

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar
al Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Práctica Profesional

COMPACTACIÓN DE SUELO PRODUCTO DEL
PISOTEO DE BOVINOS EN PASTOREO EN UN
ESTABLECIMIENTO DEL SUR DE CÓRDOBA

Nicola Juan Cruz

DNI N° 38731004

Director: Ing. Agr. Rosana Marzari

Co-director: Ing. Agr. Marcos Bongiovani

Tutor externo: Ing. Agr. Gustavo Nicola

Río Cuarto- Córdoba

Febrero 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Compactación de suelo producto del pisoteo de bovinos en pastoreo en suelos del sur de Córdoba.

Autor: Nicola, Juan Cruz

DNI: 38.731.004

Director: Marzari, Rosana

Co-Director: Bongiovani, Marcos

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado

Evaluador:

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

Secretario Académico

ÍNDICE

	Página
Resumen	VI
Summary	VII
Introducción	8
Objetivos	13
Descripción de la empresa	14
Descripción de las tareas realizadas	17
Conclusiones	41
Bibliografía	42
Anexos	46

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1: EV para las distintas categorías de animales y meses del año en el período analizado, abril-noviembre (Cocimano <i>et al</i> , 1975)	22
Tabla N° 2: EV diarios para el número de animales correspondiente a cada categoría, en el período de tiempo analizado, abril-noviembre	22
Tabla N° 3: EV de todas las categorías, diario y mensual.	22
Tabla N° 4: Raciones de distintos recursos forrajeros en el período de tiempo analizado, abril-noviembre (Bavera <i>et al</i> , 2005)	23
Tabla N° 5: Raciones aportadas por distintos suplementos, toneladas necesarias para cubrir la demanda y observación referida a la forma de obtención (Bavera <i>et al</i> , 2005)	23
Tabla N° 6: Balance entre la oferta y la demanda forrajera expresado en raciones mensuales.	24
Tabla N° 7: Historia de las últimas dos campañas del lote 4, 8 y 14.	28
Tabla N° 8: Historia de las últimas dos campañas del lote $\alpha\alpha$ y lote 16.	31
Tabla N° 9: Arcilla, limo y arena de los primeros 20 cm de suelo del lote 8	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1: Ubicación geográfica de la localidad de Huanchillas en la provincia de Córdoba (Google Maps)	14
Figura N° 2: Ubicación geográfica del establecimiento (Google earth)	15
Figura N° 3: Imagen satelital del establecimiento (Google earth)	15
Figura N° 4: Pastoreo rotativo de terneros en pastura de centeno	20
Figura N° 5: Terneros en recría pastoreando centeno	20
Figura N° 6: Temperaturas y precipitaciones medias mensuales para el centro y sur de Córdoba (INTA MANFREDI <i>et al</i> , 2006)	25
Figura N° 7: Balance hídrico climático para el centro y sur de Córdoba (INTA MANFREDI <i>et al</i> , 2006)	26
Figura N° 8: Departamento Juárez Celman y sus unidades cartográficas (INTA MANFREDI <i>et al</i> , 2006)	26
Figura N° 9: Unidad cartográfica donde se encuentra el campo (Mnur-9) simbolizada con un círculo azul	27
Figura N° 10: Pastura de centeno pastoreada por terneros en recría	30
Figura N° 11: Centeno rebrotando luego del pastoreo	30
Figura N° 12: Medición de resistencia mecánica con penetrómetro luego del pastoreo	31
Figura N° 13: Valores medios de la variación de la resistencia mecánica con la profundidad en los lotes evaluados	32
Figura N° 14: Media de la resistencia mecánica en cada fecha evaluada	33

Figura N° 15: Humedad de suelo promedio en cada fecha evaluada	34
Figura N° 16: Promedio de la resistencia mecánica en cada lote evaluado	34
Figura N° 17: Resistencia mecánica entre 0-5, 5-10, 10-15 cm de suelo y comparación de medias (DGC)	35
Figura N° 18: Resistencia mecánica entre 15-20, 20-25 cm de suelo y comparación de medias (DGC)	36
Figura N° 19: Resistencia mecánica entre 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 cm de suelo y comparación de medias (DGC)	36
Figura N° 20: Resistencia mecánica entre 45-50, 50-55 cm de suelo y comparación de medias (DGC)	37
Figura N° 21: Valores medios de la resistencia mecánica con respecto a la profundidad en tres situaciones que difieren en la historia del manejo y el uso de suelo	38
Figura N° 22: Porcentaje de materia orgánica de los diferentes lotes	39
Figura N° 23: Densidad aparente entre los 0-5 y 5- 10 cm de suelo en los lotes 8 y	40

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Promedio de la resistencia mecánica en las diferentes profundidades de suelo	46
Anexo 2. Promedio de la resistencia mecánica en las diferentes fechas	46
Anexo 3. Promedio de la humedad en las diferentes fechas (%)	46
Anexo 4. Promedio de resistencia mecánica en cada lote	47
Anexo 5. Cuadrado medio y significancia de los análisis de la varianza para la variable Resistencia mecánica (%)	47
Anexo 6. Comparación de medias con la prueba DGC	47

RESUMEN

En los sistemas agrícolas-ganaderos el pisoteo animal es un factor que puede afectar negativamente el desempeño de los cultivos afectando el crecimiento radicular. Como resultado de la ocurrencia de compactación, el horizonte superficial de los suelos pastoreados suele tener, mayor densidad aparente y resistencia a la penetración de las raíces. El parámetro más utilizado para predecir la respuesta de los cultivos a las condiciones de impedancia mecánica es la resistencia a la penetración. Los penetrómetros miden la resistencia de suelo, manifestando el grado de compactación del mismo. El umbral a partir del cual se ven afectados la mayoría de los cultivos es 2 Mpa de resistencia mecánica. Se midió la compactación generada por el pisoteo animal en un campo en el sur de Córdoba que tiene una producción agrícola-ganadera. Las mediciones se realizaron en lotes de centeno que recibieron 3 pastoreos con terneros en recría. La pérdida de humedad en el suelo durante los meses de invierno también fue un factor determinante ya que esta inversamente relacionada con la resistencia mecánica. El resultado fue un aumento de la resistencia mecánica en los primeros 15 cm de suelo superando el umbral crítico de 2 Mpa. Además del pisoteo animal, la resistencia también se vio afectada por la humedad del suelo y la historia del lote.

Palabras claves: Resistencia mecánica, pisoteo, penetrómetro, humedad.

SUMMARY

In agricultural-livestock systems, animal trampling is a factor that can negatively affect the performance of affective crops of root growth. As a result of the occurrence of the compaction, the superficial horizon of the soils, the grazed orifices often have, greater apparent density and resistance to the penetration of the roots. The resistance to penetration. The penetrometers measure the resistance of the soil, showing the degree of compaction of the same. The threshold from which most of the crops are is 2 Mpa of mechanical resistance. It is an agricultural-livestock production. The measurements were made in lots of rye that received 3 grazing with calves in rearing. The loss of moisture in the soil during the winter months was also a determining factor since it is inversely related to mechanical resistance. The result was an increase in mechanical strength in the first 15 cm of soil exceeding the critical threshold of 2 Mpa. In addition to the animal trampling, the resistance was also affected by soil moisture and history of the lot.

Keywords: Mechanical resistance, trampling, penetrometer, humidity.

INTRODUCCION

La provincia de Córdoba cuenta con 16,5 millones de hectáreas de las cuales aproximadamente 11,2 millones de hectáreas poseen uso agropecuario de diversa intensidad: agricultura extensiva e intensiva, y ganadería extensiva e intensiva. Alrededor del 90% del stock ganadero de la provincia está compuesto por ganado vacuno (Santangelo *et al*, 2015)

En Córdoba existen 20.558 establecimientos agropecuarios con actividad ganadera, y 4.490.036 millones de cabezas bovinas totales, con un rodeo de vacas de 1.790.760 millones de cabezas (Senasa, 2015). La Región ganadera agrícola del sur de la provincia (Departamentos: Río Cuarto, Juárez Celman, Presidente Roque Saenz Peña y General Roca) es la que posee mayor cantidad de cabezas con el 39% del rodeo total. Esta región concentra el 54% de los novillos y novillitos, y es la única en la provincia que puede considerarse como "Mixta Invernadora", (relación novillo y novillito / vaca: 0,6 - 0,8), en tanto que las demás regiones son "Criadoras", (relación novillo y novillito / vaca: < 0,4) (Santangelo *et al*, 2015).

En el manejo de un sistema ganadero bovino de cría e invernada, la planificación del balance forrajero es indispensable. Este consiste en la comparación entre la oferta y la demanda de forraje en un establecimiento ganadero para un período de tiempo determinado. La oferta de forraje se expresa a través de la disponibilidad de recursos forrajeros y la demanda de forraje se expresa a través de los requerimientos nutritivos del rodeo para mantenimiento y producción. Los requerimientos de los animales se expresan a través del concepto de Equivalente Vaca (EV). Los requerimientos de forraje de un EV son los que corresponden a una vaca de cría de 400 kg que cría y desteta un ternero de 150 kg a los seis meses. Se estima que un EV consume 3300 kg de Materia Seca/año (Kunst, 2003).

El pastoreo directo afecta a los suelos a través de dos acciones simultáneas: la remoción e ingestión de forraje por la hacienda que altera el canopeo de las pasturas y disminuye la cobertura superficial de suelo (Lavado y Taboada, 1987); y la acción mecánica del tránsito y el pisoteo por las pezuñas animales (Taboada y Lavado, 1993).

El efecto del tránsito de hacienda está relacionado con las presiones ejercidas sobre el suelo, lo cual es función de la masa del animal, el tamaño de su pezuña y la energía cinética. Las presiones ejercidas por vacunos, cuando están parados, promedian los 138 kPa. Estas presiones son equiparables a las ejercidas por rodados de tractores no cargados, y las presiones de tracción de vehículos arrastrados. Debe considerarse que estas presiones aumentan durante el pastoreo, pues al caminar los animales sólo apoyan dos o tres de sus pezuñas (Taboada, 2007).

Debido a su relación estrecha con la capacidad de porte del suelo, el contenido hídrico con que el suelo es pisoteado es el principal factor que controla el efecto causado. Los suelos

que se pastorean muy secos tienen elevada capacidad portante y por ende son difícilmente deformables o compactables por el peso del animal en pastoreo. En cambio en suelos que son pastoreados en niveles intermedios de contenido hídrico la superficie de suelo se deforma y sufre compactación (Taboada *et al.*, 2010).

