (LR)            |               | 6,16 b  | 6,16 ns |
| Siembra Directa (SD)              |               | 6,37 a  | 6,31 ns |
| Rotación de 1 cultivo/año (R1)    |               | 6,45 ns | 6,38 ns |
| Rotación de 2 cultivos/año (R2)   |               | 6,23 ns | 6,29 ns |
| Rotación de 3 cultivos/año (R3)   |               | 6,14 ns | 6,16 ns |
| Rotación con pastura perenne (R4) |               | 6,26 ns | 6,17 ns |
| Sistemas de Labranza (SL)         |               | 2,42 ns | 1,90 ns |
| “F”                               | Secuencias    | 2,68 ns | 2,37 ns |
|                                   | SLxSecuencias | 0,62 ns | 0,88 ns |
| Coeficiente de variación (CV)     |               | 6,13    | 5,36    |
| Número de observaciones (n)       |               | 96      | 96      |

Referencias: M. maíz; Av: avena negra; A: algodón; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Reacción del suelo: medidas de pH en solución de KCl 0.1 M en relación 1:2.5**

Para el caso del pH en solución salina de 0 a 7 cm de profundidad los valores fluctuaron de 5,74 para LC a 5,61 en SD y para las secuencias de cultivos: de 5,75 para la R4 a 5,58 para la R2 y no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 7).

Para la profundidad de 7- 20 cm aumentó ligeramente la acidez con valores de 5,58 para LC a 5,46 para la LR y de 5,55 para la rotación R1 a 5,49 en la R3 sin diferencias estadísticas entre tratamientos. El CV fue de 5,83 y 5,36 % en ambas profundidades.



**Tabla 7. Análisis de la varianza del pH en KCl 0,1 M en relación suelo agua 1:2,5 e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

| pH en solución en KCl 0,1 M 1:2,5 |               | pH      |          |
|-----------------------------------|---------------|---------|----------|
| Factor                            |               | 0-7 cm  | 7-20 cm  |
| Labranza Convencional (LC)        |               | 5,74 ns | 5,58 ns  |
| Labranza Reducida (LR)            |               | 5,61 ns | 5,46 ns  |
| Siembra Directa (SD)              |               | 5,65 ns | 5, 50 ns |
| Rotación de 1 cultivo/año (R1)    |               | 5,74 ns | 5,55 ns  |
| Rotación de 2 cultivos/año (R2)   |               | 5,58 ns | 5,53 ns  |
| Rotación de 3 cultivos/año (R3)   |               | 5,61 ns | 5,49 ns  |
| Rotación con pastura perenne (R4) |               | 5,75 ns | 5,49 ns  |
| Sistemas de Labranza (SL)         |               | 1,12 ns | 2,31 ns  |
| “F”                               | Secuencias    | 1,62 ns | 0,35 ns  |
|                                   | SLxSecuencias | 0,08 ns | 1,00 ns  |
| Coeficiente de variación (Cv)     |               | 5,83    | 5,36     |
| Número de observaciones (n)       |               | 96      | 96       |

Referencias: M. maíz; Av: avena negra; A: algodón; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Materia orgánica (MO):**

Al evaluar la MO del suelo se hallaron de 0-7 cm (Tabla 8) mayores valores en SD con 2,27% con respecto a los contenidos bajo LR (1,97%) y LC (1,92%) con diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) con un CV de 11,2%. Similares comportamientos se hallaron por Paredes et al., (2014) en campañas anteriores para el mismo ensayo en SD con 2,1%, respecto a LR y LC con 1,51 y 1,69% con diferencias significativas para muestras de 0-5 cm de superficie ( $P < 0,005$ ), donde revelaron mayores contenidos orgánicos estratificados al reducir la profundidad del muestreo. En años posteriores en muestras de 0-7 cm de profundidad se hallaron mayores contenidos en SD respecto a las otras labranzas evaluadas, pero sin diferencias significativas.

Al inicio del ensayo se partieron de valores iniciales de MO de 1,74 y para el séptimo año de evaluaciones se arribaron a valores que fluctuaron de 1,93 a 2% de MO sin diferencias significativas (Dalurzo et al., 2016).

Para un buen funcionamiento del sistema, debe haber un retorno continuo de materia orgánica o un cultivo protector. La SD es un sistema de labranza que busca conservar la materia orgánica del suelo en superficie y colaborar en la formación de una buena estructuración (Primavesi, 1984).

