



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria

Trabajo final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

TÍTULO:

Evaluación de propiedades físicas del suelo y rendimiento en un ensayo de cultivo de cobertura y labranza vertical en un sistema de producción agrícola del área de Adelia María (Córdoba).

**Por: Collino, Florencia.
DNI: 33.958.136**

**Director: Cisneros, José Manuel.
Codirector: Pezzini, Matías.**

Río Cuarto – Córdoba



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
RESUMEN	2
SUMMARY	3
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	5
I. Efectos de los sistema de labranza	5
II. Efectos de los cultivos de cobertura	8
HIPOTESIS	10
OBJETIVOS	10
MATERIALES Y METODOS.....	11
A. Área de estudio	11
B. Diseño experimental	12
DETERMINACIONES	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
1. Densidad aparente	16
2. Resistencia mecánica	17
3. Infiltración	19
4. Rendimiento	23
5. Balance hídrico	24
6. Eficiencia de barbecho	25
CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	28



RESUMEN

El proceso de agriculturización registrado en los sistemas agrícolas de la región pampeana y el aumento de hasta un 80% de la superficie agrícola dominada por cultivos continuados de soja, ha llevado a las pérdidas de la cobertura y a la densificación de horizontes aun en sistemas de siembra directa.

En el área de Adelia María, Córdoba, se llevo a cabo un ensayo donde se evaluaron las propiedades físicas como lo son la densidad aparente, la resistencia mecánica y la infiltración como así también el rendimiento de la soja, a través de tratamientos con el centeno utilizado como cultivo de cobertura, paratil como labranza vertical y un testigo bajo siembra directa, en distintos ambientes como bajo y loma. Se analizó además la evapotranspiración real y el cálculo de la eficiencia de barbecho en la loma.

La labranza vertical mostró un mayor efecto reductor sobre densidad aparente y la resistencia mecánica. En tanto que el cultivo de cobertura aumentó infiltración básica en el bajo duplicando la del testigo, efecto que no se visualizó en la loma. El efecto más marcado en el rendimiento lo generó la implementación del cultivo de cobertura, que superó por 5 qq/ha en la loma y 8 qq/ha en el bajo al testigo. La finalización del cultivo de cobertura y la siembra del cultivo sucesor, son dos aspectos a tener en cuenta para la reposición de agua en el perfil del suelo para evitar de esta manera el estrés hídrico del cultivo principal y permitir que se recargue el perfil con las lluvias primaverales, compensando de esta manera el consumo de agua por la cobertura durante su crecimiento.

Palabras claves: cultivo de cobertura, paratil, densidad aparente, resistencia mecánica, infiltración, evapotranspiración, eficiencia de barbecho, rendimiento.

SUMMARY

The process of agriculturization registered in the agricultural systems of the region of the Pampas and the increase in the amount of agricultural areas under continued soybean cropping by an 80% has led to losses in soil cover and densification, even in direct seeding systems.

In the area of Adelia María, Córdoba, a trial was carried out, in which physical properties such as bulk density, mechanical resistance, and infiltration were evaluated. Soybean yield was evaluated in different positions such as upland and lowland, using rye cover crop, paratil as vertical tillage, and soil under direct seeding as control plot. In addition, real evapotranspiration and fallow efficiency in the upland position were measured.

Vertical tillage showed a higher reduction in bulk density and mechanical resistance. However, the cover crop showed a higher basic infiltration rate in the lowland position, doubling that of the control treatment- which was not observed in the upland position. The implementation of the cover crop resulted in the most positive yield, since it outdid that at the upland position by 5 qq/ha and that of the control treatment by 8 qq/ha. Both the end of the cover crop season and the subsequent crop's sowing should be taken into consideration for the recovery of water in the soil profile, so as to avoid hydric stress in the main crop and allow for the refilling of the soil profile with seasonal rains, thus compensating for the cover crop's water consumption.

Key words: cover crop, paratil, bulk density, mechanical resistance, infiltration, evapotranspiration, fallow efficiency, yield.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el asiento básico de la producción agrícola mundial y es esencial el mantenimiento de sus cualidades productivas para el desarrollo sustentable del sector agropecuario en general y de la economía.

En los últimos tiempos ha tomado importancia la palabra *deterioro* de los suelos, basándose en un proceso antrópico que afecta de manera negativa la biofísica del mismo. El deterioro de los suelos de nuestro país cubre un 40% de la superficie total y está afectada por distintos procesos de degradación (INTA, 1998). Este porcentaje aumenta año tras año. Una de las prácticas que acelera los procesos degradatorios de los suelos de la región es el avance de la agriculturización y la difusión de la soja como cultivo de menores costos, mayor seguridad de cosecha y menor incidencia de las enfermedades del suelo.

Los procesos de degradación química y particularmente la física, son los más comunes y difundidos en la Región Pampeana como consecuencia de una agricultura rutinaria y no restitutiva, resultado de la intensificación de los sistemas de producción (Puricelli, 1985). Las prácticas de manejo tales como: sistemas de labranza y rotaciones de cultivos pueden llegar a modificar las propiedades del suelo desde el punto de vista físico, químico y biológico; dependiendo de cómo se las implemente a cada una de ellas. A su vez, el resultado final del empleo está altamente condicionado por factores climáticos y edáficos (Mahboubi *et al.* 1993).

La agricultura que se aproxima, es de precisión y apunta al mantenimiento de la calidad del suelo ya que la misma influye en su productividad (Deibert, 1983), por lo que se hace necesario seleccionar indicadores, químicos, físicos o biológicos, que estimen mejor los procesos de degradación del suelo en un sitio específico y así poder inferir la calidad de ese suelo.

Este trabajo final se orientó a estudiar los efectos de la labranza vertical y de la utilización del centeno como cultivo de cobertura, evaluándolos a través de indicadores físicos como resistencia mecánica, densidad aparente e infiltración. Permitiendo entender el comportamiento del sistema suelo, recuperar sus condiciones de productividad y apostar a una producción agrícola sustentable.

ANTECEDENTES

I. Efecto del sistema de labranza

Respecto al efecto de los sistemas de labranzas sobre los suelos, Besson *et al.* (2000) determinaron la densidad aparente en un ensayo de tres tratamientos: Labranza vertical (LV), Siembra Directa (SD) y el suelo en su condición prístina (T), realizado en las localidades de Casilda y Sanford (Santa Fé, Argentina), ambas en un suelo *Argiudol típico*. Los resultados se expresaron como compactación relativa (CR). Valores de CR mayores al 86-90% reducen en forma importante los macroporos y el movimiento normal del agua y del aire. La CR observada en superficie en la localidad de Casilda fue significativamente mayor en SD (valores de CR cercanos al límite mencionado), con respecto a LV y T, mientras que en la localidad de Sanford no hubo diferencias en CR entre los sistemas de labranza y el T. En este caso la CR no resultó una medida suficiente para detectar diferencias entre tratamientos.

Similar al anterior comprando sistemas de labranza Barrios *et al.* (2004), llevaron a cabo un ensayo en el establecimiento La Lomada (Buenos Aires, Argentina). El estudio se realizó sobre el cultivo de soja, con tres sistemas de laboreo: laboreo convencional (LC), siembra directa (SD) y laboreo mínimo (LM). Se tomaron los datos de densidad aparente y resistencia a la penetración. En donde se observó que la densidad aparente mostró diferencias significativas entre tratamientos de labranzas, notándose un aumento de la misma en el tratamiento de SD a la profundidad de 0 – 10 cm respecto de LC tanto al inicio como al final del ciclo del cultivo de soja. En este ensayo se encontraron valores de resistencia a la penetración que aumentan con la profundidad, donde la SD siempre registró valores más elevados de resistencia a la penetración, respecto de LC y LM.

Siguiendo con la misma comparación Aparicio y Costa (2004) estudiaron la influencia de tres sistemas de labranzas: siembra directa (SD), labranza convencional (LC) y labranza vertical (LV), en tres localidades del sudeste bonaerense, en un suelo de tipo *Argiudol típico*, midiendo sobre ellas la resistencia mecánica (RM). Los mencionados autores encontraron que la misma RM, hasta los 10 cm de profundidad, fue significativamente mayor en SD, respecto de LC y LV.

También Sanzano *et al.* (2004) realizaron un ensayo en *Haplustoles típicos* de textura franco limosa en Tucumán. Incluyendo: (T) lotes de menos de 5 años de siembra directa, que provienen del desmonte; (SD) lotes de más de 10 años de siembra directa, sin rotación y sin labranza; (SD+P) lotes de más de 10 años de siembra directa y paratil; (SD+R) lotes de más de 10 años de siembra directa y rotación con maíz.; (SD+RP) lotes de más de 10 años de siembra directa, con rotación y paratil. Entre las cuantificaciones se determinó la influencia del laboreo vertical profundo sobre los siguientes parámetros del suelo: densidad aparente actual, humedad del suelo y resistencia a la penetración. Concluyendo en que: los suelos con pocos años de uso agrícola mostraron los valores más altos de infiltración y los menores de densidad aparente y resistencia a la penetración en comparación con los suelos de más años de uso de la tierra. En éstos, el paratil logró disminuir significativamente la densidad aparente y la resistencia a la penetración. Vale aclarar que, los valores de ambos parámetros estuvieron

por debajo de los valores considerados críticos para el buen desarrollo radicular de la soja.