Como resultado de la ocurrencia de compactación, el horizonte superficial de los suelos pastoreados suele tener, mayor densidad aparente y resistencia superficial, y menor estabilidad estructural. La macroporosidad es comparativamente más afectada por el pisoteo que la porosidad total en conjunto. Debido a ello los suelos sometidos a pisoteo se caracterizan también por presentar menor aireación e infiltración (Taboada *et al.*, 2010).

Cuando el suelo es pastoreado con altos contenidos hídricos (en torno a saturación) se pierde capacidad portante y el suelo no es capaz de soportar el peso del animal. Por lo tanto la superficie del suelo falla, se hunde y se forman profundas huellas. El tránsito repetido de hacienda en estas condiciones determina que la estructura del suelo se debilite progresivamente y sufra amasado y remodelado. Este daño es conocido como poaching, y es causado por el flujo de suelo alrededor de la pezuña del animal, dejando una huella bien definida, o en condiciones de extrema humedad, un suelo totalmente amasado (Taboada *et al.*, 2010).

Otro factor que incide es el sistema de pastoreo utilizado y la carga animal. En este sentido, existe coincidencia entre diversos autores en que el daño se incrementa con cargas animales muy altas y continuas todo el año. La regulación de los períodos de pastoreo por medio de sistemas de pastoreo rotativo ha demostrado ejercer efectos positivos sobre la vegetación y sobre las propiedades físicas del suelo (Taboada *et al.*, 2010).

La compactación es el proceso que conduce a la densificación del suelo cuando se le aplican fuerzas o presiones. Como resultado se incrementa la densidad aparente, se reduce la porosidad total y cambia la distribución de tamaños de poros, afectando la funcionalidad global del perfil de suelo. Se altera el espacio para la exploración radicular, la infiltración, almacenaje y utilización del agua por las plantas, el intercambio gaseoso y flujos térmicos, la disponibilidad y absorción de nutrientes al producir condiciones inadecuadas para la actividad biológica del suelo (Bonadeo *et al.*, 2016). Esta disfuncionalidad no solo ocasiona problemas en la producción de los cultivos sino también trae como consecuencia incrementos en procesos de erosión, especialmente hídrica (Cisneros *et al.*, 2012; Cisneros *et al.*, 2015) y en los requerimientos de potencia para revertirla mediante labores mecánicas (Cholaky *et al.*, 2010).

En el año 1992, Becerra *et al.* (1992) mencionan la existencia de compactación a diferentes profundidades, a partir de los 8-10 cm, denominada “pie de rastra”, y a partir de los 18-22 cm, “pie de arado”, y se relaciona la compactación más superficial con excedentes hídricos debido a la disminución de la velocidad de infiltración y el consecuente escurrimiento

y a la más profunda con alteraciones de la exploración de raíces y menor rendimiento de los cultivos de la cuenca.

Si bien, una de las principales causas de la compactación de los suelos del área bajo estudio es el uso y manejo al que han estado sometidos, cabe reconocer que la susceptibilidad a la compactación elevada es una constante, que se manifiesta en diferentes grados según la proporción de macroporosidad, el tipo de granulometría y mineralogía y el contenido de materia orgánica, entre los aspectos más relevantes de los suelos (Cholaky y Bonadeo, 2018).

La susceptibilidad a la compactación varía con la granulometría y diferentes autores citan a este factor como uno de los más relevantes, según concluyen Imhoff *et al.* (2004). Lozano *et al.* (2002) sostienen que la mayor susceptibilidad ocurre con elevada proporción de partículas de baja cohesión (2 - 250 μm) en las capas superficiales y subsuperficiales. En la región de referencia, Cantero *et al.*, (1987 a) mencionan que para los principales subgrupos de suelos, el análisis granulométrico muestra que las fracciones limo (2 a 50 μm) y arena muy fina (50-100 μm), constituyen entre el 60 y 82% de las partículas sólidas. Estas partículas presentan muy baja cohesión entre ellas (Cosentino y Pecorari, 2002), y ante la aplicación de fuerzas y presiones sobre el suelo pueden migrar, reorientarse y lograr un acomodamiento muy estrecho. Esta inestabilidad de agregados en suelos limosos ha sido observada por Ferreras *et al.* (2007).

Los suelos con mayor porcentaje de arena como los francos arenosos se compactan menos que aquellos de textura más fina. Así mismo la materia orgánica actúa reduciendo el nivel de compactabilidad de un suelo (Taboada, 2007).

Un aspecto que debe ser considerado es la capacidad de auto regeneración de la estructura luego de sufrir compactación. Para el área bajo estudio, los suelos de textura franco arenosa con baja cohesión entre partículas, estrecho acomodamiento y bajo contenido de coloide, determinan baja capacidad de formar grietas y fisuras (Guerif *et al.*, 2001 y Sasal *et al.*, 2006).

De acuerdo a Kay (1990) la regeneración de la porosidad del suelo está fuertemente relacionada a la formación de microgrietas durante el proceso de humedecimiento-secado.

Otra cuestión a tener en cuenta, es la progresiva disminución del calcio intercambiable de los suelos considerados (Hampp *et al.*, 1997; Bonadeo *et al.*, 2016), asociado a la continua extracción por leguminosas, principalmente soja y en menor grado alfalfa, lo que contribuye también al proceso de degradación estructural.

En síntesis, el alto contenido de partículas entre 2-100 micras, la baja concentración de arcilla con predominancia de illita y el bajo contenido de materia orgánica del suelo (MOS), conducen a que ni los medios abióticos (expansión-contracción) ni los biológicos (lombrices, raíces) sean efectivos para revertir los procesos de degradación física (Domínguez *et al.*, 2009).

Los términos impedancia mecánica y compactación se relacionan con la existencia y/o desarrollo de capas con elevadas resistencias y/o densidades aparentes en los suelos, capaces de afectar negativamente y/o impedir el crecimiento de los cultivos a través de efectos directos (ej.: menor emergencia de plántulas, menor crecimiento de raíces) e indirectos (ej.: desarrollo de anoxia por compactación, menor absorción de nutrientes). El desarrollo de impedancias mecánicas es, probablemente, el más frecuente de los problemas físicos, que afecta tanto el establecimiento de un cultivo por problemas de emergencia de plántulas, como su desarrollo posterior por problemas para el crecimiento de las raíces. (Taboada *et al*, 2010)

Las impedancias pueden ser genéticas o antrópicas. Las de tipo genético están relacionadas con la característica específica del material parental y los procesos formadores de suelo. La compactación antrópica se origina en el uso y manejo de los suelos por el hombre, con fines productivos (agricultura, ganadería, forestación) o recreativos. Sin embargo, no toda compactación es mala en sí misma. Por lo tanto, es necesario diferenciar la compactación aceptable de la que se considera excesiva (Gupta y Allmaras, 1897; Hamza y Anderson 2005).

El otro criterio de clasificación es por la profundidad donde se presenta la impedancia mecánica en el perfil del suelo. De acuerdo al concepto de perfil agrofísico del suelo, se distinguen distintas zonas con posible desarrollo de impedancias. Se reconoce como *extremadamente superficiales* aquellas impedancias que se dan en los primeros 5 cm de suelo, *superficiales* aquellas que aparecen hasta los 20 cm y *subsuperficiales* las que se dan entre los 20-30 cm. Estas impedancias hasta aquí nombradas en general son antrópicas. Las impedancias genéticas pueden aparecer en todo el perfil (Canarache, 1991).

El parámetro más utilizado para predecir la respuesta de los cultivos a las condiciones de impedancia mecánica es la resistencia a la penetración. La misma se mide con diferentes tipos de penetrómetros. Los penetrómetros miden la resistencia de suelo, que da una indicación del grado de compactación del mismo. Suele definirse un umbral o nivel crítico máximo por encima del cual las raíces de los principales cultivos dejan de crecer. Se ha establecido en 2 Mpa el umbral crítico de resistencia a la penetración, por encima del cual se afectaría el crecimiento radical. (Taboada *et al*, 2010).

En la llanura bien drenada es muy frecuente que las raíces sufran algún grado de alteración por la presencia de compactaciones superficiales o subsuperficiales. Como se indicó precedentemente entre los efectos más relevantes de la compactación se encuentra la disminución de la porosidad, especialmente los poros de mayor diámetro. Se conoce que las raíces para avanzar en su crecimiento deben hacerlo a través de poros cuyo tamaño no debe ser menor a 2/3 del diámetro de la raíz en crecimiento (Scott Rusell, 1977) pero cuando no alcanza el diámetro suficiente, las raíces tienden a generar mecanismos de adaptación para poder sortear la impedancia, como ensanchamientos y bifurcaciones, entre otros. Pero si el

avance es fuertemente restringido o impedido, ocurren exclusiones determinando la existencia de importantes volúmenes de suelo sin raíces.

La gravedad del problema reside en que los poros del suelo son poco deformables debido al bajo contenido de arcilla del mismo, y la probabilidad de avance de las raíces, está asociada a ciclos húmedos que disminuyan la resistencia de la capa, o a la presencia de planos de debilidad. La presencia de planos de debilidad, grietas o discontinuidades en su mayoría de orientación vertical o inclinada, facilitan el proceso de avance de las raíces, pero dada la dureza de la matriz del suelo no permiten el crecimiento de raíces de ordenes más altos y pelos radicales de crecimiento horizontal, con una función de absorción de agua y nutrientes más relevante que las raíces de crecimiento vertical. Esta funcionalidad edáfica disminuida tiene un efecto marcado sobre la productividad de los cultivos, especialmente en condiciones de estrés hídrico o de baja utilización de tecnología de insumos. (Cholaky y Bonadeo, 2018).

OBJETIVOS

Objetivos generales

- Adquirir experiencia práctica complementaria a los conocimientos teóricos alcanzados en los ámbitos formales de enseñanza.
- Desarrollar actividades en el ámbito en el que se desenvuelve la empresa afín a los estudios realizados, permitiendo una integración dinámica de los mismos.
- Favorecer el conocimiento práctico de las características fundamentales de la relación laboral.
- Formación en aspectos de utilidad para la posterior inserción laboral.
- Aprender e integrar aspectos relacionados con la aplicación de técnicas, desarrollo de propuestas a campo y resolución de problemas, potenciando la capacidad de aprendizaje y emprendimiento con la guía de los tutores.