Al contrastar las secuencias de cultivos se hallaron mayores contenidos en R4 por el efecto de del aporte de las raíces del pasto cambá con estratificación de la MO (2,28%), que fue seguido por las R1 y R2 con la misma respuesta (2,03 y 2,00 respectivamente) y superiores a la R3 (1,89%).

Los datos presentados en la Tabla 8 con la rotación con la pastura mejoraron los niveles de MO. Otros autores expresaron la importancia de intercalar campañas agrícolas con pasturas para recuperar los contenidos de MO. Álvarez (2001) y Lavado (2006) expresaron que la intensificación de la actividad agrícola y la falta de rotaciones con pasturas produjeron un deterioro de los niveles de MO, dependiendo del tipo de suelo y textura, llegando al 50 % de sus niveles originales.

Para la segunda profundidad de 7-20 cm no se registraron diferencias entre sistemas de labranzas ni secuencias de cultivos.

**Tabla 8: Análisis de la varianza de la materia orgánica (MO) e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

| Materia orgánica % (MO)           |                           | MO (%)    |         |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| Factor                            |                           | 0-7 cm    | 7-20 cm |
| Labranza Convencional (LC)        |                           | 1,92 b    | 1,59 ns |
| Labranza Reducida (LR)            |                           | 1,97 b    | 1,60 ns |
| Siembra Directa (SD)              |                           | 2,27 a    | 1,56 ns |
| Rotación de 1 cultivo/año (R1)    |                           | 2,03 b    | 1,63 ns |
| Rotación de 2 cultivos/año (R2)   |                           | 2,00 b    | 1,59 ns |
| Rotación de 3 cultivos/año (R3)   |                           | 1,89 c    | 1,60 ns |
| Rotación con pastura perenne (R4) |                           | 2,28 a    | 1,57 ns |
| “F”                               | Sistemas de Labranza (SL) | 42,76 *** | 0,80 ns |
|                                   | Secuencias                | 23,43 *** | 1,99 ns |
|                                   | SLxSecuencias             | 6,58 ***  | 1,83 ns |
| Coeficiente de variación (CV)     |                           | 11,20     | 12,09   |
| Número de observaciones (n)       |                           | 96        | 96      |

Referencias: M: maíz; Av: avena negra; Caupí; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Materia orgánica particulada (MOP):**

Los valores de MOPa del suelo a 0-7 cm (Tabla 9) mostraron los mayores valores en SD con 2,30 mg g<sup>-1</sup> con respecto a los contenidos bajo LR (1,79 mg g<sup>-1</sup>) y LC (1,60 mg g<sup>-1</sup>) con diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) con un CV de 42,52%. No se presentó diferencias significativas en los sistemas de labranza en la segunda profundidad.

Comparando las secuencias de cultivos en MOPa se hallaron mayores contenidos en R4 debido al sistema radicular fasciculada de las pasturas perennes, no hubo diferencia significativa en la primera profundidad, pero si hubo en la segunda profundidad de 7-20 cm con MOPa de R4 (0,80 mg g<sup>-1</sup>) comparativamente mayor a las demás rotaciones.

En cuanto a la materia orgánica particulada fina (MOPb) (Tabla 9) en los sistemas de labranzas se observaron diferencias significativas en la primera profundidad en el tratamiento de SD con 3,04 mg g<sup>-1</sup> comparativamente con LC (2,29 mg g<sup>-1</sup>) y LR (2,33 mg g<sup>-1</sup>). En la profundidad de 7-20 cm no se hallaron diferencias en los contenidos de MOPb del suelo. Analizando la secuencia de cultivos se obtuvieron los mayores valores en la rotación R4 existiendo diferencias significativas en la primera profundidad con 3,19 mg g<sup>-1</sup> como en la segunda profundidad con 1,32 mg g<sup>-1</sup> que superó al resto de las rotaciones evaluadas.

Los valores de MOP del suelo en la primera profundidad (Tabla 9) mostraron los mayores valores en SD con 5,33 mg g<sup>-1</sup> con respecto a los contenidos bajo LR (4,12 mg g<sup>-1</sup>) y LC (3,95 mg g<sup>-1</sup>) con diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) con un CV de 27,06%. En la segunda profundidad de 7-20 cm no se obtuvieron diferencias significativas (Gnoatto Grigolatto et al., 2020b).