En los antecedentes citados anteriormente las conclusiones abordadas por los autores son similares, independientemente del lugar donde se realizó el ensayo, en cuanto a la resistencia mecánica y densidad mostrando una tendencia al aumento de las mismas a favor de la siembra directa, mostrando el efecto positivo de la labranza vertical en las propiedades del suelo.

Por otro lado en el trabajo de investigación llevado a cabo por Bergesio (2011) el cual hace una comparación entre dos sistemas de laboreo, siembra directa y descompactación. La experiencia se realizó en las cercanías de Bulnes (Córdoba, Argentina), en un suelo *Haplustol típico* de textura franca arenosa muy fina. Los tratamientos abarcaron: siembra directa con suelo compactado (SD) y siembra directa con suelo descompactado mediante escarificador alado (D). Se evaluó: la resistencia mecánica (RM), densidad aparente y rendimiento en granos, entre otros; observando que en todas las capas del perfil cultural, las diferencias entre los valores de RM fueron altamente significativas entre SD y D, siendo menores en éste último tratamiento, la labor de descompactación produciría una marcada reducción en la DAP y con ello un aumento en la porosidad total de las capas laboreadas, por último la producción total de granos arrojó una diferencia de 1 Tn/ha a favor de D respecto de SD.

Rangeon *et al.* (2008) llevaron a cabo un trabajo comparando sistemas de labranzas, ubicadas en Salta, Argentina. Las parcelas se encuentran ubicadas en un suelo franco-franco arcilloso, degradado, serie Cerrillos. Los tratamientos realizados fueron: LC (Labranza Convencional); LMD (Labranza Mínima con Disco); LMV (Labranza Mínima Vertical), con escarificador chato “tipo paratil” y siembra; SD (Siembra Directa). Con el objeto de medir el porcentaje de humedad gravimétrica a distintas profundidades y resistencia a la penetración. Mostrando que, el sistema de labranza en el que mayor número de golpes se realiza corresponde a LC, para todas las profundidades, prosiguiendo LMD y SD, y finalmente LMV. De acuerdo a los valores obtenidos de RP, el sistema LMV muestra sus beneficios como herramienta de mitigación de la compactación del suelo. También se evidencia el aumento de la RP a medida que aumentan las labranzas del suelo. En cuanto al contenido de humedad los resultados obtenidos demuestran que LMV posee el mayor a lo largo de todo el perfil, siendo LC el SL con menor tenor hídrico lo cual se corresponde con una mayor RP.

Asimismo, Álvarez *et al.* (2008) efectuaron ensayos para observar la diferencia entre la labor de siembra directa vs. el descompactado del suelo, en lotes ubicados en Santa Fe y Buenos Aires, Argentina. Las series dominantes de suelo fueron Venado Tuerto y Rojas. Los tratamientos realizados fueron: 1-testigo (SD continua) y 2- descompactado. En cada sitio se determinó la densidad aparente, la humedad hasta el metro de profundidad, la resistencia a la penetración y la tasa de infiltración. Los resultados obtenidos fueron significativos para resistencia mecánica, que analizando todos los sitios en conjunto, presentó mayor sensibilidad a la descompactación. La infiltración fue mayor en el tratamiento descompactado.

En cuanto a las dos últimos antecedentes citados se puede observar que hay una tendencia al aumento de la infiltración y el contenido hídrico del suelo a favor de los tratamientos que se implementó

la labranza vertical o la descompactación, lo que se traduce en una mayor cantidad de agua disponible para el cultivo.

Por otra parte, Introcaso *et al.* (2008) llevaron a cabo un ensayo para evaluar el efecto de la descompactación en la localidad de Azcuénaga, (Buenos Aires, Argentina). En un suelo tipo *Argiudol típico* franco arcillo limoso. Los tratamientos fueron: siembra directa continua (SD), siembra directa con paratil (SDP) y condición natural (CN). Los parámetros medidos fueron resistencia mecánica, densidad aparente, infiltración y rendimiento. Los resultados fueron los siguientes: en el tratamiento SDP se obtuvo menor DA comparado con el de SD. En SD se observó el efecto compactador de esta práctica respecto de la CN. Observando que a partir del segundo año el efecto del paratil sobre la DA desaparece, y se restaura el estado degradado. En la medición de la infiltración el tratamiento SDP (primer año) es significativamente mayor respecto al de SD, mientras que el segundo año no hay diferencias estadísticamente significativas. El paratil SDP provocó una acción reductora sobre la RM respecto de SD, en el segundo año se observó un efecto significativo de descompactación del paratil (SDP) entre los 10 y 20 cm respecto de SD. El rendimiento en maíz fue significativamente superior, en SDP en relación a la SD.

Álvarez *et al.* (2010), realizaron dos tratamientos: testigo (T) y descompactado (D), donde se determinó la infiltración, densidad aparente, la resistencia a la penetración y rendimiento. Concluyendo en que la infiltración aumentó considerablemente debido a la descompactación sin embargo esta diferencia no persistió en el tiempo. La densidad aparente no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero si la práctica (D) redujo significativamente la resistencia mecánica a la siembra del cultivo, perdurando este efecto en el tiempo. La descompactación produjo un incremento del rendimiento del maíz, aun con una buena condición hídrica.

La modificación en la infiltración no perduró debido a la baja residualidad de la labor, dado a la inestabilidad de la macroporosidad generada por el pasaje del implemento descompactador, ya que produce un rápido reacomodamiento de la estructura a su forma original por las precipitaciones o las posteriores labores. En cuanto al incremento del rendimiento puede atribuirse a una mayor disponibilidad hídrica por la mayor infiltración y mayor accesibilidad a los recursos por la menor resistencia a la penetración.

Guecaimburu *et al.* (2010) llevaron a cabo un ensayo para observar el efecto generado por el paratil en la localidad de Azcuénaga (Buenos Aires, Argentina), sobre un suelo *Argiudol típico* franco arcillo limoso. Los tratamientos que se realizaron fueron los siguientes: SD siembra directa continua y SDP siembra directa con paratil. En donde se midió la resistencia mecánica, la densidad aparente y el perfil hídrico. Concluyendo que en las condiciones ensayadas se muestra una mayor tasa de infiltración para el tratamiento SDP en relación a la SD continua, esta situación se repite en el parámetro de resistencia mecánica y densidad aparente.

Acerca de los distintos sistemas de labranza Colombani *et al.* (2002) evaluaron las propiedades físicas del suelo, comparando: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD) en Balcarce, (Buenos

Aires, Argentina). En este trabajo se determinó la resistencia mecánica (RM). Los resultados mostraron valores más elevados en las parcelas bajo SD con respecto a los de LC. Concluyendo así que, luego de varios años de implementado el sistema de SD e independientemente de la historia previa, se observó un leve incremento en la compactación del suelo.

Sanzano *et al.* (2004), realizaron una experiencia determinando la tasa de infiltración, en un suelo *Haplustol típico* de textura franco limosa ubicado en Tucumán, Argentina. Los manejos de suelo estudiados fueron los siguientes: monte natural (MN), parcelas con pasturas de gramíneas sin pastoreo directo (P), siembra directa con monocultivo de soja (SD), laboreo convencional con monocultivo de soja (LC). Observaron lo siguiente: que el suelo con laboreo convencional desarrolló un sello superficial de casi 4 veces más espesor que los suelos de monte natural y pastura, y entre los suelos de siembra directa y laboreo convencional no hubo diferencias en la tasa de infiltración al final de la lluvia, pero sí en la infiltración acumulada. Los distintos grados de cobertura en el suelo de siembra directa no produjeron cambios en la tasa de infiltración, pero sí en la infiltración acumulada.

Independientemente del lugar y el tipo de labranza llevado a cabo, estos antecedentes muestran el beneficio de la descompactación en suelos con sucesivos años de siembra directa. Sin dejar de lado los beneficios generados por la misma (SD), los resultados anteriores muestran que se hace necesario corregir estos aspectos negativos mediante el aumento de la porosidad del suelo y su descompactación a través de algún tipo de laboreo del suelo, como lo es la labranza vertical sin inversión.

II. Efecto de los cultivos de cobertura

En lo que respecta a la utilización de cultivo de cobertura como alternativa Sánchez *et al.* (2006) implementaron un ensayo en la localidad de Lozada (Córdoba, Argentina), en donde realizaron distintos tipos de tratamientos incluyendo en la rotación al cultivo de cobertura. Se determinó la densidad aparente del suelo, cuyos resultados demostraron una mejora de la misma en respuesta al cultivo de cobertura, tanto a nivel superficial como profundo.

Continuando, Álvarez *et al.* (2004) desarrollaron un estudio que compara las diferentes fechas de secado del cultivo de cobertura en General Villegas (Buenos Aires, Argentina) sobre un *Hapludol típico*. Se estableció un cultivo de triticale sobre el que se instalaron 3 tratamientos de secado del forraje: i) pleno macollaje (agosto), ii) al inicio de la encañazón (septiembre) iii) madurez fisiológica coincidente con el momento de la siembra de soja (noviembre). Los resultados obtenidos en relación al contenido de agua útil muestran un aumento de la misma, en los tratamientos que se secaron antes de la siembra. Concluyendo que los cultivos de cobertura secados en estadios reproductivos reducen el efecto de compactación y mejoran el estado estructural de los suelos (McVay *et al.* 1989) mejorando su capacidad de captación y provisión de agua para los cultivos (Scott *et al.* 1990).

