

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA DISMINUCIÓN DE
MATERIA ORGÁNICA A TRAVÉS DEL TIEMPO EN LAS
PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELOS DE NUESTRA
ZONA BAJO PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.

0

- Escuela Secundaria Agraria n° 1
- R. Santamarina
- Wima.65.68gv@gmail.com
- 2262614835
- Trabajo de alumnos de 6to y 7mo año:
- Achilini Mia M, Casal Kevin, Ayala Chuquel Baltazar, Diez, Gustavo, Fergero Brenda, Fernandez Samir, Giovinazzo Gabriel, Godoy Aaron, Gutierrez Rodrigo, Lencina Arce Alejandro, Levratti Andres, Lucero Abril, Lucero Oriana, Reyes Fernandez Fausto, Roteño Luciana, Sanchez Belsito Juan Cruz, Silva Muñoz Viviana, Somoza Cejas Erik, Trejo Evelyn, Lopez Nahuel, Argaya, Valentinm
- Tutores: Willy Gutiérrez, Mariano Morán, Maximiliano Eiza, Eduardo Mugaburu, Diego Franco, docentes

RESUMEN

En la región del sudeste bonaerense, los suelos desde su condición prístina, presentan valores del orden del 6 a 7% de materia orgánica (MO) en promedio. Con el avance de la agricultura, la remoción con labranzas y producción de cultivos, dichos valores se han reducido a causa de la mineralización de MO. Las propiedades físicas están ligadas al contenido de MO, por lo cual dicha variación afecta algunas de ellas como la capacidad de infiltración (INF), la resistencia mecánica a la penetración (RMP) y densidad aparente (DA) entre otras. Por ello se hipotetizó qué suelos en producción agropecuaria, presentan menor INF y mayor RMP versus una condición Pseudoprístina, limitando en cierta medida la producción. El objetivo de este trabajo, es evaluar el impacto de la reducción de MO influenciando el deterioro de las propiedades físicas de suelos en producción y su impacto en la productividad. Las evaluaciones se hicieron en tres sitios diferentes, uno en cercanías a la localidad de Ramón Santamarina ($38^{\circ}26'50.46''S$; $59^{\circ}19'56.65''O$), sobre la unidad cartográfica (UC) Homónima y los sitios restantes en cercanías a la localidad de Necochea, sobre las UC de Azul ($38^{\circ}30'18.68''S$; $58^{\circ}52'40.58''O$) y Necochea ($38^{\circ}35'41.59''S$; $38^{\circ}35'41.59''S$) midiendo INF y RMP. Comparando dos situaciones contrastantes, suelo en producción agropecuaria y suelo en condición pseudoprístina. Se observó reducción en INF en suelos de larga historia de producción agrícola comparados con la condición pseudoprístina para ambos casos analizados, UC Azul y Necochea, habiendo diferencias significativas en esta última. Con respecto a RMP, para las tres UC medidas se encontraron que a los 20cm de profundidad todas superaron el umbral crítico para el normal crecimiento de raíces de 2Mpa. La diferencia estuvo principalmente en magnitud, llegando a valores 11 a 13Mpa. Se concluye que existe una disminución en INF de suelos productivos contrastados con un suelo prístino, evidenciando la presencia de capas sub superficiales compactadas mediante la medición de RMP.

INTRODUCCION

El suelo está conformado por una fracción sólida (minerales y materia orgánica (MO)) y una fracción porosa que puede estar ocupada por aire y/o agua (Blaya y García, 2003). Estas fracciones cumplen un papel importante en el funcionamiento global del suelo. La fracción mineral se encuentra formada por partículas menores que 2 mm de diámetro aparente y está constituida por arena, limo y arcilla. Conocer la proporción en la que se encuentran dichas fracciones (textura), es imprescindible para entender el funcionamiento y la posible variación desde el punto de vista químico y físico del suelo ante las prácticas de manejo (Greve et al., 2012).

En el sudeste bonaerense (SB) los suelos se caracterizan por un contenido de 5-6% de MO, con capacidad de resiliencia ante un cambio en sus caracteres tanto químicos como físicos. Sin embargo, el largo historial bajo labranzas agresivas como la convencional con arado de reja (LC), provocó deterioro de algunas propiedades físicas, ya que se produjeron pérdidas de MO por emisiones de C-CO₂ al acelerarse la tasa de mineralización. Esto pone en riesgo calidad del suelo en el largo plazo mediante procesos erosivos, pérdida de MO y de estructura. Por otro lado, en la actualidad el sistema de siembra directa (SD) es el de mayor difusión y utilización en el país, la mínima remoción y el uso consecutivo durante años, tiende a incrementar la densidad aparente (DA) y la resistencia mecánica a la penetración (RMP) limitando la velocidad de infiltración (INF).