Objetivos específicos

- Capacitarse en aspectos teóricos y prácticos a campo sobre el pastoreo y su impacto sobre las propiedades físicas del suelo.
- Medir la compactación superficial y subsuperficial de suelo generada por el pisoteo de animales en lotes con diferente historia de rotación de cultivos y labores.
- Comparar la resistencia mecánica con la situación inicial, antes del pastoreo, y evaluar si esta alcanza valores que afectan el desarrollo radicular.
- Comparar la compactación del suelo de lotes históricamente laboreados y pastoreados, con suelos inalterados o escasamente laboreados.
- Determinar el contenido de humedad antes y después del pastoreo.
- Determinar si existen capas de arado subsuperficiales producto de la utilización reiterada de rastras y arados.
- A través de la información obtenida generar propuestas de manejo del pastoreo a la empresa.

DESCRIPCION DE LA EMPRESA

Nombre: La Malena S.R.L

Domicilio legal: Calle 7- N° 626 de Villa Golf de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba.

Rubros: Producción agropecuaria

Área en que se desarrolla la práctica: Producción agropecuaria

Horarios de la práctica: Visitas al establecimiento cada 15-20 días a lo largo del ciclo de los verdes invernales, permaneciendo en el campo 2 días en cada visita.

Descripción:

La Malena S.R.L es una empresa constituida en el año 2016 por dos socios, Gustavo Nicola y Andrés Nicola; son hermanos e ingenieros agrónomos graduados en la U.N.R.C.

La empresa se dedica a la producción agropecuaria, en un campo de 550 hectáreas ubicado al sur de Córdoba, 15 km al sur de la localidad de Huanchillas, como se observa en la figura 1.

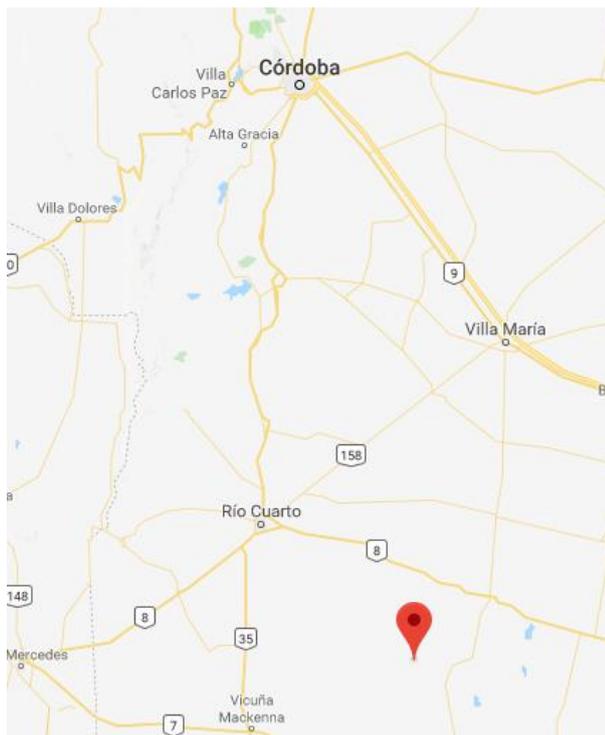


Figura N° 1: Ubicación geográfica de la localidad de Huanchillas en la provincia de Córdoba
(Google Maps)



Figura N° 2: Ubicación geográfica del establecimiento (Google earth)



Figura N° 3: Imagen satelital del establecimiento (Google earth)

Como se puede ver en las figuras 2 y 3, el campo está ubicado en una zona con áreas de planicies altas y áreas de bajos anegables. Corresponde a la Pampa arenosa anegable. En las planicies altas hay suelos de aptitud agrícola, clase IV, y es aquí donde se realiza la actividad agrícola y la implantación de pasturas. Por otra parte, en los bajos anegables los suelos son salinos sódicos y solo vegetan algunas especies naturales adaptadas. (INTA MANFREDI *et al*, 2006). De la totalidad de la superficie que ocupa el campo, aproximadamente el 75% corresponde a las planicies altas, mientras que el otro 25% son bajos anegables.

En cuanto a la tenencia de la tierra, el 50% de la superficie es propia de los socios de la empresa, y el otro 50% alquilada.

La agricultura se realiza contratando los servicios de siembra, pulverización y cosecha a terceros, debido a que la empresa no posee la maquinaria necesaria para dichas labores. Los principales cultivos que se siembran son maíz y soja, y eventualmente sorgo granífero. La producción de soja se vende a un acopiador de la zona, mientras que el maíz y el sorgo se utilizan para alimentación del ganado bovino.

En cuanto a la ganadería, la empresa realiza ciclo completo (cría, recría y terminación). Cuenta con 400 vacas madres de la raza Aberdeen Angus, y vende en promedio 250 animales por año para faena, incluyendo novillos, vaquillonas y el descarte de vacas madres y toros.

La empresa cuenta con dos empleados que realizan las labores de ganadería, y los socios se encargan de la administración y la toma de decisiones en el campo.

DESCRIPCION DE LAS TAREAS REALIZADAS

Las tareas llevadas a cabo durante la práctica profesional fueron aquellas que habitualmente realizan los ingenieros agrónomos en el establecimiento, enfocadas principalmente en la producción ganadera debido a que la práctica tuvo lugar en los meses de invierno, donde no había cultivos sembrados debido a que la empresa realiza solo cultivos estivales.

Las tareas que se realizaron fueron las siguientes:

- Monitoreo de las labores presiembra efectuadas en los lotes que serían destinados al cultivo de centeno (*Secale cereale*).
- Control de la siembra, observando principalmente la profundidad, uniformidad y densidad de siembra.
- Monitoreo de las pasturas durante su desarrollo, tanto en el aspecto fitosanitario como la tasa de crecimiento, lo cual marca la evolución de los pastoreos.
- Observación de la efectividad de los tratamientos fitosanitarios.
- Observación de la evolución y la ganancia de peso de los animales en pastoreo y en confinamiento.
- Cálculos de oferta y demanda de forraje (balance forrajero).
- Colaboración en trabajos de manga con los animales (tacto, vacunaciones, boqueo de vacas viejas).
- Medición de la resistencia mecánica de distintos lotes.

Descripción y análisis de lo observado y realizado en la práctica

Durante cada visita se realizaba un recorrido con el ingeniero en el campo observando los lotes, el estado de las pasturas, la condición corporal y la sanidad de los animales, se calculaba la reserva de alimentos (forrajes conservados, pasturas, granos, diferidos, rastrojos) y si se correspondía con la necesidad según los requerimientos animales.

Además de esto se hacían mediciones de un tema en particular que se quería conocer: la compactación generada por el pisoteo animal, medida a través de la resistencia mecánica.

A continuación se realiza una descripción de los principales aspectos observados y analizados en conjunto con el ingeniero y tutor externo durante la práctica:

a) Ganadería bovina:

La empresa cuenta con un sistema ganadero de ciclo completo (cría, recría y terminación) y trabaja únicamente con la raza Aberdeen Angus. Posee 400 vacas madres y 14 toros (3.5% del rodeo de vacas madres), y el porcentaje de preñez es del 90%, por lo que anualmente nacen 380 terneros (190 hembras, 190 machos) en el campo.

Los machos se venden en su totalidad y de las hembras, un porcentaje se reserva para reposición anual de vacas adultas y el resto se vende para carne. La comercialización se hace a través de una empresa consignataria de hacienda, Daniel Omar Calvo, que tiene sede en Río Cuarto, y que realiza remates en la localidad de Adelia María, la cual se encuentra a 50 km del campo.

La reposición anual de hembras es del 15%, por lo que todos los años se seleccionan 60 hembras que remplazarán a 60 vacas adultas que se descartan. El refugo reproductivo está constituido por un 4-10% de vacas que quedan vacías, 1-2% de vacas que habiendo sido dada por preñadas no llegan a parir y el 1-4% de vacas que abortan o tienen dificultades al parto. También deben considerarse las vacas que se dan de baja por dientes gastados, lo que se calcula en un 10% anual. Esto hace que se llegue fácilmente a un 20% de necesidad de reposición anual (Sagardoy, 2017).

El entore de las vaquillonas se realiza a los 15 meses de edad. Esto difiere con la edad clásica de entore que son 2 años porque la dieta es de alta calidad, siendo mayor la ganancia diaria y por ende llegan antes al peso óptimo de primer servicio. Con el entore anticipado se logra un aumento de la eficiencia de stock del rodeo, ya que se elimina una categoría de vaquillonas improductivas y se puede reemplazar por vientres productivos, obteniendo mayor número de terneros (Sagardoy, 2017).

El tipo de servicio que se realiza es natural, a campo. Se hace estacionado, en los meses de noviembre, diciembre y enero. Por lo tanto, la parición se da en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Esta es la época ideal en esta zona para las pariciones debido a que la temperatura y humedad son todavía relativamente bajas, la población de insectos y ectoparásitos es menor, favoreciendo la sanidad de los terneros recién nacidos. Además las vacas madres alcanzarán el pico de lactancia a los dos o tres meses, coincidiendo con el pico de producción de forraje (Sagardoy, 2017).

De acuerdo a lo consultado con el ingeniero de la empresa, la distribución de las pariciones es la ideal, es decir, el 70% de los nacimientos ocurren en el primer mes de parición (cabeza de parición), 20% en el segundo mes (cuerpo de parición) y el 10% en el último mes (cola de parición). Esto es un indicador de la buena fertilidad de las hembras y presenta la ventaja de que al tener más cabeza de parición a igualdad de fecha de destete se destetan más kilogramos.

Los toros utilizados en el servicio se compran en la empresa La Cautiva S.A. Esta última, es una empresa agropecuaria que también realiza ganadería de ciclo completo y uno de los socios de La Malena S.R.L trabaja en la misma. La Cautiva S.A realiza mejoramiento genético de sus rodeos de cría comprando toros de una cabaña importante y de gran prestigio en la Argentina, Casamú. Los toros que compra La Malena, son hijos de los toros de cabaña, por lo que esta es la estrategia de mejoramiento genético que utiliza la empresa.

Se realiza un destete anticipado de los terneros (4 meses) para disminuir el requerimiento de las vacas madres y que recuperen peso rápidamente. El destete se efectúa cambiando de potrero los terneros, llevándolos a un corral alejados de las madres, debido a que el estrés es mayor si escuchan el balido de las vacas. En 15 días aproximadamente el ternero se olvida de la madre y no sufre más estrés. El objetivo del destete anticipado es aumentar el tiempo de recuperación de las madres y que tengan la posibilidad de generar algún ciclo sin cría al pie para mejorar el porcentaje de preñez. Este destete ayuda a darle más tiempo de recuperación antes del invierno, redundando en una mejor condición corporal que mejorará su performance reproductiva en el próximo servicio (Sagardoy, 2017).