Por otra parte Carfagno *et al.* (2008) realizaron una experiencia en donde compararon tres cultivos utilizados como cobertura, en contra un testigo (sin cultivo de cobertura) y diferentes fechas de secado de los mismo, en dos sitios diferentes. Los suelos correspondientes a dichos sitios pertenecen *Hapludoles* y *Haplustoles*. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la inclusión de cultivos de

cobertura en secuencias de soja continua, no produce efectos negativos sobre la disponibilidad de agua en el suelo al momento de siembra del cultivo de verano. Asimismo, el centeno es la especie que se destaca por los altos contenidos de humedad y los aportes de materia seca dejados sobre el suelo.

Scianca *et al.* (2008) desarrollaron un estudio sobre un suelo Argiudol típico. Los tratamientos aplicados fueron tres especies de gramíneas invernales utilizados como cultivo de cobertura y un testigo sin cultivo de cobertura. Se determinaron los contenidos de agua correspondientes a capacidad de campo y la densidad aparente, en el cultivo de soja se evaluó previa cosecha y trilla manual el rendimiento de grano. Los resultados fueron los siguientes: el contenido hídrico del suelo al momento del secado de los CC fue menor que el tratamiento control, pero no provocó un impacto negativo sobre el rendimiento de soja y sus componentes.

En igual comparación que los dos antecedentes anteriores Varela *et al.* (2010) desarrollaron un experimento llevado a cabo en General Villegas (Bueno Aires, Argentina), sobre un *Hapludol* típico franco arenoso, donde los tratamientos realizados fueron 3 que incluyeron cultivo de cobertura (CC) y un testigo sin CC (MS-monocultivo de soja). Se midió la tasa de infiltración, densidad aparente y resistencia a la penetración; donde se obtuvieron los siguientes resultados: la tasa de infiltración registró una tendencia de aumento para los tratamientos con CC respecto a MS. En cuanto a la resistencia, se observa que la misma fue menor en los tratamientos de CC en el estrato superficial, en la capa más profunda el centeno mostró los menores valores por su mayor desarrollo radical.

No existen antecedentes de trabajos que indaguen sobre los efectos combinados de cultivos de cobertura y labores de descompactación sobre variables de suelo y cultivos. Debido a esto se realiza en este trabajo final de grado un ensayo que refleje tanto el efecto de la labranza vertical, como el cultivo de cobertura sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la productividad.

El trabajo se llevo a cabo en la zona de Adelia María, Córdoba la cual en los últimos años ha sufrido un fuerte avance de la frontera agrícola, desplazando casi por completo a la ganadería, utilizando la siembra directa como único método y a la soja como cultivo de mayor proporción en sus rotaciones.



HIPÓTESIS

La combinación de labranza vertical junto con la incorporación del cultivo de cobertura, reducen la densidad aparente, incrementan la infiltración, reducen la resistencia mecánica, efectos que permitirán aumentar la productividad de los cultivos.

OBJETIVOS

GENERAL:

Evaluar el efecto de diferentes esquemas de cultivo de cobertura y labranza vertical, sobre el rendimiento de los cultivos y variables físicas del suelo en distintas unidades homogéneas de tierra (loma y bajo), del ambiente de planicies bien drenadas del Sur de Córdoba.

ESPECIFICOS:

- Evaluar la resistencia a la penetración en los diferentes tratamientos.
- Evaluar la densidad aparente en los diferentes tratamientos.
- Evaluar la infiltración del agua en el suelo en los diferentes tratamientos.
- Determinar el rendimiento en grano del cultivo de soja en los diferentes tratamientos y bloques.
- Evaluar el balance hídrico y la eficiencia del uso del agua en los distintos tratamientos.

MATERIALES Y METODOS

A. ÁREA DE ESTUDIO:

Se llevó a cabo una experiencia a campo en un ensayo experimental, ubicado 40 kilómetros al Noreste de la localidad de Adelia María (Figura 1), ejecutado por la empresa Merlo y Manavella S.A. El mismo se asentó en un lote donde se realizaron tratamientos de labranza vertical y se sembró el centeno como cultivo de cobertura (Lote N°=15). Este suelo es de tipo *Haplustol éntico*, de textura franca gruesa y pertenece a la serie La Carlota.

La serie La Carlota (INTA, 1998) es un suelo algo excesivamente drenado, tiene escaso desarrollo, presentando un horizonte superficial de 30 cm de espesor (A1 o capa arable) de color oscuro, textura franco arenosa a franco con 7,8% de arcilla y 35% de limo, está bien provisto de materia orgánica; le sigue en profundidad un horizonte de transición (AC) de textura franco arenosa, disminuyendo la materia orgánica que gradualmente pasa al material originario (horizonte C) que aparece a 60 cm de profundidad con el 57% de arenas y el 10% de arcillas.

Esta región se caracteriza por poseer un clima templado. Las mayores temperaturas se registran en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo siendo la del mes más caliente superior a 22°C (veranos muy calurosos). Frío en invierno, con temperatura media del mes más frío de 9,1°C.

Tiene un periodo libre de heladas aproximadamente de 256 días. Respecto de la distribución estacional de las precipitaciones, se puede indicar que el trimestre otoño-invernal es netamente seco concentrado el 23,6% de las precipitaciones anuales, por el contrario el periodo primavero-estival concentra el 76,4%. Se manifiesta entonces, un régimen de tipo monzónico con una media anual 700 mm, que permite el cultivo de carácter extensivo en ciertas épocas del año (INTA, 1998).

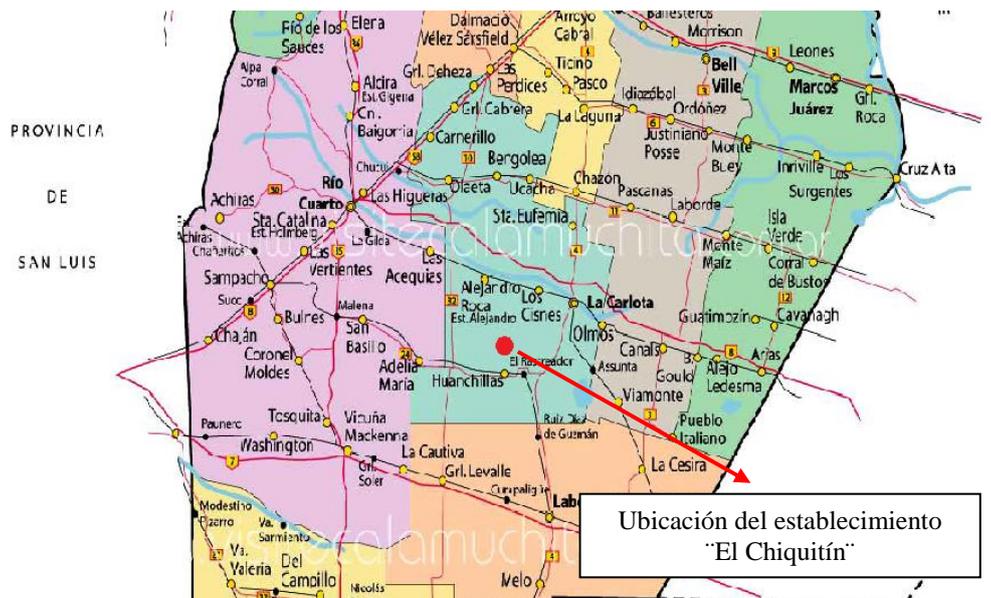


Figura 1- Ubicación del establecimiento "El Chiquitín".

B. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS:

El ensayo experimental llevado a cabo por la empresa, se basó en un lote que estaba dividido en 2 bloques, uno correspondiente a la unidad homogénea **loma** y el otro a la unidad homogénea **bajo**, donde la única diferencia entre ambos es la posición topográfica en el relieve, sus texturas son similares y ninguno posee influencia de napa. En los mismos se realizaron cuatro tratamientos divididos en 4 franjas de 27 metros de ancho, dichos tratamientos ya se encontraban implantados por lo que solo se realizaron en ellos las determinaciones.

Lote N° 15 = 2 bloques, en donde en la 1° franja se llevó a cabo el tratamiento de la siembra del centeno utilizándolo como cultivo de cobertura, en la 2° se dejó el suelo en las condiciones en las que se encontraba, en la 3° se procedió al paso de la herramienta de labranza vertical que fue el paratíl y por último, en la 4°, se combinó el paso de la herramienta de labranza vertical y luego se procedió a la siembra de centeno; hay una 5° franja pero corresponde nuevamente a una zona testigo igual que la 2°. El centeno se sembró a finales de Marzo (31/03/2011) y se secó a fines de agosto (29/08/2011), cuando alcanzó aproximadamente el 10 % de espigazón. Una vez secado el centeno se sembró soja.

Luego de la cosecha de soja se procedió a la medición de las propiedades físicas del suelo (infiltración, densidad aparente y resistencia mecánica) y la humedad gravimétrica. Las constantes hídricas fueron determinadas anteriormente con la olla de presión (Klute, 1986).