La fracción orgánica o MO del suelo, es una compleja y variada mezcla de sustancias provenientes de residuos de origen vegetal y animal, transformadas a través del tiempo por los organismos del suelo. La fracción orgánica del suelo está constituida por compuestos carbonados de distinta estabilidad, que se acumulan por acción de la actividad biológica (Baldock y Nelson, 2000). Por otro lado, las partículas minerales actúan como "ladrillos" cuando se aglomeran por medio de agentes cementantes como geles, polisacáridos y gomas resultantes de la metabolización microbiológica de la MO. Dichos agentes son mayormente responsables de la formación y estabilización de agregados por unión entre partículas minerales. Al formarse los agregados, quedan espacios vacíos entre ellos constituyendo el espacio poroso, importante para la producción de los cultivos por su

rol de almacenaje, provisión de agua y la creación de una condición de suelo indispensable para el desarrollo de raíces (Bullock, 1992). De esta manera se conforma la estructura del suelo (Oades, 1984).

En los sectores del Sudeste Bonaerense (SB) donde se utilizó LC muy agresiva (alta frecuencia e intensidad de laboreo) durante muchos años, se produjo la aceleración de la mineralización de la MO, la pérdida de nutrientes y el deterioro de algunas propiedades físicas de los suelos (Ferrerías et al., 2000; Sainz Rozas et al., 2011) y, con ello, la exposición del suelo a procesos erosivos. Para una combinación de clima y suelo dada, la disminución de los niveles de MO en el tiempo bajo agricultura es directamente proporcional a la agresividad del SL empleado (Studdert et al., 2005).

Actualmente, la SD es el SL más difundido en el país, debido a ventajas tales como la protección directa de la superficie del suelo por rastrojos, el mejoramiento de la dinámica del agua en el perfil y de la condición superficial del suelo (INTA, 2013). La cobertura y la ausencia de remoción bajo SD son condiciones a lograr en suelos del SB susceptibles a la erosión hídrica (Studdert et al., 2005).

Los SL con remoción de suelo rompen los macroagregados y provocan la reducción de su estabilidad, debido a la acción física directa y a la reducción del contenido de MO por exposición de fracciones que se hallaban protegidas dentro de los agregados (Six et al., 2004). La SD en cambio, tiende a mejorar la agregación y la estabilidad de los agregados (EA) (Agostini et al., 2012) por promover la acumulación de MO principalmente en los primeros centímetros del suelo (Domínguez et al., 2009).

La magnitud del efecto de los diferentes SL variará según el tipo de suelo, contemplando el contenido de MO, textura, historia de manejo previa a su aplicación, entre otros (Chagas et al., 1994). Por ello, en la bibliografía existen resultados contrapuestos al respecto. Para suelos del SB, Aparicio y Costa (2007) reportaron menor EA bajo LC con respecto a SD, mientras que Ferrerías et al. (2000) no encontraron diferencias en EA entre SL en suelos degradados.

Las variaciones en la EA, están directamente relacionadas con el comportamiento del sistema poroso del suelo y consecuentemente con la densidad aparente (DA), la velocidad de infiltración (INF) y la resistencia mecánica a la penetración (RMP).

Varios autores han informado que en sistemas bajo SD, aumentan los valores de DA y/o RMP y se reduce la INF, respecto a LC (Balbuena et al., 2003; Fabrizzi et al., 2005).

Los suelos agrícolas del SB se caracterizan por presentar textura franca en el horizonte superficial, con niveles actuales de 5-6 % de MO. Si bien este contenido es menor que el de su condición prístina (Sainz Rozas *et al.*, 2011), es una característica que confiere resiliencia ante las prácticas de manejo. Por ello es necesario realizar evaluaciones con el fin de determinar de qué forma es afectado el suelo bajo diferentes SL y analizar de qué manera implementarlos para disminuir los riesgos de degradación de las propiedades físicas. Esto resulta ser un punto clave de los sistemas productivos para lograr sustentabilidad en el tiempo.