Estos terneros destetados se mantienen 30-45 días con alimento balanceado y rollo de alfalfa en corrales y luego entran en la etapa de recría, período en el cual el animal continúa con su crecimiento y la deposición de tejido óseo y muscular. Aquí, la alimentación es a base de verdes de invierno y ensilaje de maíz, obteniendo ganancias de 800 gr diarios.

Por último se realiza la terminación, etapa de engorde del animal donde comienza el depósito de tejido graso adoptando la conformación adecuada para ser faenado. Esta se realiza a corral donde la principal fuente de alimentación es el grano de maíz y concentrados proteicos. La ganancia diaria en terminación es de 1.3 kg/día en promedio y dura 3 meses. La eficiencia de conversión en esta etapa es de 8:1 (8 kg de alimento para formar un kg de carne). El animal está listo para faena al año y medio desde su nacimiento aproximadamente.



Figura N° 4: Pastoreo rotativo de terneros en pastura de centeno.



Figura N° 5: Terneros en recría pastoreando centeno.

b) Balance forrajero:

Durante la práctica profesional un aspecto de importancia fue la planificación forrajera, en la cual se busca que la oferta de alimentos sea igual a la demanda por parte de los animales.

Los cálculos se hacen utilizando la unidad Equivalente vaca (EV) y ración. El equivalente vaca es el promedio anual de los requerimientos de una vaca de 400 kg de peso, que gesta y cría un ternero hasta el destete a los 6 meses de edad con 60 kg de peso, incluido

el forraje consumido por el ternero. Un EV representa en términos de energía 18.54 Mcal de energía metabolizable. Esto nos lleva a la definición de ración que es la cantidad de alimento que satisface los requerimientos de 1 EV/día. (Bavera, 2006)

Las categorías de animales que se encuentran presentes en los meses desde abril a noviembre en los cuales se realizó la práctica profesional son los siguientes:

- 1- Vacas madres adultas de 400 kg promedio, con un aumento de peso de 250 gr diarios desde abril a septiembre. Desde septiembre hasta noviembre se considera que mantienen el peso. Esto es así porque en marzo y abril se realizan los destetes disminuyendo así los requerimientos de las vacas al dejar de producir leche, entonces comienzan a ganar peso y recuperar su condición corporal hasta septiembre donde nuevamente comienzan las pariciones y por ende comienzan a lactar y los requerimientos nutricionales se incrementan.
- 2- Toros: se encuentran en descanso (no están en servicio).
- 3- Terneros destetados en marzo-abril, que tendrán un aumento de peso promedio durante la recría de 800 gr diarios.
- 4- Novillos y vaquillonas en terminación de 300 kg promedio. Estos provienen de los nacimientos del año anterior y que se venden a medida que alcanzan el peso de faena. La ganancia diaria promedio de esta categoría es de 1.3 kg.
- 5- Vacas adultas descartadas del plantel de madres que ingresan en corral de engorde y que tienen una ganancia diaria de peso vivo de 750 gr.
- 6- Toros adultos de descarte que tienen una ganancia diaria de peso vivo en corral de 1 kg.
- 7- Las categorías 4, 5 y 6 permanecen en corral 4 meses hasta Julio, luego se venden.

Los requerimientos de cada categoría, expresados en EV, se detallan en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla N° 1: EV para las distintas categorías de animales y meses del año en el período analizado, abril-noviembre (Cocimano *et al*, 1975)

Categoría	Mes							
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
1	0.86	0.86	0.9	0.94	1.04	1	1	1.18
2	2							
3	0.6							
4	1.23							
5	1.18							
6	1.71							

Tabla N° 2: EV diarios para el número total de animales correspondiente a cada categoría, en el período de tiempo analizado, abril-noviembre.

Categoría	Número de animales por categoría	Mes							
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
1	400	344	344	360	376	416	400	400	472
2	14	28	28	28	28	28	28	28	28
3	380	228	228	228	228	228	228	228	228
4	200	246	246	246	246				
5	80	94.4	94.4	94.4	94.4				
6	4	6.84	6.84	6.84	6.84				

Tabla N° 3: EV de todas las categorías, diario y mensual.

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
Total diario	947.24	947.24	963.24	979.24	672	656	656	728
Total mensual	28418.1	28418.1	28897.2	29377.2	20160	19680	19680	21840

Los recursos forrajeros para cubrir la demanda durante los meses desde abril a noviembre se detallan en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla N° 4: Raciones de distintos recursos forrajeros en el período de tiempo analizado, abril-noviembre (Bavera *et al*, 2005)

Recurso forrajero	Hectáreas	Raciones/ha							
		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
Pastizal natural diferido	150		30	30	30	30			
Pastura alfalfa y festuca	18	55	25	20	10	10	30	70	100
Centeno	65			70	80	55	45		
Sorgo diferido	38		80	60	60	60			
Rastrojo maíz	100 ha		30	30	30	30			

Tabla N° 5: Raciones aportadas por distintos suplementos, toneladas necesarias para cubrir la demanda y observación referida a la forma de obtención (Bavera *et al*, 2005)

Suplementos	Raciones por tonelada	Toneladas necesarias	Observación
Rollo de alfalfa	104	120	Obtenido de 240 rollos comprados.
Silaje maíz	40	1935.95	Obtenido de 72 has de maíz para silo con rendimiento promedio de 27 tn de materia verde/ha.
Grano de maíz	170	173.97	Obtenido de 29 has de maíz con rendimiento promedio de 6 tn/ha.
Grano de sorgo	155	96.77	Obtenido de 24 has de sorgo granífero con rendimiento promedio de 4 tn/ha.

Tabla N° 6: Balance entre la oferta y la demanda forrajera expresado en raciones mensuales.

		Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
Demanda		28418.1	28418.1	28897.2	29377.2	20160	19680	19680	21840
Oferta	Pastura alfalfa- festuca	990	450	360	180	180	540	1260	1800
	Grano maíz	5964	5964	6648	3000			3000	5000
	Grano sorgo				5000	5000	5000		
	Silaje maíz	18865	9295	7560	6218	1625	8615	15420	9840
	Rollo alfalfa	2600	2080				2600		5200
	Pastizal natural		4500	4500	4500	4500			
	Sorgo diferido		3040	2280	2280	2280			
	Rastrojo de maíz		3000	3000	3000	3000			
	Centeno			4550	5200	3575	2925		

Como se puede visualizar en las tablas, la disponibilidad de forraje presenta grandes variaciones en los diferentes meses del año. Por esto es de gran importancia realizar la planificación de los recursos a utilizar, para saber con anticipación que cantidad de cada uno se va a requerir en los diferentes momentos.

Descripción edafoclimática de la zona

Régimen térmico: en la Figura N° 6 se representan las temperaturas y las precipitaciones medias mensuales. La temperatura estival, representada por el valor térmico de Enero es de 23.6 °C y la temperatura invernal (Julio) posee un valor de 8.4°C. Dichos valores térmicos y la amplitud anual (15.2°C) son característicos de una localidad con clima templado (INTA MANFREDI *et al*, 2006).

Las heladas ocurren todos los años con fecha media de ocurrencia el 15 de mayo, para las primeras heladas y el 15 de septiembre para las últimas heladas. El período medio libre de heladas es de 242 días (INTA MANFREDI *et al*, 2006).

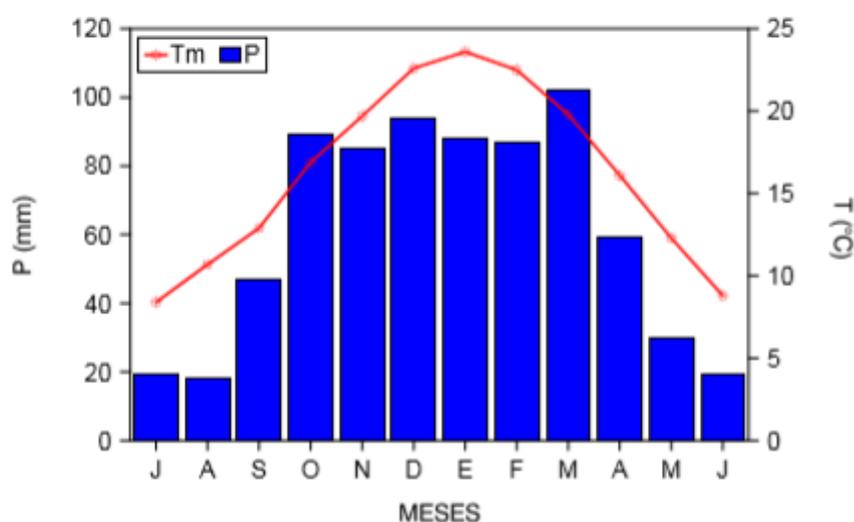


Figura N° 6: Temperaturas y precipitaciones medias mensuales para el centro y sur de Córdoba (INTA MANFREDI *et al*, 2006)

Régimen hídrico: la figura N° 7 presenta el balance hídrico climático. Cabe destacar las variaciones estacionales de la precipitación, la evapotranspiración potencial y real demarcándose períodos de déficit prácticamente todo el año excepto entre marzo y junio. Los porcentajes de distribución estacional de las lluvias son los siguientes: Verano: 36%, Otoño: 26%, Invierno: 8% y Primavera: 30%. Esta distribución pluviométrica es característica de un régimen monzónico (INTA MANFREDI *et al*, 2006).

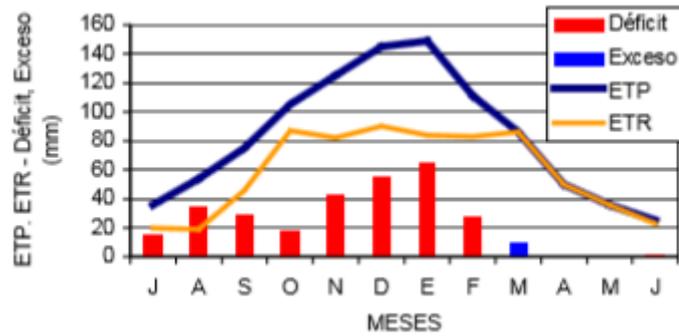


Figura N° 7: Balance hídrico climático para el centro y sur de Córdoba (INTA MANFREDI *et al*, 2006)

Características edáficas: El campo se encuentra en el Departamento de Juárez Celman, Córdoba, dentro de la unidad cartográfica: Mnur-9 (INTA MANFREDI *et al*, 2006).