En la Figura 2 se muestra la imagen satelital del campo en que se llevo a cabo el ensayo. Se destaca con color verde los límites del ensayo y las coordenadas de ubicación.



Figura 2- Imagen satelital del lote.
(Coordenadas; 33°34'16,45"S 63°39'28,34" O).



El historial de las rotaciones realizadas en el lote en los últimos años se resume en la tabla 1:

Tabla 1- Historial de rotaciones del lote en que se realizó el ensayo

2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
SOJA	MAIZ	SOJA	TRIGO/SOJA	MAIZ
2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
SOJA	SOJA	MAIZ	CC/SOJA	CC/MAIZ

DETERMINACIONES

Densidad aparente (DAP):

La densidad aparente se calculó mediante el método del cilindro (Klute, 1986), con tres repeticiones en tres profundidades (0-10cm; 10-20cm; 20-30cm).

Dentro de cada tratamiento y en cada bloque en tres puntos al azar, se tomaron bloques de suelo sin disturbar por medio de un cilindro de tamaño conocido.

Resistencia mecánica a la penetración (RM):

Se realizó mediante un penetrómetro (modelo INTA Villegas) con 3 repeticiones por tratamiento, en cada bloque.

Se midió el número de golpes cada 5cm de profundidad, desde la superficie del suelo hasta los 60cm.

Infiltración:

Se midió mediante el infiltrómetro de doble anillo (Bouwer, 1986). Se realizaron 3 determinaciones por tratamiento en cada bloque. En cada estación de muestreo se determinaron los mm infiltrados en diferentes intervalos de tiempo hasta los 90 min, llegando a la infiltración básica de cada caso.

Producción de soja:

Se midió el rendimiento mediante la cosecha manual, realizando 3 repeticiones en transectas de 2,32m (1m²), ya que la distancia entre hileras corresponde a 0,43 metros, en cada tratamiento, en cada bloque.

Balance hídrico:

Se estimó el mismo con la siguiente fórmula (Satorre *et al.* 2003):

$$ET_{real} = Pp + R + Nf \pm Esc \pm Dif. Alm - D$$

Siendo ET_{real}: evapotranspiración real, Pp: precipitaciones, R: riego, Nf: napa freática, Esc: escurrimiento, Dif. Alm: diferencia de almacenaje, y D: drenaje.

Se asume que no existen aportes por riego ni por escurrimiento, ni salidas como drenaje. El aporte de napa se evaluó mediante mediciones de nivel freático, teniendo en cuenta que a partir de los 3 m de profundidad el aporte capilar cae abruptamente y más aún en un año seco (Jobbagy *et al.* 2009), se considera que una napa más allá de los 3 m no produce aportes significativos para la productividad de los cultivos. La fórmula queda resumida de la siguiente manera:

$$ET_{real} = Pp + Nf \pm Dif. Alm(HF - HI).$$



La medición de la profundidad de la napa se realizó en el bajo, con el barreno hasta llegar al agua libre, luego se dejó el pozo abierto para lograr que se establezca el agua y pasada la media hora aproximadamente se midió con una cinta métrica donde se encuentra el agua libre.

En lo que respecta a la precipitación se midió a través de un pluviómetro ubicado en una de las esquinas del lote.

Para el cálculo de la diferencia de almacenaje, se contó con los datos de humedad (lámina actual) al momento de la siembra del cultivo de cobertura, la del secado del mismo, la humedad al momento de la siembra de la soja hasta los 80 cm de profundidad.

Eficiencia de barbecho:

Se conoce al barbecho como técnica que se basa en dejar el suelo sin sembrar o cultivar, por un periodo considerable para recuperar principalmente humedad.

En este trabajo final se llevó a cabo el cálculo de la eficiencia del mismo siguiendo con la propuesta por Quiroga *et al.* (2013). Este modelo tiene en cuenta las precipitaciones caídas en la época que se extiende desde el secado del cultivo de cobertura hasta la siembra del cultivo principal; teniendo en cuenta además la humedad del suelo al finalizar el barbecho. Con estos datos se procede a calcular que proporción (%) de las precipitaciones, quedaron en el suelo al momento de la siembra del cultivo principal.

Procedimiento estadístico:

Se utilizó el ANAVA para determinar las diferencias significativas entre tratamientos al nivel del 5% de las siguientes variables:

- Rendimiento.
- DAP.
- RP.

Las comparaciones entre medias se realizarán mediante el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2013). Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

1. Densidad aparente (DAP)

La DAP es la relación entre el peso del suelo seco y volumen total. Al tener en cuenta el espacio de poros, es una propiedad dinámica, sujeta a cambios, fundamentalmente en los primeros horizontes por la aplicación de fuerzas de origen externo o interno (Bonadeo *et al.* 2010).

En la tabla 2 se muestran los resultados de DAP obtenidos, observándose diferencias estadísticamente significativas a la profundidad de 0-10 cm donde el tratamiento con cultivo de cobertura y paratil presentó el menor valor.

Tabla 2- Densidad aparente (g/cm^3) de los diferentes tratamientos

Profundidad	T	CCC/SP	SCC/CP	CCC/CP	R ²
0-10cm	1,42 b	1,39 b	1,34 ab	1,29 a	0,71
10-20cm	1,46 a	1,50 a	1,43 a	1,44 a	0,37
20-30cm	1,43 a	1,45 a	1,41 a	1,44 a	0,38

T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.

Letras distintas en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas. R²: coeficiente de determinación.

Para este tipo de suelo una DAP limitante, para el crecimiento de las raíces, es aquella que supere $1,5\text{g/cm}^3$ (Bonadeo *et al.* 2010). El tratamiento con cultivo de cobertura y paratil presentó el menor valor de DAP. Siguiendo a este tratamiento se encuentra aquel que posee solo paratil, donde su DAP si bien también es baja, se acerca más al valor limitante.

El tratamiento sin paratil y cultivo de cobertura (CCC/SP) y el testigo presentan valores cercanos al limitante, lo que hace que se dificulte la penetración del sistema radical y disminuya la porosidad y la permeabilidad del suelo. En este sentido y con respecto al efecto del laboreo Barrios *et al.* (2004), observaron que, a los 10 cm de profundidad, la mayor densidad aparente se daba en el tratamiento bajo siembra directa, en comparación con laboreo mínimo.

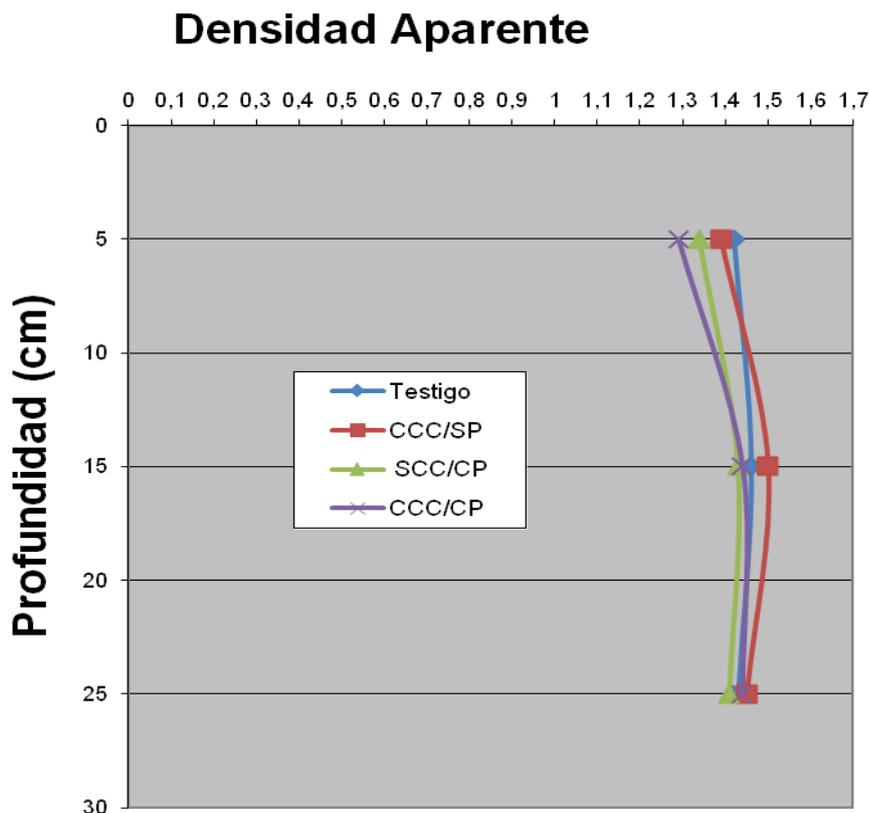
En las profundidades restantes no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

El coeficiente de determinación (R²) indica la proporción de la variación de la densidad aparente explicada por la diferencia entre tratamientos; hasta los 10cm de profundidad es donde tenemos el mayor valor, lo que indica que el 71% de la variación de la DAP esta explicada por la diferencia entre los tratamientos, a las profundidades restantes el valor de R² no es significativo.

Llevando a cabo la comparación entre bloques, el bajo a la profundidad de 0-10 cm muestra menor densidad en contraposición con la loma, en el resto de las profundidades no hay diferencias significativas entre ambos.