Por lo antes mencionado y para las condiciones edafoclimáticas de la región sudeste bonaerense se plantean las siguientes hipótesis:

- La siembra directa reduce la capacidad de infiltración versus un suelo prístino.
- Las limitantes en la producción agrícola están relacionadas al deterioro de las propiedades físicas de los suelos como la compactación sub superficial.
- La caída de la materia orgánica estaría relacionada con el aumento de RMP debido a la presencia de capas compactadas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de la reducción en la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo, la biodiversidad, la salud del suelo en el tiempo y sus consecuencias en la producción en el mediano plazo, proponiendo alternativas que sean sustentables para disminuir los efectos negativos a causa de años consecutivos en producción agropecuaria.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Analizar y comparar propiedades físicas, como infiltración (INF) y resistencia mecánica a la penetración (RMP) de suelos en producción agropecuaria versus suelos en condición pseudoprístina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de los lotes:

La ubicación de los lotes se efectuó utilizando la carta de suelos de la República Argentina hoja 3960 – 11 – 4 / 39-11- 1 y 3960 – 12-3 hojas en escala 1:50000. En ellas se ubicaron los lotes y se determinaron las series de suelos.

El lote numero 1 ubicado en la hoja 3960-12-3, perteneciente al productor Mariano Moran, corresponde a la unidad cartográfica Ne4 y los estudios se realizaron sobre una porción de suelo que responde a la unidad taxonómica azul suavemente ondulada.

El lote numero 2 ubicado en la hoja 3060 – 11 – 4, perteneciente al productor Juan Balsategui, corresponde a la unidad cartográfica Ne y los ensayos se realizaron sobre una porción del suelo que responde a la unidad taxonómica Necochea.

El lote numero 3 ubicado en la hoja 3960- 11 – 1, perteneciente a la escuela agropecuaria, corresponde a la unidad cartográfica Az28 y los ensayos se realizaron sobre una porción de suelo que corresponde a la unidad taxonómica Ramón Santamarina.

Ensayos:

Determinación de densidad aparente (DA):

Materiales

1. Masa
2. Cilindros metálicos
3. Cuchillo

Método

El suelo debe tener cierta humedad que permita extraer la muestra sin que se fracture. Si el suelo no tiene humedad deseada, humedecer el sector donde se tomará la muestra.

Clavar los cilindros a la profundidad deseada sin generar compactación en la muestra para ello se debe golpear en forma homogénea (vertical) sobre una madera dura de mayor diámetro que el cilindro.

Enrasar la muestra en ambos extremos.

Importante: el volumen del cilindro tiene que estar completamente lleno de suelo, sin tener grietas o faltante de material.

Extraer todo el material en una bolsa y rotular. Sacar un mínimo de tres repeticiones.

Infiltración con anillo simple.

Determinación de Infiltración (INF):

Materiales:

1. Infiltrómetro de anillo simple de 21 cm de diámetro.
2. Botella de Mariotte de acrílico graduado en mm
3. Plancha de acero
4. Base plástica para apoyo de la botella de Mariotte
5. Masa
6. Cronometro

Procedimiento:

a) Preparación del Instrumental

- Ubicar el Infiltrómetro en el sitio seleccionado
- Apoyar la plancha de acero sobre el anillo y clavarlo golpeando con la masa hasta la profundidad indicada.
- Colocar la base de plástico cubriendo el anillo
- Llena completamente las botellas con agua y disponer junto a los anillos clavados.
- Lectura
- Completar todos los datos requeridos de la planilla
- Iniciar el cronometro
- Colocar botellas invertidas sobre las bases plásticas en cada uno de los Infiltrómetro

- Realizar lecturas regularmente cada 5 minutos de la lámina infiltrada en el orden de colocación de las botellas. Extender las lecturas por lo menos una hora o hasta alcanzar valores de infiltración constante.
- Una vez concluido el ensayo analizar los datos tabulados de la lectura de la planilla. Se debe calcular la infiltración.

b) Ensayo:

- Restar 10 mm a la primera lectura. Estos 10 mm corresponden a la carga del aparato a inicio del ensayo
- Calcular la infiltración acumulada a cada tiempo de lectura
- Calcular el diferencial de agua infiltrada en función del tiempo [mm h-1]
- Calcular la infiltración básica del suelo estudiado utilizando un modelo de ajuste no lineal de los datos. Se sugiere la utilización del modelo Horton.

Determinación de resistencia mecánica a la penetración (RMP)

Materiales

1. Penetrómetro de golpes
2. Planilla para toma de datos

Método

- 1) Ubicar el penetrómetro verticalmente en un sitio representativo de la situación a evaluar.
- 2) Levantar la pesa móvil de manera delicada hasta el tope superior.
- 3) Dejar caer la pesa sin imprimirle aceleración.
- 4) Repetir la operación hasta alcanzar la profundidad de 5 cm contabilizando la cantidad de golpes necesarios para alcanzar cada profundidad.
- 5) Registrar en las planillas la cantidad de golpes cada 5 cm de profundidad.
- 6) Transformar la cantidad de golpes en energía.