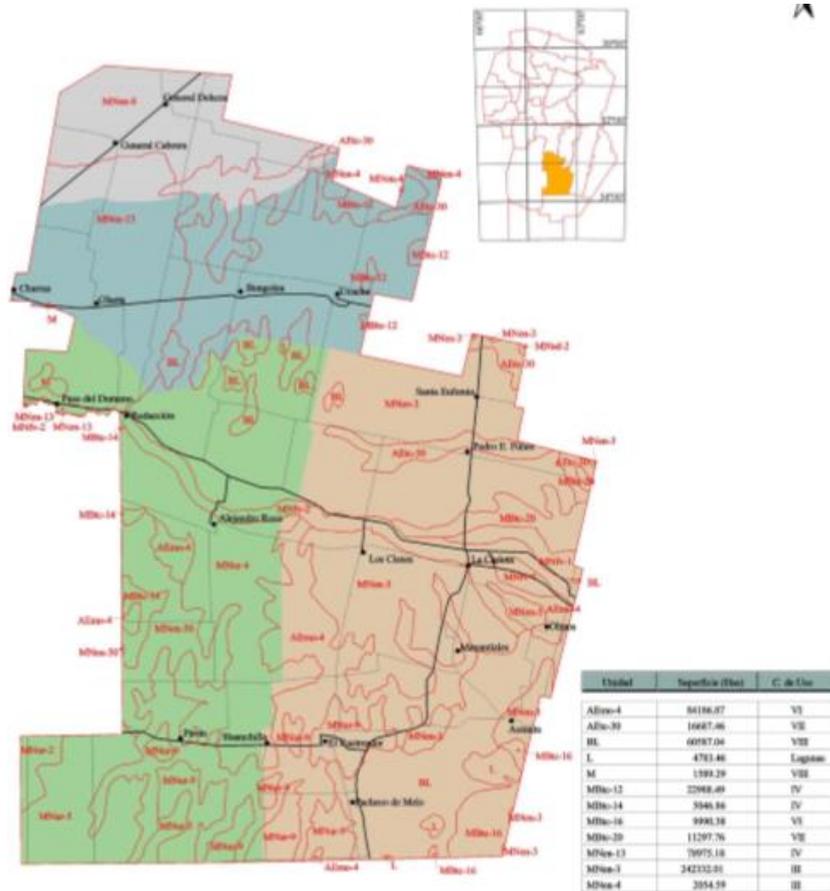


Figura N° 8: Departamento Juárez Celman y sus unidades cartográficas (INTA MANFREDI *et al*, 2006).

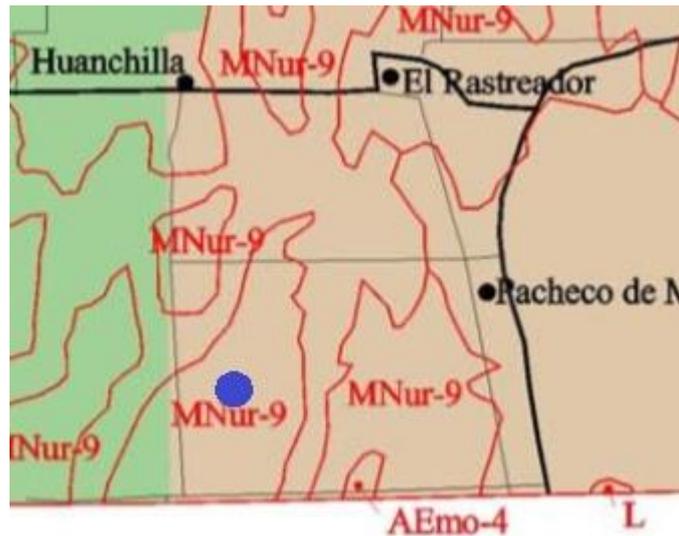


Figura N° 9: Unidad cartográfica donde se encuentra el campo (Mnur-9) simbolizada con un círculo azul.

Las características de dicha unidad son las siguientes:

- Superficie cubierta en hectáreas: Total de la provincia: 129306 (0.78% de la Provincia).
- Índice de productividad de la unidad: 31. Este número es el promedio ponderado de los índices de productividad de los suelos individuales que conforman la unidad cartográfica.
- Aptitud de uso: Clase IV (según el sistema Americano de 8 clases del USDA)
- Fisiografía: Pampa arenosa anegable.
- Suelos: La unidad está compuesta por:
 - a) Suelos de sectores bien drenados (Haplustol udorthéntico) 40%. Bueno a algo excesivamente drenado; profundo (+ de 100 cm); franco arenoso en superficie; franco arenoso en el subsuelo; bien provisto de materia orgánica; moderada capacidad de intercambio. El índice de productividad del suelo individual es 55. Las limitantes son la baja capacidad de retención de humedad y ligera susceptibilidad a la erosión eólica.
 - b) Suelos de planos bajos (Natralbol típico) 30%. Imperfectamente drenado, profundo (+ de 100 cm); franco arenoso en superficie, franco arenoso en el subsuelo, sódico en el subsuelo, bien provistos de materia orgánica; moderada capacidad de intercambio. El índice de productividad del suelo individual es 24. Las limitantes son: Drenaje imperfecto (el suelo permanece mojado por importantes periodos de tiempo) y sodicidad moderada (manifiesta degradación física de los suelos y cultivos afectados)

- c) Suelos de cubetas y aureolas (Natracualf típico) 30%. Pobrementemente drenado; profundo (+ de 100 cm); franco arenoso en superficie; franco en el subsuelo; sódico desde la superficie; moderadamente pobre en materia orgánica; moderada capacidad de intercambio. El índice de productividad del suelo individual es 5. Las limitantes son: Drenaje muy pobre (el suelo permanece mojado gran parte del tiempo) y sodicidad fuerte (alta degradación física de los suelos, solo permite el crecimiento de algunas plantas muy tolerantes).

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación de la compactación de suelo generada por pisoteo animal

La evaluación de la compactación generada por el pisoteo animal se llevó a cabo en tres lotes sembrados con centeno el 20 de marzo. La densidad de siembra utilizada fue de 50 kg/ha, y el único tratamiento fitosanitario realizado fue la aplicación de 2.4D el 15 de Abril para el control de malezas latifoliadas.

Los lotes difieren en cuanto a su historia. Los datos aportados por el productor sobre las últimas campañas se detallan en la tabla 7.

Tabla N° 7: Historia de las últimas dos campañas del lote 4, 8 y 14.

	Campaña 15-16	Invierno 16	Campaña 16-17	Invierno 17
LOTE 4	Soja	Centeno (disco)	Moa SD	Centeno SD
LOTE 8	Pastura $\alpha\alpha$ (alfalfa)	Pastura $\alpha\alpha$	Pastura $\alpha\alpha$	Centeno (2 disco y rolo)
14	soja	Barbecho	Maíz (2disco y rolo)	Centeno SD

Además, como se observa en la tabla, en los lotes 4 y 14 se realizó siembra directa del centeno y en el lote 8 labranza convencional.

Se pastorearon en mayo, a los 50 días de la siembra con terneros en recría, con una carga promedio de 3,5 animales/ha. El pastoreo era de 8 horas diarias, desde las nueve de la mañana hasta las cinco de la tarde. El resto del tiempo se encerraba los animales en un corral con silaje de maíz.

El diseño experimental es en parcelas en franjas con 3 repeticiones (bloques). Cada uno de los lotes representa un bloque. Se evaluó el efecto de la fecha, la profundidad y el lote en la Resistencia Mecánica. La fecha corresponde al momento en el cual se realizó la medición (posterior a cada uno de los siguientes eventos: siembra, primer, segundo y tercer pastoreo y doble acción). Luego de todos los pastoreos se realizó una pasada de doble acción y este momento constituyó la última fecha. En cada fecha, además de medir la resistencia mecánica con el penetrómetro, se determinó el contenido de humedad en estufa. Con el penetrómetro se mide el número de golpes y mediante la siguiente fórmula se convierten los datos a Mpa de resistencia mecánica: $Mpa = N^{\circ} \text{ golpes} \times 2,75/10$

Luego se realizó el análisis de varianza (ANAVA) y posteriormente se utilizó el test de comparación de medias DGC ($p \leq 0,05$). Los análisis se realizaron con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2014).

El ANAVA fue realizado sobre la base del siguiente modelo lineal estadístico:

$$y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \gamma_{ik} + \beta_j + \delta_{jk} + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde: y_{ijk} = resistencia mecánica del suelo perteneciente al bloque k, en la fecha i y profundidad j (MPa); μ = media poblacional de Resistencia mecánica (MPa); ρ_k = efecto debido al bloque k ($k = 1, 2, 3$); α_i = efecto del nivel i del factor fecha i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$); γ_{ik} = error asociado a las diferencias entre franjas correspondientes al factor fechas; β_j = efecto del nivel j del factor profundidad ($j = 1, 2, \dots, 11$); δ_{jk} = error asociado a las diferencias entre franjas correspondientes al factor profundidad; $(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción del nivel i del factor fecha con el nivel j del factor profundidad, ε_{ijk} = efecto asociado a la diferencia entre las subparcelas. Además, la humedad se analizó como una covariable para observar si existe asociación con la resistencia mecánica.

La hipótesis nula de distribución normal de los residuos se probó a través del gráfico Q-Q plot y el estadístico de Shapiro-Wilks. El nivel de significancia usado fue $\alpha = 0,01$. No fue necesario realizar transformación de los datos.

La hipótesis nula de homogeneidad de varianzas se probó utilizando el diagrama de dispersión y la prueba de Levene. El diagrama de dispersión de residuos versus valores predichos muestra una nube de puntos sin patrón alguno (patrón aleatorio) lo que afirma la hipótesis nula. En la prueba de Levene no se rechazó la hipótesis nula ($p > 0,01$), por lo cual también se afirma la hipótesis nula.

La herramienta infostat (Di Rienzo *et al.*, 2014), también se utilizó para obtener la estadística descriptiva de las variables, permitiendo comparar las medias de la resistencia mecánica en los diferentes lotes, profundidades y fechas, y la media de la humedad en cada fecha.

En las figuras 10, 11 y 12 se pueden observar los lotes de centeno en pastoreo, luego del pastoreo, y la medición de resistencia mecánica con penetrómetro.



Figura N° 10: Pastura de centeno pastoreada por terneros en recría.



Figura N° 11: Centeno rebrotando luego del pastoreo.



Figura N° 12: Medición de resistencia mecánica con penetrómetro luego del pastoreo.