En la Figura 3 se puede visualizar la diferencia que se menciona anteriormente, la menor DAP se da en el tratamiento de cultivo de cobertura y paratil de 0-10 cm, seguido por el tratamiento que posee

solo paratril. En el resto de las profundidades no se visualizan diferencias en el valor de DAP, lo que concuerda con el análisis estadístico.



T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratril; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratril; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratril.

Figura 3- Densidad aparente en función de la profundidad para los diferentes tratamientos.

Se puede concluir de esta manera, que el tratamiento que mayor efecto genera sobre la DAP es aquel que posee labranza vertical, ya sea como único tratamiento o en combinación con el CC en los primeros 10 cm del suelo.

Entre ambas situaciones topográficas no se registraron diferencias importantes en la DAP. Por otra parte se muestra que la eficacia de la labor mecánica de descompactación, se manifestó solo en la capa superior (0-10 cm) y no tuvo efectos en la capa intermedia (10-20 cm), ni en la inferior (20-30 cm).

2. Resistencia mecánica

Se entiende por Resistencia Mecánica (RM) al conjunto de fuerzas desarrolladas por la matriz del suelo que se oponen a su deformación ante el esfuerzo de órganos vegetales en crecimiento (Bonadeo *et al.* 2010).

En la tabla 3 se muestran los resultados, indicando que hasta los 10 cm de profundidad las diferencias son significativas como para afirmar que la menor resistencia mecánica se da en el tratamiento que posee solo paratril, seguido por la combinación con el cultivo de cobertura. Desde los 15

a los 30 cm no se observaron diferencias estadísticamente significativas, al igual que a las profundidades de 45 a 65 cm. La tendencia que muestran los resultados es que desde los 35 hasta los 40 cm los tratamientos que poseen menor resistencia son aquellos que poseen el paratil en el mismo, ya sea solo o con cultivo de cobertura.

El paso del paratil fue a una profundidad de 15-18 cm, la cual no alcanzó las profundidades en las que se dio la mayor resistencia mecánica, donde la implantación del cultivo de cobertura tampoco tuvo efecto.

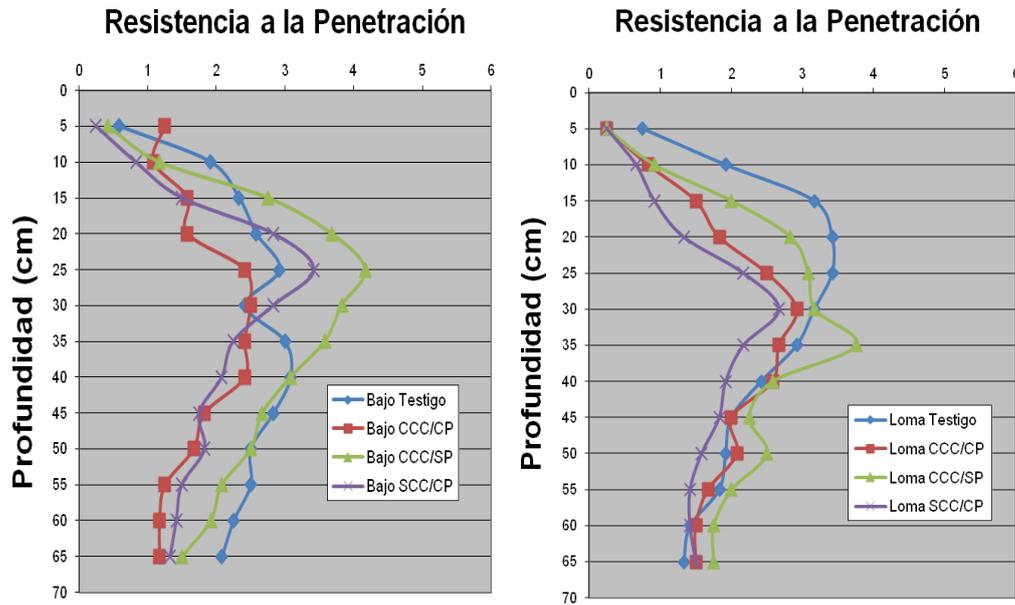
Tabla 3- Resistencia mecánica (MPa) de los diferentes tratamientos

Profundidad	T	CCC.SP	SCC.CP	CCC.CP
5 cm	0,67 b	0,33 ab	0,25 a	0,33 ab
10 cm	1,92 c	1,04 b	0,75 a	0,96 ab
15 cm	2,75 a	2,38 a	1,21 a	1,54 a
20 cm	3,00 a	3,25 a	2,08 a	1,71 a
25 cm	3,17 a	3,63 a	2,79 a	2,46 a
30 cm	2,79 a	3,50 a	2,75 a	2,71 a
35 cm	2,96 b	3,67 c	2,21 a	2,54 a
40 cm	2,75 ab	2,83 b	2,00 a	2,50 ab
45cm	2,42 a	2,46 a	1,79 a	1,92 a
50 cm	2,21 a	2,50 a	1,71 a	1,88 a
55 cm	2,17 a	2,04 a	1,46 a	1,46 a
60 cm	1,83 a	1,83 a	1,42 a	1,33 a
65 cm	7,71 a	1,63 a	1,42 a	1,33 a

T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.

Letras distintas en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (p=0,05).

En la figura 4 se presentan los valores de resistencia mecánica obtenidos en el bajo y en la loma por separado, concluyendo que en ambos bloques, ningún tratamiento tuvo efecto en las profundidades de 20-30 cm, consecuencia de un sistema de labranza utilizado por varias décadas, que provoca la compactación del suelo, donde se superan los valores aceptables (2,5 MPa) y por lo tanto limita la expansión de raíces y la captación y el almacenamiento del agua (Quiroga *et al.* 2013).



T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.

Figura 4- Resistencia mecánica en función de la profundidad en diferentes tratamientos en la situación de BAJO y LOMA.

Estos resultados indican que la labor de descompactación, en las condiciones en que fue realizada por el productor, no produce una alteración significativa en la DAP ni en la resistencia a la penetración en las profundidades donde estas variables son más críticas (15-30 cm).

3. Infiltración

Es la válvula que regula la entrada de agua al suelo, determina cuánta agua va a entrar al suelo y lo que se va a escurrir (Bonadeo *et al.* 2010).

Solo se pudo analizar el efecto del cultivo de cobertura sobre la infiltración, debido a que hubo un error en la determinación de la misma en uno de los tratamientos de la loma y del bajo. De esta manera los datos que se utilizaron fueron aquellos que surgieron de promediar las determinaciones realizadas en cada unidad experimental.

El agua que es aplicada a la superficie del suelo, ingresa con una velocidad de infiltración que decrece en el tiempo haciéndose asintótica hasta un valor que se lo conoce como infiltración básica.

3.1. BAJO

Los resultados de infiltración obtenidos en el bajo se muestran en las figuras 5 y 6 para, los tratamientos con cultivo de cobertura y testigo respectivamente.

La figura 5 muestra la infiltración en el tiempo generada por la incorporación del cultivo de cobertura, a diferencia de lo obtenido en el testigo (figura 6) y coincidiendo con lo determinado por Quiroga *et al.* (2013), el CC permite mantener elevadas tasas de infiltración en el tiempo, diferenciándose por poseer además mayor valor de infiltración básica. La línea roja en ambas figuras representa la ecuación de Kostiakov, de la cual se deriva la infiltración básica en T= infinito.

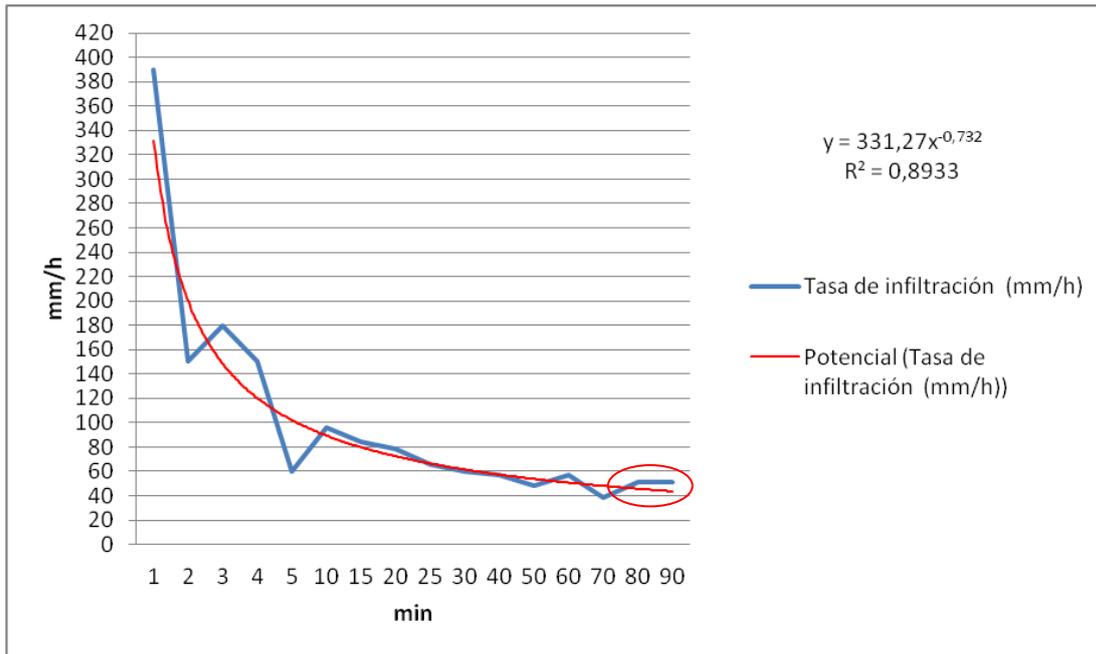


Figura 5- Tasa de infiltración en el tratamiento con cultivo de cobertura.