Análisis estadístico

Para cada variable se realizó un análisis de varianza. Cuando las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) se realizó la comparación de medias mediante el test de mínima diferencia significativa (LSD). Los análisis estadísticos se realizaron siguiendo rutinas del paquete estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2013).

RESULTADOS

a) INFILTRACION (INF):

Dentro de los campos relevados, donde se hizo determinación de infiltración en un periodo de 60 minutos, se encontraron diversos datos. Por un lado, en la unidad cartográfica de Azul, se hicieron mediciones en dos situaciones contrastantes. Un Lote en producción agrícola que al momento de hacer la determinación se encontraba con cultivo de cebada y un lote con pastura de agropiro. En La Figura 1 se puede observar una tendencia de mayor infiltración en el lote de pastura, no se encontraron diferencias significativas en las mediciones debido a los altos coeficientes de variación (%CV). En el inicio de 1,5 minutos la diferencia alcanza los 420mm, luego a los 3 minutos la diferencia se reduce a 47mm en ambos tiempos a favor del lote de pastura. Esto se debe a la mayor presencia de macro poros superficiales en el lote de pastura respecto del lote de cebada. Sin embargo, la tendencia es a estabilizarse pasando los 5 minutos, a valores de 25 a 30mm siendo mínimas las diferencias. Esto se debe a que los poros están saturados.

Para el caso de INF en la unidad cartográfica Necochea Figura 2, la INF fue mayor dentro de todo el rango de tiempo analizado para el lote pastura respecto del lote trigo. Habiendo diferencias significativas, excepto en el minuto 1,5 donde debido al elevado %CV estadísticamente no se encuentran diferencias significativas. Sin embargo, la diferencia de 210mm agrónomicamente es una tendencia muy marcada. Una vez saturados los poros la tendencia se mantiene igual, esto puede ser causa de la mayor porosidad en la pastura y principalmente macro y bioporos, a causa del mantenimiento de raíces vivas por más tiempo versus un lote en rotación con cultivos anuales.

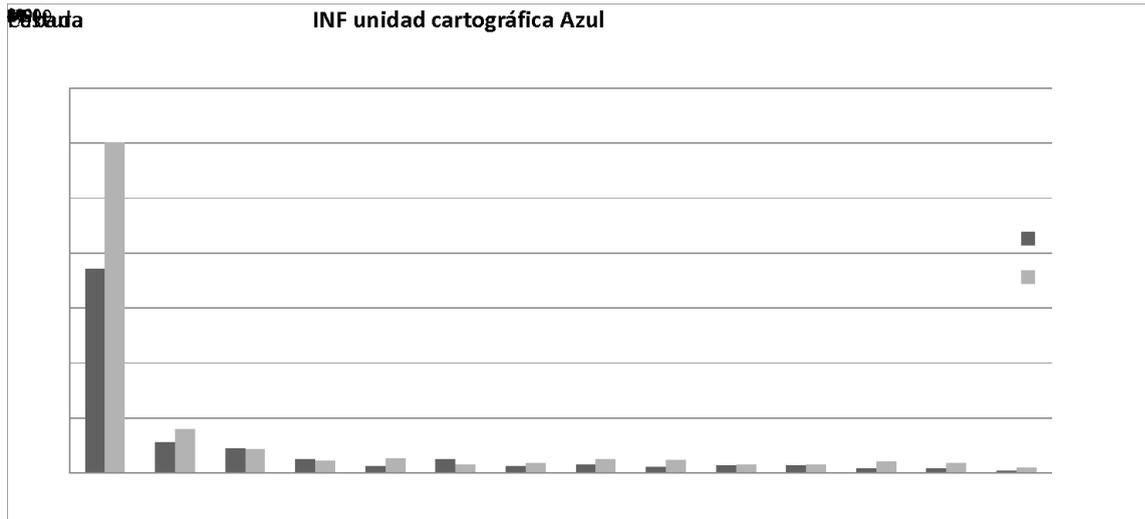


Figura 1. Infiltración instantánea medida en milímetros durante un periodo de 60 minutos. Para la unidad cartográfica Azul. Letras diferentes indican diferencias significativas $P < 0,05$