Los resultados obtenidos en las secuencias de cultivos mostraron diferencias significativas en la primera profundidad en la rotación R4 con 5,33 mg g<sup>-1</sup> superando a R1 (4,15 mg g<sup>-1</sup>), R2 (4,38 mg g<sup>-1</sup>) y R3 (4,00 mg g<sup>-1</sup>) y en la segunda profundidad presentó diferencias con los mayores valores en la R4 con 2,12 mg g<sup>-1</sup> con respecto a las demás rotaciones relacionados al aporte de raíces fibrosas,



típicas de las gramíneas como el pasto cambá y a la falta de remoción del suelo durante los años de instalación de la pastura perenne, en concordancia con el comportamiento de la MOP del suelo.

**Tabla 9: Análisis de la varianza de la materia orgánica particulada total y de las fracciones gruesas (2 a 0,5 mm MOPa) y fina (0,5 a 0,05 mm) e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

| <b>Materia orgánica particulada</b>      |   |                |  |                |  |                |
|--|---|----------------|--|----------------|--|----------------|
| <b>Factor</b>                            | <b>Materia orgánica particulada gruesa (MOPa) de 2 a 0,5 mm</b> |                | <b>Materia orgánica particulada fina (MOPb) de 0,5 a 0,05 mm</b> |                | <b>Materia orgánica particulada total (MOP) de 2 a 0,05 mm</b> |                |
|  | <b>0-7 cm</b>   | <b>7-20 cm</b> | <b>0-7 cm</b>  | <b>7-20 cm</b> | <b>0-7 cm</b>  | <b>7-20 cm</b> |
| <b>Labranza Convencional (LC)</b>        | 1,60 b  | 0,64 a         | 2,29 b   | 1,15 a         | 3,95 b   | 1,76 a         |
| <b>Labranza Reducida (LR)</b>            | 1,79 b  | 0,69 a         | 2,33 b   | 1,14 a         | 4,12 b   | 1,84 a         |
| <b>Siembra Directa (SD)</b>              | 2,30 a  | 0,60 a         | 3,04 a   | 1,13 a         | 5,33 a   | 1,72 a         |
| <b>Rotación de 1 cultivo/año (R1)</b>    | 1,84 a  | 0,61 b         | 2,31 b   | 1,14 b         | 4,15 b   | 1,76 b         |
| <b>Rotación de 2 cultivos/año (R2)</b>   | 1,92 a  | 0,55 b         | 2,45 b   | 1,07 b         | 4,38 b   | 1,62 b         |
| <b>Rotación de 3 cultivos/año (R3)</b>   | 1,75 a  | 0,60 b         | 2,27 b   | 1,03 b         | 4,00 b   | 1,59 b         |
| <b>Rotación con pastura perenne (R4)</b> | 2,08 a  | 0,80 a         | 3,19 a   | 1,32 a         | 5,33 a   | 2,12 a         |
| <b>Sistemas de Labranza (SL)</b>         | 6,35 ***  | 1,09 ns        | 14,5 ***   | 0,06 ns        | 12,5 ***   | 0,46 ns        |
| <b>“F” Secuencias</b>                    | 0,74 ns   | 3,92 *         | 11,2 ***   | 5,00 ***       | 5,89 ***   | 5,94 ***       |
| <b>SLxSecuencias</b>                     | 2,28 *  | 1,14 ns        | 5,88 ***   | 1,76 ns        | 5,34 ***   | 1,23 ns        |
| <b>Coeficiente de variación (CV)</b>     | 42,5  | 41,7           | 24,6   | 24,9           | 27,06  | 27,1           |
| <b>Número de observaciones (n)</b>       | 96  | 96             | 96   | 96             | 96   | 96             |

Referencias: M: maíz; Av: avena negra; Caupí; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

### **Cobertura (Cob):**

Las coberturas del suelo en condiciones de pre laboreo del suelo mostraron 65,37% de protección del suelo bajo SD que superó al resto de los sistemas de labranzas, ( $P < 0,0002$ ) con un CV del 18,37%, relacionado a la falta de roturación del suelo y dejar la cubierta vegetal en pie. Entre LC (54,33%) y LR (56,30%) no hubo diferencias entre sí y por el laboreo se redujo la cobertura antes del inicio de la campaña agrícola, pero cubriendo suficientemente el suelo y cumpliendo su función de protección al mismo.