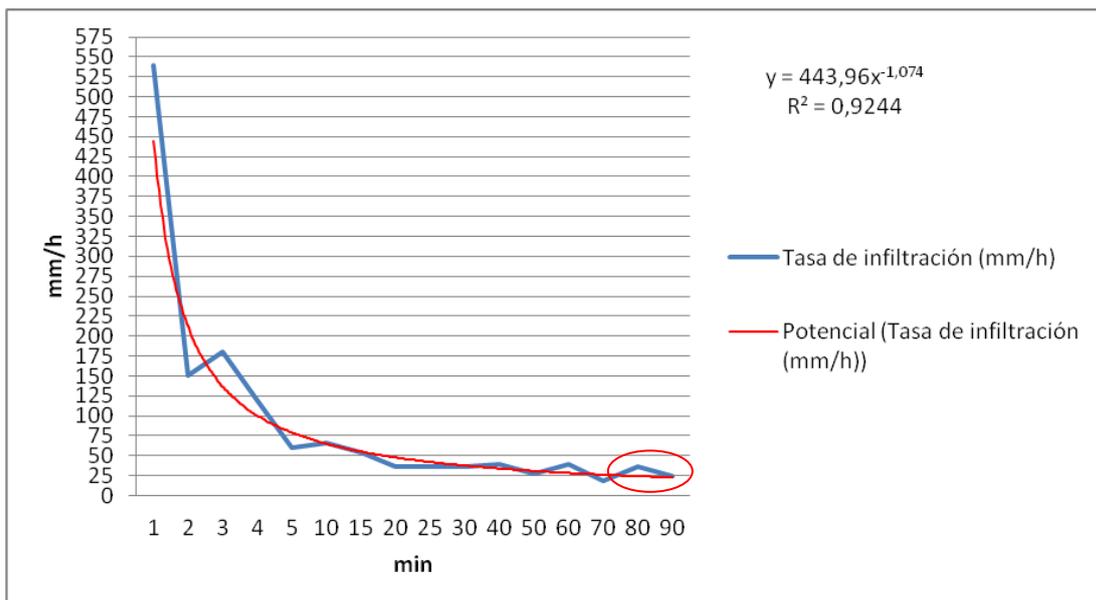


Figura 6- Tasa de infiltración en el tratamiento Testigo.

Al inicio tasa de infiltración es mayor en el testigo pero el mismo no la puede sostener en el tiempo, como si lo hace el tratamiento que posee cobertura.

La infiltración básica en el tratamiento con cultivo de cobertura duplica al testigo, pasando de 24 mm/h a 51 mm/h. Esta mayor velocidad de infiltración determina una mayor capacidad potencial de acumular agua, sobre todo en épocas estivales, cuando las lluvias suelen ser copiosas (Quiroga *et al.* 2013).

Concluyendo que el CC produjo aumentos significativos en la tasa de infiltración básica o final.

3.2.LOMA

En la figura 7 se muestra la tasa de infiltración experimentada por el suelo bajo cultivo de cobertura en la loma, que a diferencia del testigo (figura 8), hace que el agua infiltre a menor velocidad.

La infiltración básica en este caso, a diferencia del bajo, es mayor en el testigo alcanzando 132mm/h, comparada con la alcanzada en el tratamiento con cultivo de cobertura que es de 92 mm/h.

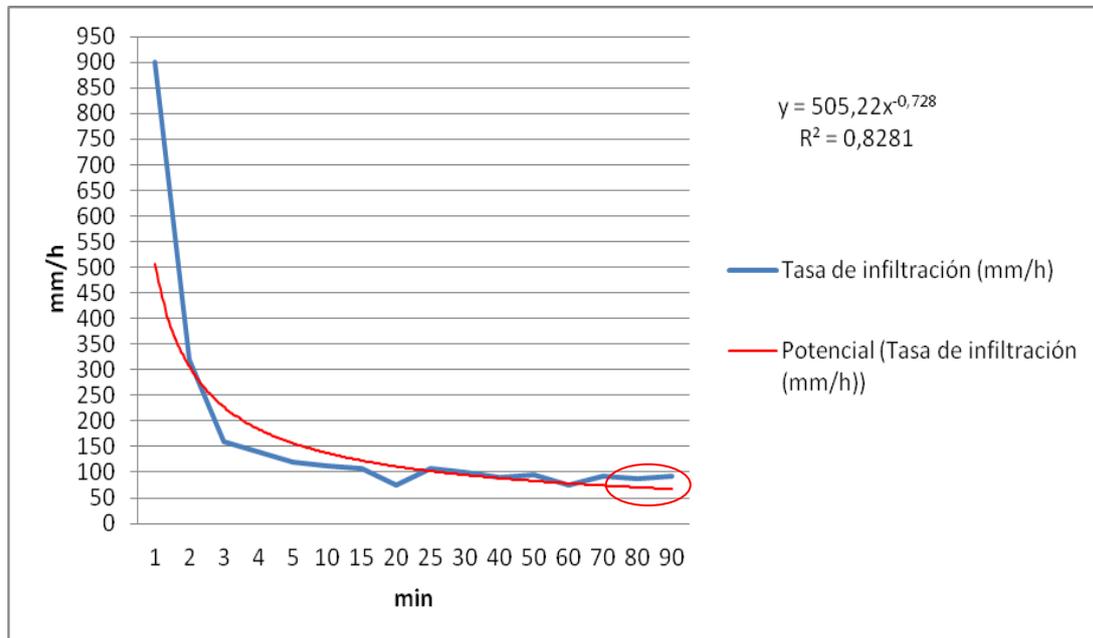


Figura 7- Tasa de infiltración en el tratamiento con cultivo de cobertura.

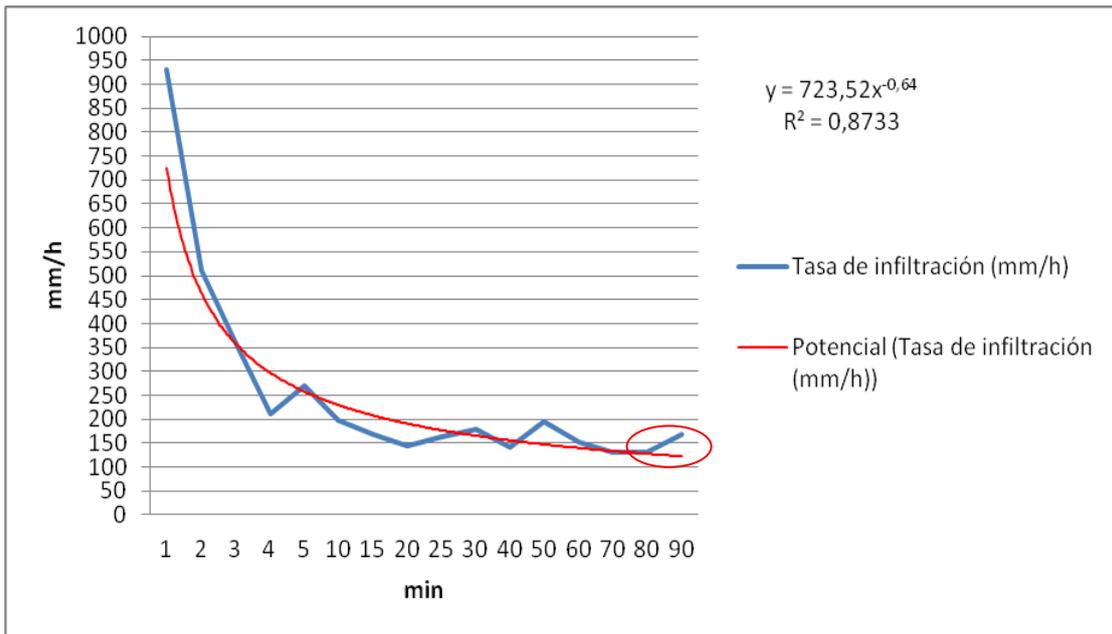


Figura 8- Tasa de infiltración en el tratamiento Testigo.

En la figura 9 se observa que tanto la infiltración básica como la lámina acumulada al cabo de los 90 min, en la loma es superior a la del bajo independientemente del tratamiento realizado. Es probable que el primer sitio posea una textura más gruesa, lo cual aumentaría su permeabilidad. También se visualiza el efecto del cultivo de cobertura en el bajo, duplicando la infiltración final al testigo y haciendo que su lámina acumulada sea considerablemente superior, efecto que no se observa en la loma.