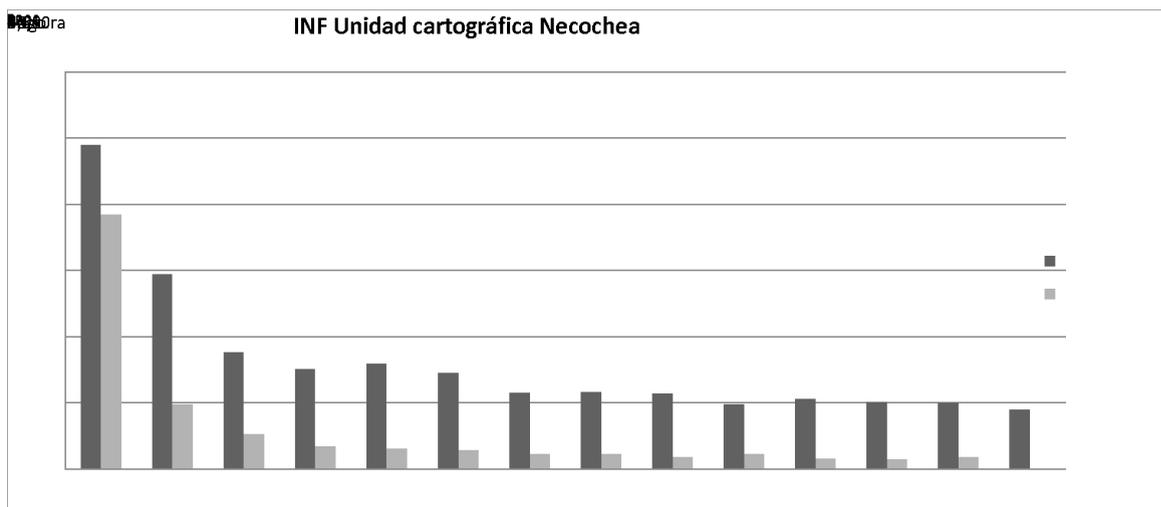


Figura 2. Infiltración instantánea medida en milímetros durante un periodo de 60 minutos. Para la unidad cartográfica Necochea. Letras diferentes indican diferencias significativas $P < 0,05$.

b) RESISTENCIA MECÁNICA A LA PENETRACIÓN (RMP):

Se realizaron determinaciones de RMP en tres sitios diferentes, para el caso de la figura 3, correspondiente a la unidad cartográfica Ramón Santamarina, se tomaron mediciones en dos lotes con diferente condición, uno con limitante de profundidad por presencia de tosca y otro sin limitante. Se pudo observar que a

partir de los 15cm de profundidad ambos lotes mostraron valores de RMP superando el umbral crítico de 2 Mpa para el normal crecimiento de las raíces reportado por la bibliografía (Threadgill, 1982). Para el caso de la unidad cartográfica azul Figura 4, se observa que tanto la pastura como el lote de cebada presentan comportamiento similar, con diferencias estadísticas mínimas a nulas. A partir de los 20cm de profundidad la pastura supera el umbral crítico, mientras que el lote de cebada lo hace a los 25cm. Pasando dichas profundidades, se observa tendencia a mayor RMP en pastura. El incremento abrupto para ambos casos a los 35cm se debe a la presencia de un horizonte B textural. En la situación de la unidad cartográfica Necochea Figura 5. A partir de los 7cm de profundidad superan ampliamente el umbral crítico, alcanzando valores máximos de 11Mpa para el trigo y 13Mpa para la pastura en los 20cm, cabe aclarar que en el momento de realizadas las mediciones en este último, el suelo presentaba escasa humedad por lo que el coeficiente de lubricidad del penetrómetro es mucho menor arrojando valores de RMP más elevados de lo normal. Sin embargo, estos valores son muy abruptos y no sólo se deben a la falta de humedad, si no a la presencia de una capa compactada a dicha profundidad. Luego de superados los 20cm el lote de trigo muestra una disminución abrupta llegando a valores de 4Mpa en los 40cm, en cambio la pastura muestra reducción en RMP a menor tasa, cayendo hasta 8Mpa y manteniéndose en 10Mpa hasta los 40cm.