Estas diferencias en la cobertura del suelo se condicen con los contenidos de MO y MOPb y MOP encontrados en los sistemas de labranzas evaluados donde la falta de remoción del suelo dejando mayor cobertura mejoró los contenidos orgánicos del suelo. Otros autores encontraron que las labranzas y el manejo de los rastrojos y el uso del suelo influyeron en sus efectos sobre los indicadores de sustentabilidad (Lal, 1991; Lattanzi, 1998). En concordancia con esto la falta de perturbación del suelo y la cobertura superficial produjeron cambios en los procesos de descomposición de los residuos de cosecha, principalmente los relacionados con la acumulación de C orgánico total (COT) (Kladivko, 2001; Abril, 2002).

En las rotaciones pre laboreo de cultivos el R4 logró cubrir un promedio de 73,36% de la superficie del suelo ( $P < 0,0001$ ), superando a las rotaciones R1, R2 y R3 que no presentaron diferencias entre sí y tuvieron valores promedios de 51,8; 52,3 y 57,2% respectivamente (Tabla 10). Al momento post laboreo la cobertura del suelo mostró diferencias significativas ( $P < 0,0002$ ) con mayores valores para la SD con una cobertura del 45,29% (foto 1) respecto a la LC y la LR que no presentaron diferencias entre sí y variaron entre un 30 al 31% (foto 2 y 3). Para las rotaciones la R4 con 61,1% (foto 4), fue mayor respecto a los tratamientos: R1 con 26,2%; R2 con 26,7% y el R3 con 29,8% presentó el valor más cercano al 40% mencionado por Merrill et al., (2002) quienes estimaron el potencial relativo de erosión en relación al grado de protección de la cobertura superficial respecto a la falta de cobertura.

**Tabla 10. Análisis de la varianza de la Cobertura vegetal en condiciones de Pre laboreo (Cob Pre Lab) y Cobertura vegetal en condiciones de post laboreo (Cob Post Lab) e interacciones entre los factores y medias por sistemas de labranzas (SL) y secuencias de cultivos.**

| Cobertura vegetal en dos condiciones | Pre laboreo<br>(Cob Pre Lab) | Post laboreo<br>(Cob Post Lab) |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Labranza Convencional (LC)           | 54,33 b                      | 31,83 b                        |
| Labranza Reducida (LR)               | 56,30 b                      | 30,72 b                        |
| Siembra Directa (SD)                 | 65,37 a                      | 45,29 a                        |
| Rotación de 1 cultivo/año (R1)       | 51,82 b                      | 26,20 b                        |
| Rotación de 2 cultivos/año (R2)      | 52,28 b                      | 26,72 b                        |
| Rotación de 3 cultivos/año (R3)      | 57,20 b                      | 29,78 b                        |
| Rotación con pastura perenne (R4)    | 73,36 a                      | 61,10 a                        |
| Sistemas de Labranza (SL)            | 9,56 ***                     | 9,65 ***                       |
| “F” Secuencias                       | 21,05 ***                    | 31,24 ***                      |
| SLxSecuencias                        | 1,10 ns                      | 2,22 *                         |
| Coeficiente de variación (Cv)        | 18,37                        | 41,07                          |
| Número de observaciones (n)          | 96                           | 96                             |

Referencias: M: maíz; Av: avena negra; Caupí; D: descanso; n: número de observaciones; CV (%): coeficiente de variación; Letras diferentes en un mismo momento indican diferencias significativas entre niveles mediante la Prueba de Duncan ( $\alpha \leq 0,05$ ); ns: sin diferencias significativas.