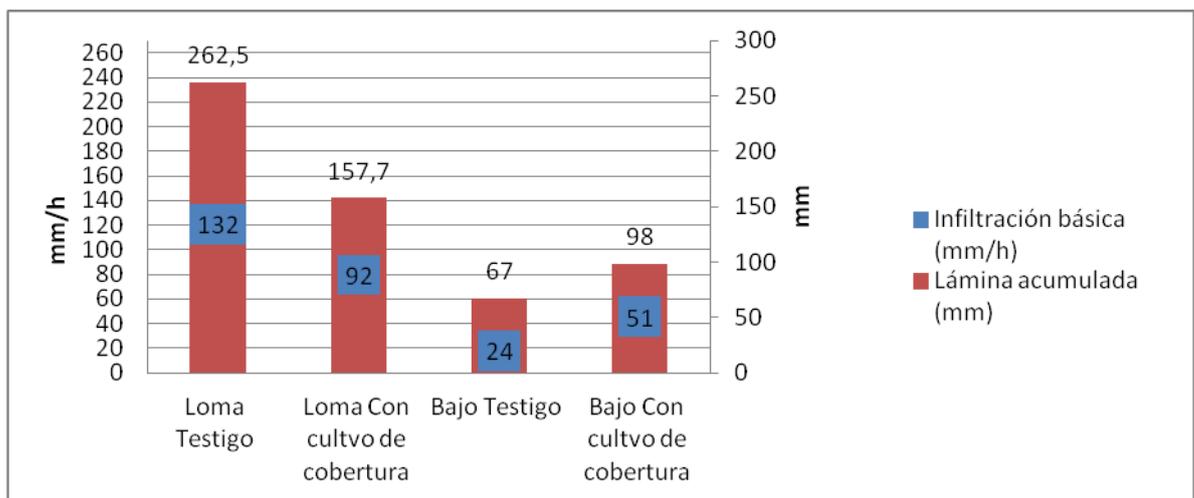


Figura 9- Infiltración básica y lámina acumulada en ambos tratamientos.

Los resultados obtenidos en el bajo concuerdan con los encontrados por Varela *et al.* (2010), donde la incorporación del cultivo de cobertura permite obtener aumentos en la tasa infiltración del

suelo.

Se debe considerar que los datos que pudieron analizarse son escasos, sobre todo teniendo en cuenta la alta variabilidad de la infiltración, por lo que para obtener una conclusión clara sobre el efecto de los tratamientos sobre esta propiedad, se deberán realizar evaluaciones más detalladas.

4. Rendimiento de Soja

El rendimiento de un cultivo de grano queda definitivamente establecido y puede ser medido, recién al finalizar el ciclo del cultivo (Satorre *et al.* 2003).

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos que indican que hubo diferencias significativas en el rendimiento principalmente entre el tratamiento testigo y el que solo tuvo cultivo de cobertura en él, con una diferencia entre ambos de 7,2 qq/ha. Los tratamientos con cultivos de cobertura mostraron los mayores rendimientos.

Se observó una tendencia al aumento de los rendimientos con cualquiera de las intervenciones realizadas, dentro de las mismas la producción fue menor en aquellas que tuvieron al paratil como evento, probablemente por la pérdida de agua que genera dicha labranza en el suelo.

Tabla 4- Rendimiento (qq/ha) de los diferentes tratamientos

	Rendimiento	Rendimiento respecto al testigo %
T	17,45 a	100
CCC.SP	24,65 b	141
SCC.CP	21,67 ab	124
CCC.CP	22,55 ab	130

T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.
Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

Por otro lado los resultados muestran una diferencia en potencial de producción por la posición topográfica, ya que los rendimientos obtenidos en la situación BAJO son consistentemente más altos que los obtenidos en la LOMA (Tabla 5). Pero en ambos bloques el mayor rendimiento lo logró el tratamiento que solo posee cultivo de cobertura.

Tabla 5- Rendimiento (qq/ha) de los diferentes ambientes

	LOMA	Rendimiento respecto al testigo %	BAJO	Rendimiento respecto al testigo %
T	14,4 b	100	20,5 a	100
CCC.SP	20,07 b	140	29,23 a	142
SCC.CP	18,10 b	126	25,23 a	123
CCC.CP	16,4 b	114	28,7 a	140

T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.
Letras distintas en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas.

5. Balance hídrico y consumo de agua por el CC

Con los datos obtenidos del cálculo de humedad, se procede a la comparación de la Evapotranspiración Real (ET_r) experimentada en cada bloque según el tratamiento realizado. Para lo cual se contó con la lámina actual al momento del inicio del CC (Mayo 2011) y al secado del mismo (23/09/2011) y las precipitaciones caídas en ese periodo.

5.1. BAJO

Las precipitaciones acumuladas en el periodo del cálculo de la ET_r, fueron 58 mm, el resto de las variables del balance se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6- ET_r de los diferentes tratamientos en el BAJO

Tratamiento	Precipitación (mm)	Lam. inicial (mm)	Lam. final (mm)	ET _r (mm)
Testigo	58	192	142	108
CCC.SP	58	192	70	180
SCC.CP	58	186	135	109
CCC.CP	58	186	90	154

T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.

Los resultados anteriores expresan un valor de ET_r superior en el tratamiento que posee solo cultivo de cobertura, seguido por aquel en combinación con paratil.

Los otros dos tratamientos correspondientes al testigo y solo paratil poseen valores más bajos de ET_r, la misma corresponde a la evaporación desde el suelo hacia la atmosfera, mientras que los anteriores si bien posee evaporación gran parte de esos milímetros son transpirados por el cultivo.

La humedad al inicio rondaba entre el 56% y 53% de la máxima capacidad de retención del suelo, para los tratamientos sin labranza vertical y con labranza respectivamente. Luego del transcurso del ciclo del cultivo de cobertura, en aquellos tratamientos que lo poseyeron, la lámina final fue menor.

5.2. LOMA

Las precipitaciones fueron iguales a las del bajo, al inicio la humedad que se encontraba en el suelo era el 78% y 67% de su máxima retención para los tratamientos sin paratil y con el mismo respectivamente.

Los resultados fueron similares a los obtenidos en el bajo, donde la mayor evapotranspiración fue en el tratamiento que solo posee cultivo de cobertura como se observa en la tabla 7.

Tabla 7- ETr de los diferentes tratamientos en la LOMA

Tratamiento	Precipitación (mm)	Lam. inicial (mm)	Lam. final (mm)	ETR (mm)
Testigo	58	172,5	113	117,5
CCC.SP	58	172,5	62	168,5
SCC.CP	58	155	95	118
CCC.CP	58	155	65	148

T: Testigo; CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil; SCC/CP: Sin cultivo de cobertura con paratil; CCC/CP: Con cultivo de cobertura con paratil.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Scianca *et al.* (2008), quienes encontraron que el contenido hídrico del suelo al momento del secado de los CC fue menor que el tratamiento testigo.

6. Eficiencia de barbecho

Se obtuvieron los datos de la loma, necesarios para el cálculo de la eficiencia de barbecho desde el secado del cultivo de cobertura hasta la siembra de la soja, siguiendo con la metodología propuesta por Quiroga *et al.* (2013).

Las precipitaciones hasta la siembra del cultivo principal (soja) y la humedad final junto con la eficiencia de barbecho obtenida, se detallan en la tabla 8.

Tabla 8- Eficiencia de barbecho de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Precipitación (mm)	Lam. inicial(mm)	Lam. final (mm)	Diferencia de almacenaje (mm)	Eficiencia de barbecho (mm)
Testigo	244	113	152	39	16
CCC.SP	244	62	135	73	30

CCC/SP: Con cultivo de cobertura sin paratil

El testigo presentó una eficiencia de barbecho baja, esto significaría que el 84% de las precipitaciones correspondieron a pérdidas de agua, mientras que solo el 16% quedó retenido en el suelo, en contraposición, el tratamiento de cobertura retuvo el 30%.

Si bien la lámina final en el testigo fue superior, de los 152 mm 113 mm corresponden a los que ya estaban almacenados en el suelo, por lo que en el periodo evaluado solo acumula 39 mm. Por otro



lado, en el tratamiento con cultivo de cobertura luego de su secado se almacenaron 73 mm, siendo de esta manera, más eficiente en el almacenaje de agua durante el período de barbecho.

Bajo estos resultados se puede afirmar que si bien el cultivo de cobertura genera un mayor consumo de agua, su secado antes de la siembra del cultivo principal, genera una cubierta en suelo que evita la pérdida de agua por evaporación, como así también alteraría el escurrimiento superficial a través de modificaciones en la rugosidad del suelo, aumentaría la infiltración al disminuir el impacto de las gotas del lluvia sobre la superficie, lo que se traduciría en un aumento en el contenido de agua útil en el suelo, coincidiendo con lo obtenido por Álvarez *et al.* (2004).