Evaluación de la compactación generada por diferentes usos de suelo

Se realizó una comparación de los tres lotes de centeno anteriormente mencionados, lote 4, 8 y 14 (lotes con historia agrícola y ganadera), con un lote de pastizal natural con historia únicamente ganadera y una sola campaña de soja en directa y con el casco del campo que nunca tuvo actividad agrícola ni ganadera. Cabe aclarar que en el lote de pastizal natural, la ganadería siempre se manejó con bajas a cargas a diferencia de los lotes agrícolas. Debido a que no se cuenta con suficiente cantidad de datos no se realizará análisis estadístico en esta comparación.

Evaluación de materia orgánica, granulometría y Densidad aparente (DAP)

Se realizó la evaluación de la materia orgánica del suelo (0-20 cm) mediante el método de Walkley y Black (1934), en 5 lotes diferentes del campo, que incluyen los tres lotes mencionados anteriormente (lote 4, 8 y 14) y dos lotes más, cuya historia se detalla en la tabla 8:

Tabla N° 8: Historia de las últimas dos campañas del lote $\alpha\alpha$ y lote 16.

	Campaña 15-16	Invierno 16	Campaña 16-17	Invierno 17
LOTE $\alpha\alpha$	Pastura $\alpha\alpha$	Pastura $\alpha\alpha$	Pastura $\alpha\alpha$	Pastura $\alpha\alpha$
LOTE 16	Pastura $\alpha\alpha$	Pastura $\alpha\alpha$	Soja (2disco y rolo)	Centeno SD

La medición de densidad aparente se realizó mediante el método del cilindro (Klute, 1986) en los lotes 4 y 8, en las profundidades 0-5cm y 5-10 cm.

La medición de granulometría se realizó en el lote 8, en los primeros 20 cm de suelo, mediante el método Difracción laser.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compactación de suelo generada por pisoteo animal

Los valores de resistencia mecánica con respecto a la profundidad muestran el mismo comportamiento en los tres lotes evaluados. El valor se incrementa entre los 10 y los 40 cm de suelo, donde superan el umbral de 2 Mpa (Anexo 1). Al respecto, Cholaky *et al.* (2005) observaron en Haplustoles del sur de Córdoba que esta capa densificada se presentó uniformemente compactada desde los 12 a 30 cm de profundidad aproximadamente. El espesor de esta capa, según lo expresado por Jorajuría *et al* (1996) y Mackyes (1985), indicaría que esta compactación podría ser el resultado del efecto aditivo del pasaje de implementos de labranza como el arado de rejas y vertedera o rastras, ocasionando pisos de arado o más superficialmente pisos de rastra y de la compactación inducida por el tráfico de tractores y otros equipos agrícolas.

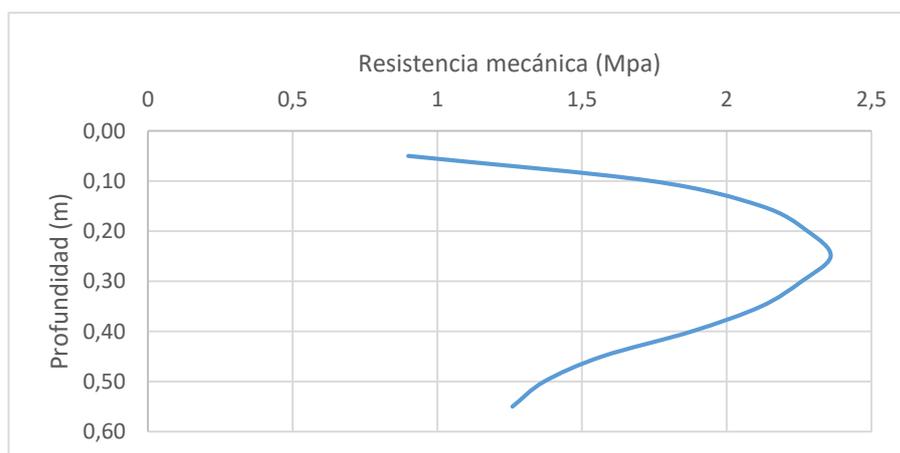


Figura N° 13: Valores medios de la variación de la resistencia mecánica con la profundidad en los lotes evaluados.

La resistencia mecánica aumenta luego de la siembra con los sucesivos pastoreos, alcanzando su máximo valor luego del tercer pastoreo (Anexo 2). Luego de pasar la doble acción se alcanza el valor más bajo. Los valores de resistencia alcanzados bajo este sistema de pastoreo y con la humedad correspondiente en cada fecha, no alcanzan valores muy elevados y son fácilmente revertirles con una labor mecánica (en este caso al utilizar una rastra doble acción se disminuyó la resistencia en los primeros 25 centímetros de suelo). Si bien está ampliamente aceptado el umbral de 2 Mpa como el nivel de resistencia a partir del cual se afecta el crecimiento radicular, hay autores como (Vepraskas and Wagner, 1989) que plantearon que este umbral es de 2,5. Es por esto que se considera que los valores de resistencia alcanzados no son elevados.

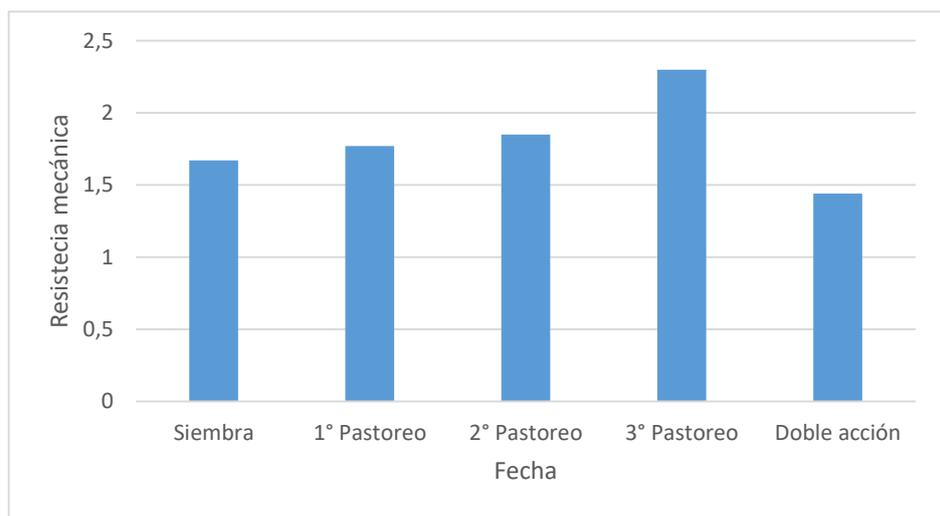


Figura N° 14: Media de la resistencia mecánica en cada fecha evaluada.

Además, la humedad del suelo disminuye luego de la siembra, alcanzando su valor más bajo en el tercer pastoreo (Anexo 3). Este factor también explica el aumento en la resistencia mecánica del suelo en los sucesivos pastoreos, ya que existe una relación inversa entre la resistencia a la penetración y el contenido de humedad del suelo (Álvarez *et al.*, 2009). En la última fecha (doble acción), el contenido de humedad del suelo fue mayor debido a las precipitaciones ocurridas la semana anterior al día de la medición.

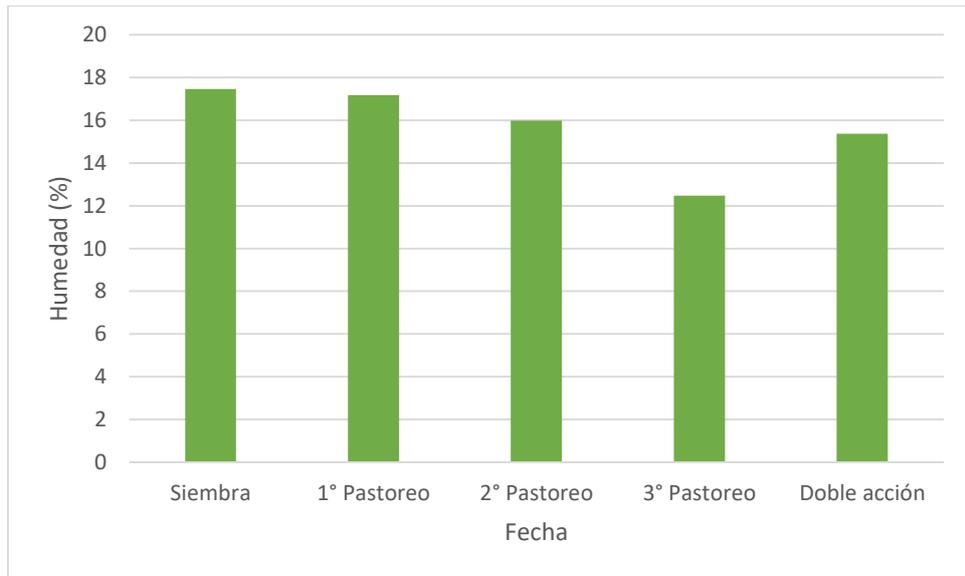


Figura N° 15: Humedad de suelo promedio en cada fecha evaluada.

El lote 8 tiene una resistencia mecánica promedio menor a los lotes 4 y 14 (Anexo 4) debido a la labor presiembra que se le realizó (doble acción y rolo), como se ve en el siguiente gráfico. Esta diferencia es explicada por la disminución de la resistencia en los primeros 25 cm de suelo.

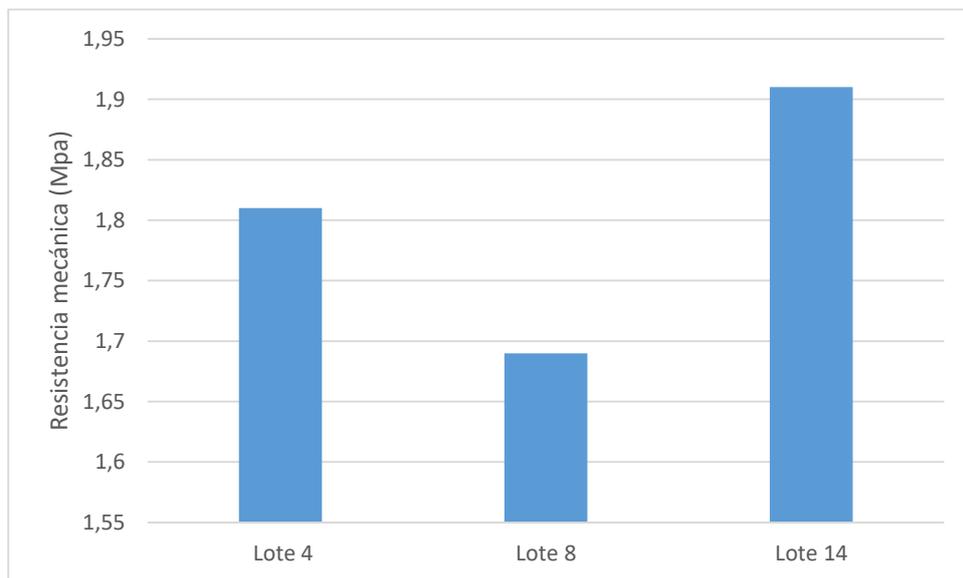


Figura N° 16: Promedio de la resistencia mecánica en cada lote evaluado.