## **IMÁGENES REPRESENTATIVAS POST-LABOREO DE SISTEMAS DE LABRANZA**

**FOTO 1: Labranza Convencional**



**FOTO 2: Labranza Reducida**



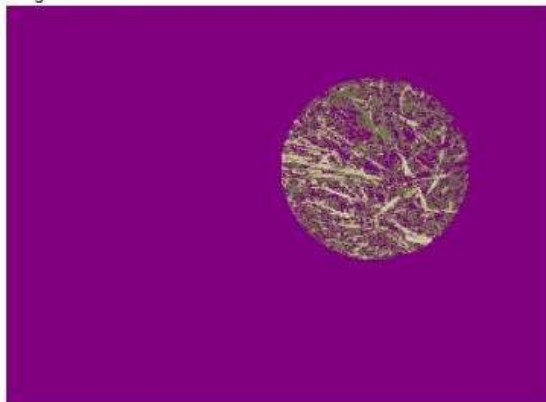
### FOTO 3: Siembra Directa

Porcentaje de cobertura: 69,33%  
Superficie cubierta: 1.707,54cm<sup>2</sup>  
Fecha de proceso: 28/7/2020 19:33:44

Imagen original



Imagen resultado



CobCat v2.1.0.63

### FOTO 4: Siembra Directa -R4

Porcentaje de cobertura: 91,77%  
Superficie cubierta: 2.260,29cm<sup>2</sup>  
Fecha de proceso: 16/3/2020 12:03:24

Imagen original



Imagen resultado



CobCat v2.1.0.63

## CONCLUSIONES:

- Los mayores cambios ante el efecto de los tratamientos se manifestaron más como consecuencia de los sistemas de labranzas que bajo las secuencias de cultivos.
- La cobertura vegetal del suelo, y con ella, simultáneamente los contenidos de materia orgánica total y la materia orgánica particulada en la profundidad de 0-7 cm y la estabilidad de los agregados en las dos profundidades evaluadas (0-7 y de 7-20 cm), mejoraron bajo la SD con respecto a la LC y la LR.
- La densidad aparente del suelo presentó un ligero aumento en las muestras de superficie (0-7 cm) pero significativas estadísticamente bajo el sistema de SD, y hubo una disminución de la porosidad total de dicho espesor con respecto a los sistemas de labranza con remoción del suelo como la LC y la LR.
- En las secuencias de cultivos la R4 empleando una pastura perenne de *Paspalum atratum* se halló el mejor desempeño en todos los atributos del suelo evaluados en este trabajo, incluidas la densidad aparente y la porosidad total, lo cual confirma sus beneficios para la recuperación del suelo evaluado.
- Respecto a las rotaciones R1, R2 y R3, la variable estabilidad de agregados manifestó mayores diferencias estadísticas entre dichos tratamientos para ambas profundidades estudiadas lo cual refleja su utilidad en diferenciar prácticas de manejos de suelos, seguida en segunda medida por la materia orgánica y materia orgánica particulada resultando indicadores apropiados de la calidad del suelo.