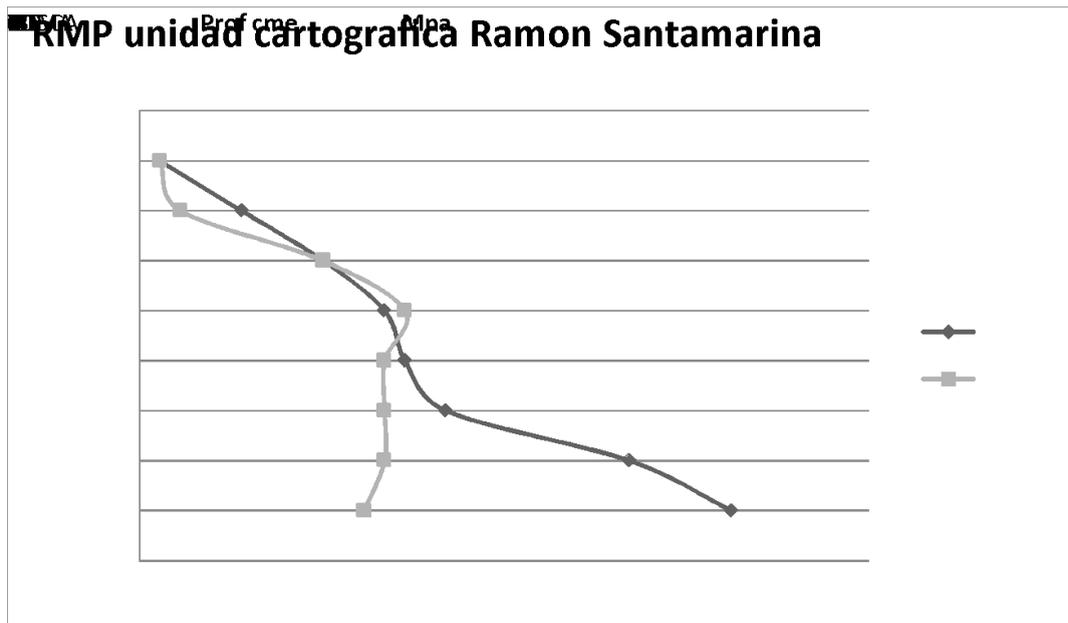


Figura 3. Resistencia mecánica a la penetración medida en mega pascuales (Mpa) hasta la profundidad de 40cm con intervalos de medición de 5cm. Para la unidad cartográfica Ramon Santamarina ubicado en la localidad de R. Santamarina. Comparando un perfil con limitante de tosca y una loma profunda.



Figura 4. RMP Resistencia mecánica a la penetración medida en mega pascuales (Mpa) hasta la profundidad de 40cm con intervalos de medición de 5cm. Para la unidad cartográfica Azul ubicado en cercanías de la ciudad de Necochea ($38^{\circ}30'18.68''S$; $58^{\circ}52'40.58''O$) Comparando dos situaciones contrastantes de suelo. Letras diferentes indican diferencias significativas $P < 0,05$.

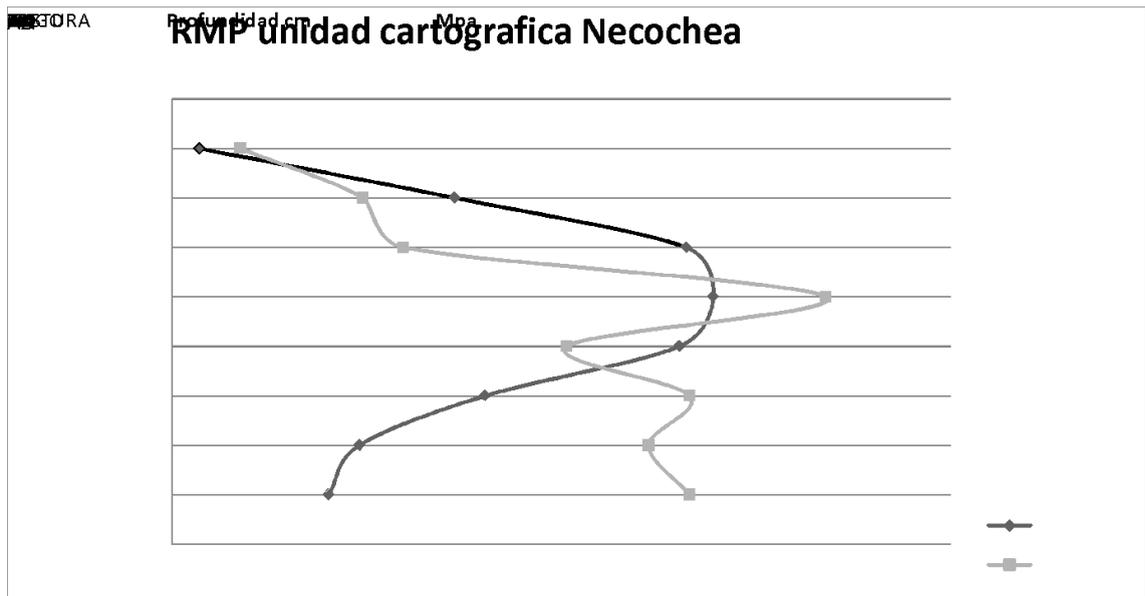


Figura 5. RMP Resistencia mecánica a la penetración medida en mega pascuales (Mpa) hasta la profundidad de 40cm con intervalos de medición de 5cm. Para la unidad cartográfica Necochea ubicado en zona costera del partido Homónimo (38°35'41.59"S; 59° 3'56.91"O) Comparando dos situaciones contrastantes de suelo. Letras diferentes indican diferencias significativas $P < 0,05$.