Los resultados del ANAVA muestran que la resistencia mecánica es afectada por: el lote, la humedad, y la interacción entre la profundidad y la fecha (Anexo 5).

La comparación de medias (prueba DGC) realizada en infostat (Anexo 6) muestra lo siguiente:

- En los primeros 15 cm de suelo los pastoreos producen un aumento en la resistencia mecánica del suelo. Entre el primero y segundo pastoreo no hay variación significativa, pero sí varían con respecto a la siembra. Se observa diferencia estadísticamente significativa en el tercer pastoreo, con todas las otras fechas. Luego de la labor de doble acción, la resistencia muestra valores similares a los del momento de siembra, no habiendo diferencia estadísticamente significativa entre estos últimos dos grupos, excepto entre los 5 y 10 cm.

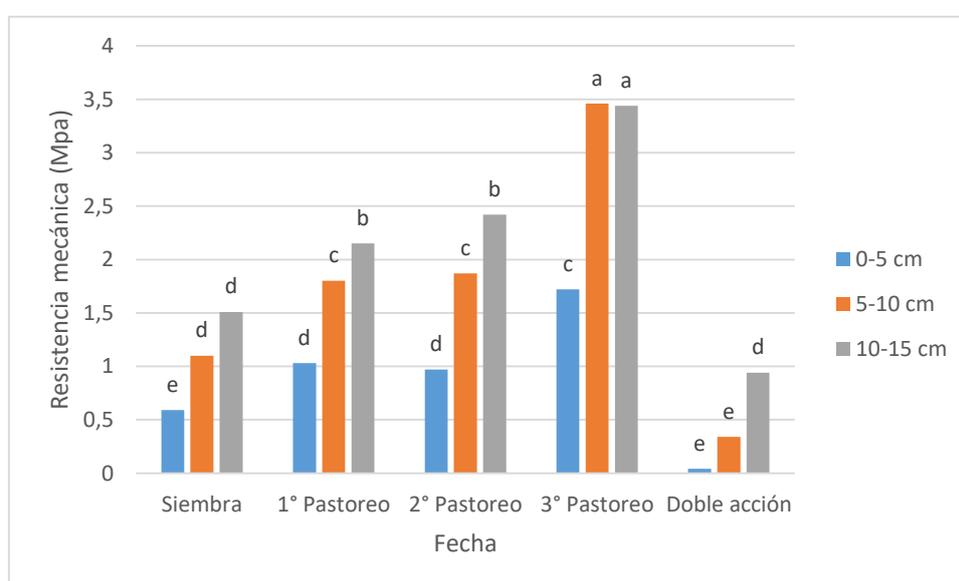


Figura N° 17: Resistencia mecánica entre 0-5, 5-10, 10-15 cm de suelo en cada fecha evaluada.

- Entre los 15 y 25 cm de profundidad, no hay diferencia estadísticamente significativa entre el momento de siembra y los pastoreos. Se observa solo que difiere el efecto de la doble acción.

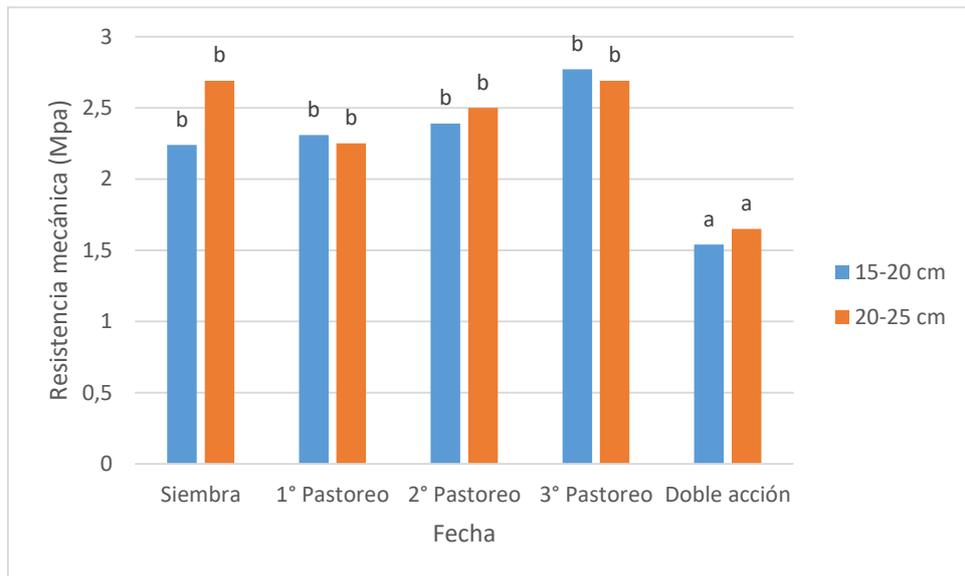


Figura N° 18: Resistencia mecánica entre 15-20, 20-25 cm de suelo en cada fecha evaluada.

- Entre los 25 y 45 cm se ven comportamientos muy diferentes, no asociados al pisoteo del animal, probablemente explicados por la humedad en los momentos de muestreo y la variabilidad en los puntos de muestreo.

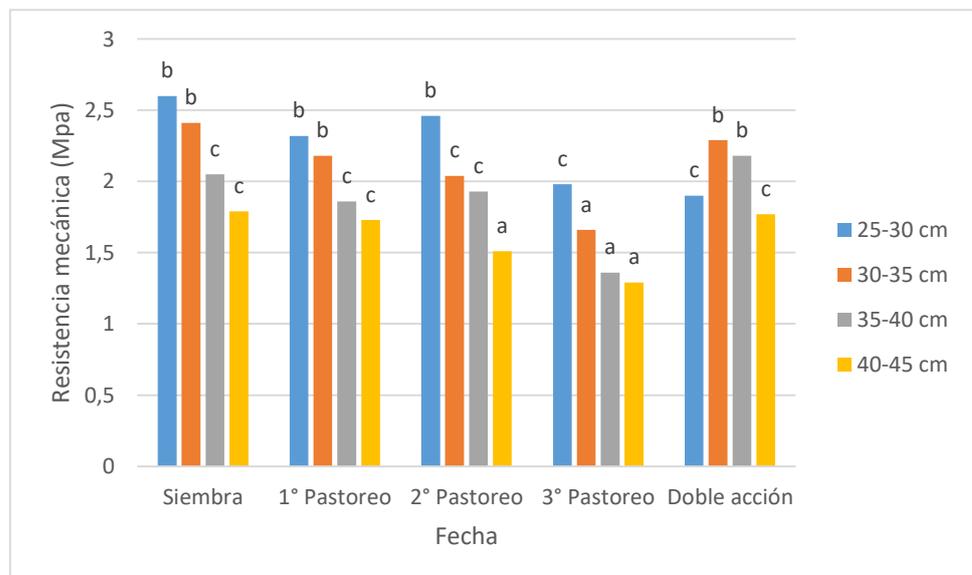


Figura N° 19: Resistencia mecánica entre 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 cm de suelo en cada fecha evaluada.

- Entre los 45 y 55 cm, no hay diferencia estadísticamente significativa en las diferentes fechas.

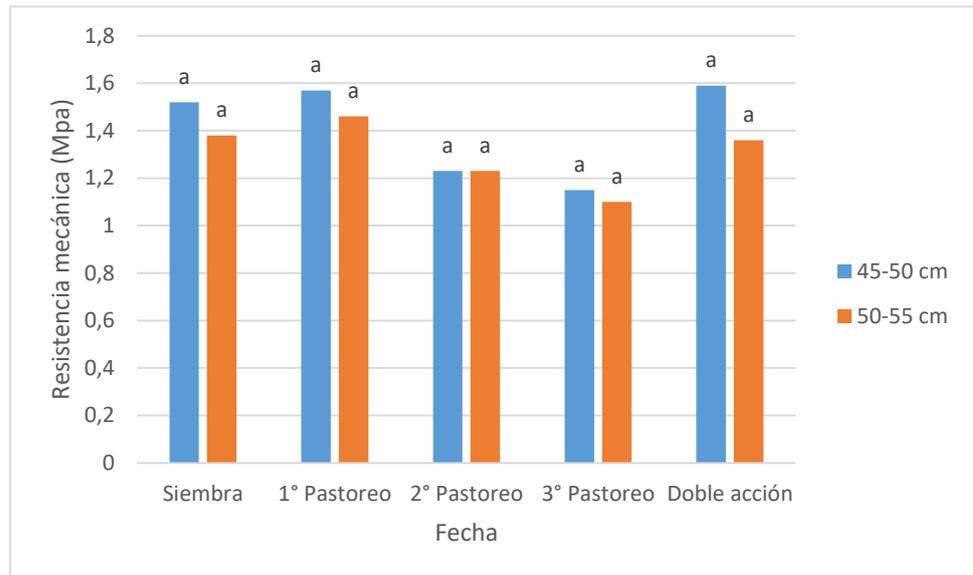


Figura N° 20: Resistencia mecánica entre 45-50, 50-55 cm de suelo en cada fecha evaluada.

Como se pudo observar, el efecto de la compactación del suelo por pisoteo animal se da hasta los 15 cm de suelo, lo cual difiere de los resultados encontrados por otros autores que mencionan incrementos de resistencia por pisoteo animal hasta los 7,5 cm (Trein *et al.*, 1991 y Fernández *et al.*, 2006) y hasta los 10 cm (Frolla, 2016).