## BIBLIOGRAFÍA:

- Abril A., Salas P., Lovera E., S. Kopp y N. Casado-Murillo. 2005. Efecto acumulativo de la SD sobre algunas características del suelo en la región semiárida central de la Argentina. *Ciencia del Suelo* 23 (2) 179-188.
- Abril, A. 2002. La microbiología del suelo: su relación con la agricultura sustentable [8]. Pp. 129-150. En: SJ Sarandón (ed.). *Agroecología. El Camino hacia una Agricultura Sustentable*. Ediciones Científicas Americanas. La Plata. Argentina. 557pp.
- Aguiar, E. 2019. Procesamiento Imágenes CobCal. *Rev. Avances*. La hoja informativa de la EEA INTA Corrientes. Año VI. N°74. ISSN 2382-5163.
- Álvarez, R. 2001. Estimation of carbon losses by cultivation from soil of the Argentine Pampa using the Century Model. *Soil Use and Management* 17:62-66.
- Blake, G.R. & K.H. Hartge. 1986. Pycnometer Method. p. 377-381. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Bogado, H.R., F.A. Paredes y S.L. Esparza. 2006. Principales Problemas en Sembradoras no Tractorizadas para siembra directa para la Pequeña Agricultura Familiar en la Provincia de Corrientes, Argentina. 233-238. En: Díaz Rossello, R. & C. Rava (eds.) *Aportes de la Ciencia y la Tecnología al Manejo Productivo y Sustentable de los Suelos del Cono Sur*. Montevideo: IICA, PROCISUR. 262 p.
- Cambardella, C. A., A.M. Gajda, J.W. Doran, B.J. Weinhold, and T. Kettler. 1999. Estimation of particulate and total organic matter by weight loss-on-ignition. In R. Lal, J.F. Kimble and R.F. Follet (eds). *Carbon methods*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Castiglioni, M., D. Mazzoni; C.I. Chagas., E. Palacín., O. Santanatoglia & M. Massobrio. 2010. Distribución de Poros en una Ladera de Pampa Ondulada Cultivada con Siembra Directa. *Ci. Suelo* 28(2):243-248.
- Crespo, L., L.I. Picone, Y.E. Andreoli y F.O. García. 2001. Poblaciones microbianas y contenido de carbono y nitrógeno del suelo en sistemas de siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo* 19: 30-38.
- Daily, G.C., 1997. Valuing and safeguarding earth's life-support systems. In: Daily, G.C., Editor. *Nature's Services Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, DC, pp. 365–374.
- Dalurzo, H.C., Paredes, F.A., Fernández López, C. y T.S. Rey Montoya. 2016. Calidad de suelos bajo diferentes sistemas de labranzas y rotaciones. *Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Río Cuarto Córdoba. Argentina.
- Dewis, J. & F. Freitas. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. *Boletín sobre suelos* N°10. FAO. Roma. 36-57 p.
- Díaz-Zorita, M. 1999. Efecto de seis años de labranza en un Hapludol del nordeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 17:31-36.
- Díaz-Zorita, M., Barraco M. y C. Álvarez. 2004. Efectos de doce años de labranzas en un Haplustol del Noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo* 22: 11-18.
- Doran, J. W. and T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality p. 3-21. In J.W. Doran et al (ed.) *Defining soil quality for a sustainable environment*.
- Eiza, M. J., Fioriti N., Studdert G. A. y H. E. Echeverría. 2005. Fracciones de carbono orgánico en la capa arable: efecto de los sistemas de cultivo y de la fertilización nitrogenada. *Ciencia del Suelo* 23 (1) 59-67.
- Elissondo, E., Costa J.L, Suero E., Fabrizio 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): 11-19.
- Erenstein, O. 2003. *Smallholder Conservation Farming in the Tropics and Sub-tropics: A Guide to the Development and Dissemination of Mulching with Crop Residues and Cover Crops*. Agriculture, Ecosystems and Environment 100:17-37.

- Escobar, E. H.; H. D. Ligier; R. Melgar; H. Matteio & O. Vallejos. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes 1:500.000. Ediciones INTA. EEA Corrientes. Argentina, 430 pp.
- Evers, G. & A. Agostini. 2001. No-tillage Farming for Sustainable Land Management: Lessons from the 2000 Brazil Study Tour. FAO - Investment Centre. Occasional Paper Series N° 12. 26 pp.
- Fabrizzi K. P., Morón A. y F. O. García. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded mollisols in Argentina. *Soil Sci Soc Amer J* 67: 1831-1841.
- FAO y GTIS. 2015. Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS) – Resumen Técnico: 12 pp.
- Ferraro D. O., Ghersa C. M. y G. A. Sznajder. 2003. Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. 96: 1-18.
- Ferrari, D. M., O. R. Pozzolo & H. J. Ferrari (2009). CobCal, software para estimación de cobertura vegetal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
- Ferreras, L. A., Costa J.L., García F. O. y C. Pecorari. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampas" of Argentina. *Soil till. Res.* 54:31-39.
- Franzluebbers, A., Hons F. and C. Zuberer. 1995. Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics. *Soil Sci. Soc. Am J.* 59: 1618-1624.
- Gnoatto Grigolatto, L. O., Dellamea, G., Caballero, G., Paredes, F. A., Stahringer, N., Dalurzo, H. C. 2020a. Materia orgánica total ante diferentes prácticas de manejo en un Argiudol Ácuico de Corrientes. Actas de la Jornada Nacional Virtual de Conservación de Suelos 2020. Balcarce, Buenos Aires. Argentina.
- Gnoatto Grigolatto, L. O., Dellamea, G., Caballero, G., Sánchez Petris, M., Trachta, M., Behr, J., Paredes, F. A., Stahringer, N., Dalurzo, H. C. 2020b. Variables de suelo ante diferentes prácticas de manejo en un Argiudol de Corrientes. Actas del XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Corrientes Argentina.
- Green, V. S. and D. E. Stott. 2007. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol Soil Till.Res. Vol 92: 114-121
- Hamza, M. A. & W. K. Anderson. 2005. Soil Compaction in Cropping Systems. A Review of the Nature, Causes and Possible Solutions. *Soil Till. Res.* 82:121-145.
- Steinbach, H. S. y R. Alvarez. 2006. ¿Afecta el sistema de labranza las propiedades físicas de los suelos de la Región Pampeana? Facultad de Agronomía, UBA. Argentina. 6p.
- Haynes R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Advances in Agronomy* 85: 221-268.
- He, Z. L., X. E. Yang, V. C. Baligar and D. V. Calvert. 2003. Microbiological and biochemical indexing systems for assessing quality of acid soils. *Advances in Agronomy* 78: 89-138.
- Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425-441. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods.* ASA and SSSA, Madison, WI.
- Kladivko, E. J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil till. Res.*: 61-76.
- Lal, R., 1991. Tillage and agricultural sustainability. *Soil and Tillage. Research* 20: 133-146.
- Lal, R., 1982: Management of clay soils for erosion control. *Tropical Agric.*, 59 (2), 133 - 138.
- Lattanzi, A., 1998. La siembra directa y la agricultura sustentable En: JL. Panigatti (ed). *Siembra Directa. Secretaria de Agricultura Pesca y Alimentación – INTA*: 29-34.
- Lavado, R., 2006. La región pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: *Materia Orgánica "valor agronómico y dinámica de suelos pampeanos"* (ed. R. Álvarez) Editorial. Facultad de Agronomía, universidad de Buenos Aires. pp.1-12.
- Liebig, M.A., G.E Varvel, J.W. Doran, y B.J. Wienhold. 2002. Crop sequence and nitrogen fertilization effects on soil properties in the western corn belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:596-601.