c) IMÁGENES ILUSTRATIVAS:

Como dato adicional se tomaron imágenes de las malezas presentes en los alrededores de los sitios relevados, en este caso una crucífera de raíz pivotante *Brassica rapa*, donde al encontrarse la raíz con una capa compactada, busca penetrar el suelo por los lugares de menor resistencia, como lo son las grietas o bioporos. Comprobando desde otro punto de vista la presencia de una capa densificada. Imágenes 1 y 2.



Imagen 1: Observación de raíz de Nabo, maleza común distribuida por la zona, con problemas de raíces. Unidad cartográfica Necochea



Imagen 2 Observación de raíz de Nabón, maleza común distribuida por la zona, con problemas de raíces a causa de suelo compactado. Unidad cartográfica Necochea

d) OBSERVACIÓN DE PERFILES MODALES:

En cada unidad cartográfica muestreada, se realizaron pequeñas calicatas para observar y caracterizar el perfil en cuestión.

Unidad cartográfica Ramón Santamarina

Horizonte	Profundidad (cm)	Color
A1	0-18	Pardo
B2t	18-36	Pardo oscuro
B3	36-65	Pardo oscuro
C	65-80	

Tabla 1. Perfil Modal de unidad cartográfica Ramón Santamarina**Unidad cartográfica Azul**

Horizonte	Profundidad (cm)	Color
Ap	0-15	Negro
A12	15-21	Negro
B1	21-29	Negro
B2t	29-63	Pardo oscuro
B3	63	Pardo

Tabla 2. Perfil Modal de unidad cartográfica Azul**Unidad Cartográfica Necochea**

Horizonte	Profundidad (cm)	Color
A1	0-15	Negro
A12	15-28	Negro
A3	28-41	Pardo oscuro
B2t	41-63	Pardo oscuro
B3	63-89	Pardo
C	89+	Pardo

Tabla 3. Perfil modal de unidad cartográfica Necochea

DISCUSIÓN

Los resultados encontrados podrían atribuirse a la utilización de labranzas horizontales durante muchos años sin superar los 15cm de profundidad, las cuales inducen a una compactación acumulativa debajo de dicha profundidad (Balbuena et al., 2009). Sin embargo, debería realizarse una mayor cantidad de determinaciones distribuidas espacialmente en la región bajo estudio ya que la variación espacial dentro de las zonas muestreadas con respecto a propiedades físicas es muy variable (Castrignano *et al.* 2000) En un futuro, queda por analizar la magnitud del impacto en que afectan las propiedades físicas al rendimiento de cultivos, ya que existe evidencia de una fuerte relación entre las propiedades físicas y el rendimiento de cultivos bajo siembra directa (Venanzi et al., 2002; entre otros). Así mismo validar la relación entre la caída de la MO y el deterioro de las propiedades físicas (Agostini *et al.* 2012).

Es necesario realizar más observaciones para ver si esta tendencia que encontramos se mantiene en otras situaciones de manejo. Queda abierta la discusión sobre cuáles deberían ser las prácticas de manejo que puedan utilizarse para disminuir estos impactos negativos en las propiedades investigadas. Planteando en la discusión el rol que juega la incorporación de cultivos de servicio en la disminución de estos impactos negativos.

Como así también el rol que juega el reciclado de materia orgánica proveniente de diversas actividades agropecuarias, industriales y urbanas para hacer más eficientes los sistemas.

CONCLUSIONES

- Existe una disminución en la capacidad de infiltración de suelos productivos contrastados con un suelo prístino.
- En lotes de producción agrícola se evidencio la presencia de capas sub superficiales compactadas mediante la medición de RMP superando el

umbral para el normal crecimiento de raíces de 2mpal, alcanzando niveles de hasta 14mpal desde los 15 a 20 cm de profundidad.