CONCLUSIONES

- La densidad aparente muestra disminución en los primeros cm del suelo, a favor de aquellos tratamientos con paratil. Entre los 10-30 cm ningún tratamiento generó efecto reductor de DAP, mostrando todos los tratamientos valores que comprometen la penetración y transporte de agua, dado que el paso de la herramienta de labranza vertical fue cercano a la superficie lo que hizo que no se genere efectos en dichas profundidades.
- La menor resistencia mecánica expresada a lo largo del perfil, tanto en el bajo como en la loma, se da en aquellos tratamientos que poseen paratil, ya sea solo como en el bajo o en combinación con CC en la loma. Entre los 20 y 30 cm ningún tratamiento logra disminuir la resistencia ya que la profundidad de trabajo no superó los 18 cm.
- En el bajo la infiltración básica en el tratamiento con cultivo de cobertura duplica al testigo, pasando de 24 mm/h a 51 mm/h. En la loma se observó el efecto contrario, por lo cual no queda claro el efecto del cultivo de cobertura sobre esta variable. No obstante el bajo número de mediciones sumado a la elevada variabilidad espacial de la infiltración, no permiten llegar a conclusiones definitivas sobre esta propiedad del suelo. Por otra parte la velocidad inicial en el bajo testigo duplica la del tratamiento con cultivo de cobertura, pero la misma no se sostiene en el tiempo, esto probablemente se deba a que el testigo mostraba menor cantidad de residuos en superficie, lo que hizo que el agua tome contacto más rápido con el suelo. En la loma ocurrió lo mismo pero con una magnitud menor.
- Se generó mayor ETr en los tratamientos con cultivo de cobertura, logrando un menor contenido hídrico en el suelo al momento del secado del mismo, lo cual no afectó el rendimiento.
- Bajo las condiciones de estudio, la cantidad de agua disponible al momento de la siembra de soja estuvo relacionado con las precipitaciones en el momento de la recarga y con la finalización del CC, haciendo más eficiente el barbecho en los tratamientos con cultivo de cobertura.
- El mayor rendimiento obtenido en ambos bloques, se da en el tratamiento que posee solo CC, con diferencias de 8,7 qq/ha (142%) en el bajo y 5,6 qq/ha (140%) en la loma, respecto del testigo.
- La implantación del CC, trae aparejado efectos positivos permitiendo principalmente aumentar el rendimiento productivo del cultivo, como así también participar en la economía del agua del suelo, variable muy importante en cultivos de secano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ÁLVAREZ, C., BARRACO, M., DÍAZ-ZORITA, M., PECORARI, C., Y M. ZANIBONI. 2004. Manejo de cultivos de cobertura en rotaciones con base soja en el noroeste bonaerense. **XIX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo**. Paraná, Entre Ríos.

ÁLVAREZ, C. R.; TORRES DUGGAN, M.; CHAMORRO, E.; D'AMBROSIO, D. y M.A. TABOADA. 2008. Efecto de la descompactación sobre algunas propiedades edáficas y el rendimiento de maíz en planteos de siembra directa. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

ÁLVAREZ, C.R.; TABOADA, M.A.; TORRES DUGGAN, M.; BUSTINGORRI, C. y E. CHAMORRO. 2010. Uso de descompactadores en planteos de siembra directa en la pampa ondulada: efecto sobre el suelo y el cultivo de maíz. **XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Rosario, Argentina.

APARICIO, V.C. y J.L. COSTA. 2000. Efecto de labranzas en las propiedades hidráulicas de suelos del sudeste bonaerense usando infiltrómetros de tensión. **XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Mar del Plata, Argentina.

BARRIOS, M.; BOZZO, A.; DEBELIS, S.; LEIVA, C.; MIRANDA, G.; GIMENEZ PADILLA, C. y A. BUJAN. 2004. Efecto de laboreo conservacionista sobre el rendimiento y algunas propiedades físicas del suelo en soja. **XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Paraná, Entre Ríos.

BERGESIO, L.B. 2011. *Persistencia del aflojamiento producido por una labor de descompactación en un sistema de producción mixto en un Haplustol típico del sur cordobés*. Tesis de Maestría. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. p: 8-35.

BESSON, P.; FARIAS G.; FOLGUERA, J.P. y L. FERRERAS. 2000. Compactación relativa del suelo y estabilidad de los agregados bajo diferentes situaciones de manejo. **XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Mar del plata, Argentina.

BONADEO, E.; MORENO I.; BONGIOVANI, M.; MARZARI, R.; y BERNARDO, I. Marzo 2010. *Sistema suelo-planta*. Capítulos N° 4, 5 y 6. p: de 49 a 90.



BOUWER H. 1986. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer En : KLUTE, A. Ed., *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods-* Agronomy Monograph no. 9 (2nd Edition). Madison, Wisconsin, USA.

CARFAGNO, P.F.; EIZA, M. J.; QUIROGA, A. y F. BABINEC. 2008.

Cultivos de cobertura: efecto sobre la dinámica del agua en el suelo. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

COLOMBANI, E. N.; COSTA, J.L.; STUDDERT, G.A. y E. SUERO. 2002. Evaluación de propiedades físicas de suelos del sudeste bonaerense bajo distintos manejos. **XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

DEIBERT E, J. 1983. The Role of Soil Physical Properties in Managing Reduced Tillage systems. North Dakota Farm Research 41(4):30-33.

DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

GUECAIMBURU, J.M; INTROCASO, R.M; TORELLA, J.M Y L. GÓMEZ. 2010. Comportamiento de la infiltración ante dos estrategias de manejo de siembra directa. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Rosario, Argentina.

INTA. 1998. Instituto nacional de tecnología agropecuaria. Carta de suelos de la República Argentina (Hoja 3362-26, ALEJANDRO). Córdoba. p: 5,6,23,24.

INTA. 1998. Instituto nacional de tecnología agropecuaria. Siembra Directa. Panigatti, J.L., H. Marelli, D. Buschiazzo, R.Gil (ed). Editorial Hemisferio Sur, S.A. 333p.

INTROCASO, R.M.; GUECAIMBURU, J.M.; TORELLA, J.L.; FAITA, E.C.; WASINGER, E. y C.B. IRURTIA. 2008. Acción de la descompactación en siembra directa sobre indicadores físicos de suelo. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

JOBBÁGY, E.G. y NOSETTO M.D. 2009. Napa freáticas: pautas para comprender y manejar su impacto en la producción. **XVII Congreso Aapresid**.



KLUTE, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. p. 635–660. In Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

LIPIEC J., I. HAKANSSON, S. TARKIEWICZ, J. KASSOWSKI. 1991. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. SOIL TILL. RES. 19: 307-317.

MAHBOUBI, A.A., LAL, R, FAUSSEY, N.R.. 1993. TWENTY-EIGHT YEARS OF TILLAGE EFFECTS ON TWO SOILS IN OHIO. SOIL SCI. SOC. AM. J. 57: 506-512.

MCVAY, K.A, RADELIFFE, D.E. y HARGROVE, W.L. 1989. **WINTER LEGUME EFFECTS ON SOIL PROPERTIES AND NITROGEN FERTILIZER REQUIREMENT.** Soil Sci. Soc. Am. J. 53, 1856-1862.

NAVARRO, G.M. 2011. *Evaluación de propiedades físicas del suelo en un ensayo de rotaciones y labranzas en sistemas de producción maniseros del área de General Cabrera.* Tesis de maestría. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

PURICELLI, C.A. 1985. La agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la Región Pampeana. Rev. Arg. Prod. Animal. 2: 33-48.

QUIROGA, A.; ÁLVAREZ, C.; SANTOS, D. y BODRERO M. Junio 2013. *Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción.* Completar cita.

RANGEON, N.; ACIAR, L.M.; OSINAGA, R; ARZENO, J.L. y C. SÁNCHEZ. 2008. Análisis de la resistencia a la penetración y humedad de suelo como indicadores de calidad en distintos sistemas de labranza. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.** Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

SANCHEZ, J.V; LEGUÍA, H.; PIETRARELLI, L.; ALESSANDRÍA, E.; ZAMAR, J.L; y M. ARBONO. 2006. Introducción de cultivos de cobertura en sistemas productivos de la región central de Córdoba. **XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.** Salta, Jujuy.

SANZANO, G.A.; FADDA, G.; y E. RIENZI. 2004. Relación entre encostramiento y tasa de infiltración bajo lluvia simulada en distintas situaciones de manejo de suelo. **XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.** Paraná, Entre Ríos.



SANZANO G.A.; SOSA F.; HASÁN A.J.; HERNÁNDEZ, C.F.; MORANDINI, M.; ROJAS QUINTEROS, H. y W. RODRÍGUEZ. 2008. Efecto del paratil en las propiedades físicas de los suelos en siembra directa con monocultivo de soja y rotación soja – maíz. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

SATORRE, E.H; BENECH ARNOLD, R.L; SLAFER, G.A; DE LA FUENTE, E.B; MIRALLES, D.J; OTEGUI, M.E y R. SAVIN. Marzo 2003. *Producción de granos*. Capítulo N°16, p: 377.

SCIANCA, C.; ÁLVAREZ, C.; BARRACO, M.; QUIROGA, A. y P. ZALBA. 2008. Cultivos de cobertura en un Argiudol típico del noroeste bonaerense. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del suelo**. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

SCOTT, H.D., KEISLING, T.C., WADDLE, B.A., WILLIAMS, R.W., y FRANS, R.E. 1990. EFFECTS OF WINTER COVER CROP ON YIELD OF COTTON AND SOIL PROPRIERTIES. *Arkansas Ag. Exp. St. Bull.* 924, 21 pp.

VARELA, M.F; FERNANDEZ, P.L; ÁLVAREZ, C; SCIANCA,C; RUBIO, G y M.A. TABOADA. 2010. Propiedades físicas que varían por la incorporación de cultivos de cobertura en Hapludoles franco arenosos. **XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Rosario, Argentina.