- Ligier, H. D., y D. B. Kurtz. 2001. Agricultura de Bajos Insumos en Minifundios de Corrientes: Estrategias para una Agricultura Sustentable. Pp. 363:370. En: Siembra Directa II. Panigatti, J. L.; H. Buschiazzi & H. Marelli (eds). Ediciones INTA. Buenos Aires. 377 pp.
- Merrill, S. D., J. M. Krupinsky y D. L. Tanaka. 2002. Soil coverage by residue in diverse crop sequences under No-till. USDA-ARS. Annual Meeting of ASA-CSSA-SSSA IN. USA.
- Monegat, C., 1991. Plantas de Cobertura do Solo: Características e Manejo em Pequenas Propiedades. Chapecó (SC). Ediciones del autor. 337 pp.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers., 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter p. 961-1010. In J.M. Bigham (ed.). Methods of soil analysis Part 3. Chemical Methods. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Novelli, L. E., O. P. Caviglia & R. J. M. Melchiori., 2011. Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma* 167-168: 254-260.
- Odhiambo, J. J. O. & A. A. Bomke., 2007. Cover Crop Effects on Spring Soil Water Content and the Implications for Cover Crop Management in South Coastal British Columbia. *Agric. Water Management J.*
- Page, A. L., R. H. Miller and Keeney., 1982. Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties, Second edition, ASA and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.
- Paredes, F. A. & H. R. Bogado., 2008. Informe Final Actividad N°2: Desarrollo de Tecnologías Agrícolas Sustentables para Pequeños Productores. Proyecto Regional de Pequeños y Medianos Productores de Corrientes. Documento interno.
- Paredes, F. A. 2013. Sistemas de labranzas y secuencia de cultivos sobre propiedades físicas de suelos de Corrientes. Tesis de Magister Scientiae. Escuela Para Graduados. Universidad de Buenos Aires. 171 pp.
- Paredes, F. A., M. G. Tellería, y H. C. Dalurzo. 2014. Carbono orgánico y sustancias húmicas de un Argiudol Hipertérmico bajo diferentes manejos. Actas del XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas".
- Pla Sentís I. & F. Ovalles. 1993. Efectos de los sistemas de labranza en la degradación y productividad de los suelos. FONAIAP.35p.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Publ. Rev. Agron. Alcances N°32. Maracay (Venezuela). 90 pág.
- Porta, J. M., M. Lopez-Acevedo & C. Roquero.1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. España, 849 pág.
- Primavesi, A. 1984. Manejo Ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. El Ateneo Ed. Buenos Aires. 499 pp.
- Rawls, W. J., D. L. Brakensiek & K.E. Saxton. 1982. Estimation of Soil Water Properties. T ASAE 25(5):1316-1320 y 1328.
- Rey Montoya, T. S., F. A. Paredes, H. C. Dalurzo, C. Fernández López, R. M. Kersting. 2017. Propiedades físicas de un Argiudol Ácuico bajo diferentes sistemas de manejo. Ciencia del Suelo. Buenos Aires: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. vol.35 n°1. p 171-180. ISSN 0326-3169
- Roldán, M, G. Studdert, C. Videla, S. San Martino2 & L. Picone., (2014). Distribución del tamaño y estabilidad de agregados en Molisoles bajo labranzas contrastantes. *Cienc. suelo* vol.32 no.2
- Sainju, U.M. & B.P. Singh. 2001. Tillage, Cover Crop, and Kill-Planting Date Effects on Corn Yield and Soil Nitrogen. *Agron. J.* 93:878-886.
- Sainju, U.M., B.P. Singh & W.F. Whitehead. 2002. Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils of Georgia, USA. *Soil till. Res.* 63:167-179.
- Sánchez, A.H., & J.R. García. 1998. Efecto del laboreo en algunas propiedades físicas de un Haplustol Típico y en el rendimiento de la soja. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Carlos Paz, Córdoba. p. 267-268.