- En la unidad cartográfica Azul no se detectaron diferencias significativas con el penetrómetro. Sin embargo, en algunos puntos con problemas de infiltración (en los que se realizó un sondeo con el pinche de mano) se detectó un aumento en la resistencia a la penetración. Además, luego de la realización de sondeos con la pala se observó la formación de estructuras laminares, lo cual se corroboró con la presencia de desviación en raíces de “nabo” (*Brassica rapa*).
- En la unidad cartográfica Necochea, la presencia de raíces con una desviación de 90 grados, reveló la misma problemática.
- En relación al contenido de MO en suelos prístinos de Necochea, datos históricos revelan un porcentaje aproximado de 6.5, mientras que en lotes bajo producción agrícola la cifra cae a 5.4%.
- Los ensayos pertenecientes a la unidad cartográfica Azul, también demostraron una disminución en el contenido de materia orgánica.
- Recomendamos realizar más estudios a fin de recolectar mayor cantidad de datos observar si se mantiene esta tendencia en la disminución de la calidad de las propiedades físicas de los suelos, relacionadas con el contenido de materia orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

Agostini, MA; GA Studdert & GF Domínguez. 2012. Relación entre el cambio en el diámetro medio de agregados y el carbono orgánico y sus fracciones. Actas XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Abril 2012. En CD.

Aparicio, V.; Costa, J.L. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 96(1):155-165.

Barber, R. G. y Navarro, F. 1994. The rehabilitation of degraded soils in eastern Bolivia by subsoiling and the incorporation of cover crops. *Land Degradation and Rehabilitation*. 5:247-259.

Baldock, J. A. & Nelson, P. N. Soil organic matter. In: M. E. Summer, ed. *Handbook of Soil Science*. Washington: CRC Press. p. B25-B84., 2000.

Bullock, D.G. 1992. Crop rotation. *Crit. Rev. Planta. Sci.* 11: 309-326.

Castrignano, A., Giugliarini, L., Risaliti, R. and Martinelli, N.2000. Study of spatial relationship among some of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma*, 97, 39-60.

Chagas, C. I.; Marelli, H. J.; Santanatoglia, O. J. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol típico bajo tres sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo*, Buenos Aires, v. 12, p. 11-16, 1994.

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. *InfoStat*. [CD ROM]: versión 2015. Córdoba, Argentina. Programa computacional.

Domínguez, GF; NV Diovisalvi; GA Studdert & MG Monterubbianesi. 2009. Soil organic C and N fractions under continuous cropping with contrasting tillage systems on mollisols of the southeastern pampas. *Soil Tillage Res.* 102: 93-100.

Ferreras, LA; G Magra; P Besson; E Kovalevski & F García.2007. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 25: 159-172.

Fabrizzi, K.P; Garcia, F.O; Costa, J.L.; Picone, L.I. 2005. Soil water, physical properties and corn and water responses to minimum and no-till systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 81(1):57-69.

Greve, M.H., Kheir, R.B., Greve, M.B. y Bocher, P.K. (2012). «Quantifying the

ability of environmental parameters to predict soil texture fractions using regression-tree model with GIS and LIDAR data: The case study of Denmark». Ecol. Indic. n° 18, 1-10.

INTA. 2013. Boletín informativo. Siembra directa: la elegida para conservar el suelo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [en línea]
<<http://intainforma.inta.gov.ar/?p=18029>>

Oades, J. M. 1984. Soil organic mater and structural stability: mechanics and implications for management. En: Plant Soil. Vol.76; p. 319-337.

Sainz Rozas H., Echeverria H.E. & Angelini H. 2011. Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. Ci. Suelo 29:29-37.

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.

Studdert, GA; GF Dominguez; MJ Eiza & CC Videla. 2005. Manejo de cambios en el suelo a través de rotaciones de cultivos y labranzas en el sudeste bonaerense: algunos resultados de ensayos de larga duración. Simposio "Impacto de la Intensificación de la agricultura sobre el recurso suelo". Colonia del Sacramento, Uruguay, octubre 2005.

Venanzi, S., Vallati, A. y Kruger, H. 2002. Crecimiento temprano del trigo en función de la densidad aparente del suelo. Actas del XVIII CACS. Puerto Madryn. Trabajo en CD. 6pp.

ANEXO FOTOS DE LAS ACTIVIDADES

Trabajos de gabinete





Trabajos de elección del título y armado de conclusiones





Primer Jornada de campo unidad cartográfica Azul



Segunda jornada de campo unidad cartográfica Necochea







Tercer jornada unidad cartográfica ramón Santamarina













Asistencia a capacitaciones