- Schulte, E. E. 1988. Recommended soil organic matter test. p. 29-32. In Recommended Chemical Soil Test Procedure for the North Central Region. North Cen. Reg. Pub. N°221. Bull. N°499. North Dakota Ag. Exp. Stn., ND State Univ., Fargo, ND.
- Shaxson, F. & R. Barber. 2005. Optimización de la Humedad del Suelo para la Producción Vegetal. El Significado de la Porosidad del Suelo. Boletín de Suelos de la FAO N° 79. Roma, Italia, 129 pp.
- Shukla, M. K., Lal R. and M. Ebinger. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research* 87, 2: 194-204.
- Six, J., H. Bossuyt, S. Degryze & K. Denef. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79: 7-31.
- Silva, A.P. da; S. Imhoff & B. Kay. 2004. Plant Response to Mechanical Resistance and Air-Filled Porosity of Soils under Conventional and No-Tillage System. *Sci. Agric.* 61(4):451-456.
- Snapp, S.S., S.M. Swinton, R. Labarta, D. Mutch, J.R. Black, R. Leep, J. Nyiraneza, K. O'Neil. 2005. Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches. *Agron. J.* 97:322-332. SSSA Special Publ. 35. SSSA and ASA. Madison, WI.
- Strudley, M. W., Green T. R., Ascough JC (2008). Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Till. Res.* 99:4-48.
- Studdert, G. A. and H. E. Echeverría. 2000 b. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 64:1496-1503.
- Studdert, G. A. y H. E. Echeverría. 2000 a. Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. Pp. 407-437. En: F.H. Andrade & V. Sadras (eds.) Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA - Facultad de Ciencias Agrarias (UNMP). Advanta Semillas SAIC.
- Tiessen, H. 2003. Ciclado y disponibilidad de fósforo: manejando procesos y cantidades. Simposio "El fósforo en la Agricultura Argentina". Rosario. Argentina.
- Tisdall, J. & J. Oades. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soils Sci.* 33:141-163.
- Vázquez, M. 2005. Calcio, Magnesio, acidez y alcalinidad del suelo. En: Fertilidad del Suelo y Fertirrigación de Cultivos (ed. HE Echeverría y FO Garcia). Ediciones INTA, Buenos Aires. Argentina. pp 161-188.
- Venialgo, C., A. Sosa, N. C. Gutiérrez, A. Corrales & C. Briend. 1999. Densidad aparente y resistencia a la penetración en diferentes sistemas de manejo de suelos en plantaciones de yerba mate en el Nordeste de Corrientes. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* 1999. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. [www.unne.edu.ar/investigacion/com1999/CA-web/wCA\\_057.pdf](http://www.unne.edu.ar/investigacion/com1999/CA-web/wCA_057.pdf) (accessed Mar 2013).
- Venialgo, C., N. Gutiérrez, A. Corrales., D. Drganc & A. Asselborn. 2005. Estabilidad de agregados y resistencia a la penetración en series de suelos con distintos usos en el Sudoeste del Chaco. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Vidal, C. M., & J. L. Costa. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. *RIA Vol* 29. p. 211-212.