Compactación generada por diferentes usos de suelo

La comparación entre los tres lotes de centeno (Agrícolas-ganaderos), con un lote con historia únicamente ganadera y una campaña de soja (la última) y con el caso del campo (lote virgen) muestra claramente el proceso de compactación que sufrió el suelo durante los sucesivos años de su uso con ganadería y agricultura, como se ve en el siguiente gráfico:

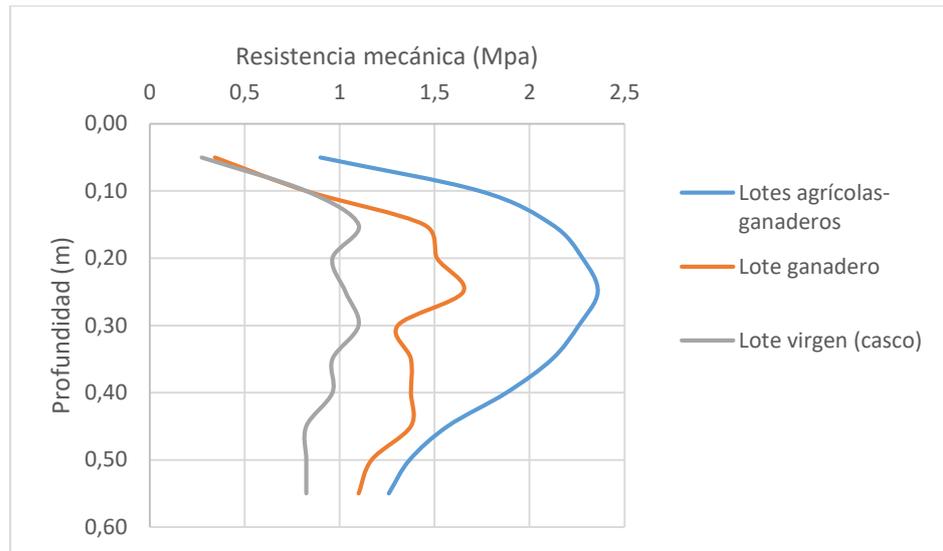


Figura N° 21: Valores medios de la resistencia mecánica con respecto a la profundidad en tres situaciones que difieren en la historia del manejo y el uso de suelo.

Se puede apreciar los bajos valores de resistencia que presenta el lote virgen, siendo algo mayores en el lote ganadero pero no alcanzando el umbral de 2 Mpa en cual se afectaría el desarrollo radicular. Los lotes agrícolas por su parte muestran una mayor compactación, alcanzando el umbral entre los 10 y 40 cm de suelo. Esto podría deberse como se dijo anteriormente al uso de maquinaria agrícola e implementos como arados y rastras durante muchos años de agricultura.

Materia orgánica

En el siguiente gráfico se puede apreciar los resultados de la medición de materia orgánica en los diferentes lotes:

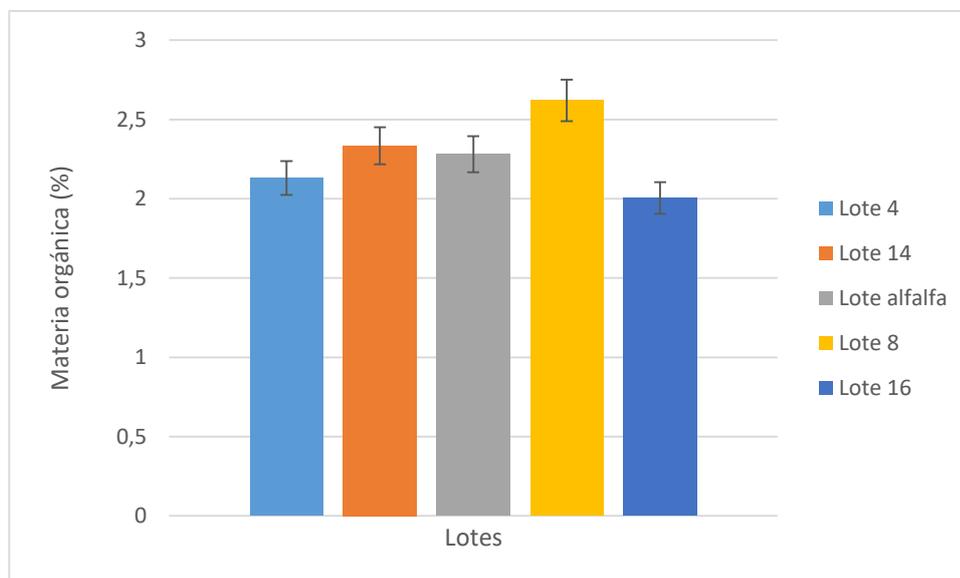


Figura N° 22: Porcentaje de materia orgánica de los diferentes lotes.

Se puede apreciar que los 5 lotes tienen un valor similar de materia orgánica que se encuentra entre el 2 y el 2,5%. Estos valores coinciden con los datos analíticos de la Serie Laboulaye (a la cual corresponden los Suelos de sectores bien drenados de la unidad cartográfica en cuestión) que figuran en la carta de suelo (INTA MANFREDI *et al*, 2006).

Se destaca con el mayor valor el lote 8, que difiere de los otros lotes de centeno en su historia, siendo posiblemente su cultivo antecesor, la alfalfa, el responsable de esta diferencia observada.

Granulometría

Tabla N° 9: Arcilla, limo y arena de los primeros 20 cm de suelo del lote 8

Arcilla 2 μm	Limo 50 μm	Arena 50- 450 μm
%		
11,1	21,1	67,8

De acuerdo a los datos presentados en la tabla 9, se concluye que el suelo tiene en su primer horizonte una textura franco arenosa, la cual presenta baja susceptibilidad a la compactación en comparación a los suelos de textura más fina (Taboada, 2007).

Densidad aparente (DAP)

Los resultados de la medición de DAP se muestran en el siguiente gráfico:

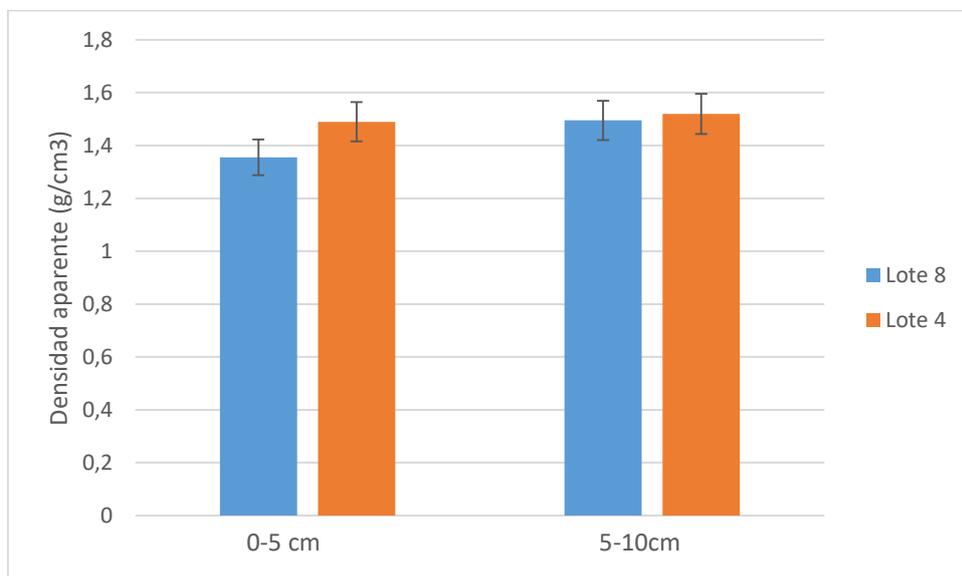


Figura N° 23: Densidad aparente entre los 0-5 y 5-10 cm de suelo en los lotes 8 y 4

Como se puede apreciar, en los primeros 5 cm de suelo, la DAP es algo menor que entre los 5 y 10 cm, y los valores promedio por lote son de 1,42 g/cm³ en el lote 8 y 1,52 g/cm³ en el lote 4.

Estos resultados se corresponden con los valores medios normales de densidad aparente para la textura que posee el suelo en el primer horizonte, franco arenosa (Aapresid, 2017)

CONCLUSIONES

- Los suelos agrícolas ganaderos evaluados se encuentran compactados entre los 10 y 40 cm de profundidad como consecuencia de la existencia de pisos de arado y pisos de rastra y debido al tránsito de maquinarias, observándose menor compactación en el perfil de suelos ganaderos y suelos vírgenes.
- La resistencia mecánica es afectada por el pisoteo de los animales, la historia del lote y la humedad del suelo.
- El pisoteo animal genera una compactación del suelo en los primeros 15 cm, influenciado a su vez, por la pérdida de humedad del suelo en los meses de invierno. El tercer pastoreo produjo los valores más elevados de resistencia mecánica. A pesar de esto, los valores de resistencia no son elevados, apenas superando el umbral de 2 Mpa.
- La compactación generada por el pisoteo en los primeros 15 cm es revertida con una pasada de rastra doble acción.
- Se adquirieron conocimientos prácticos de la relación de trabajo con la empresa en la cual se realizó la práctica profesional. Además, esto permitió integrar los conocimientos adquiridos en los estudios cursados, con la aplicación de técnicas de manejo del cultivo, el desarrollo de propuestas a campo y la resolución de problemas.

BIBLIOGRAFÍA

- AAPRESID, 2017. *Protocolo del Sistema de gestión de la calidad y manual de buenas prácticas de manejo de agricultura certificada.*
- ÁLVAREZ, C.R.; M.A. TABOADA; F.H. GUTIERREZ BOEM; A. BONO; P.L. FERNANDEZ & P PRYSTUPA. 2009. *Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. Soil and tillage Research* 96: 155-165.
- BAVERA, G.A.; O. A. BOCCO.; H. A. BEGUET.; C. PEÑAFORT, 2005. *Raciones de suplementos y pasturas y presupuestación forrajera. Cursos de Producción Bovina de Carne. FAV UNRC.*
- BAVERA, G. A, 2006. *Equivalencias ganaderas. Recopilación para el curso de Producción Bovina de Carne.*
- BECERRA, V.; A BECKER; D BIOLE; M BLARASIN; M CANTÚ; O CAMPANELLA; J CANTERO; J.CISNEROS; C CHOLAKY; A DEGIOANNI; J DE PRADA; N DOFFO; C ERIC; O GIAYETTO; H GIL; J GONZALEZ; J MARCOS; C NUÑEZ; D ORIGLIA; M REYNERO & G SAGRIPANTI.1992. *Ordenamiento y Manejo Integral de Aguas y Tierras para la Cuenca de General Deheza, Córdoba – Argentina. Informe convenio de Cooperación UNRC- Municipalidad de General Deheza, Argentina.*
- BONADEO, E; A DEGIOANNI; S AMIN; Y CHILANO; M BONGIOVANNI; R MARZARI; L MATTALIA; E MASSEDA & A CANTERO 2016 *Guía para Reconocimiento de Suelos. Gira Edafológica XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Libro digital UniRío Editora, 2017., ISBN 978-987-688-215-6*
- BONADEO, E; I MORENO; M BONGIOVANNI; R MARZARI; M J GANUM GORRIZ; I BERNARDO.2016. *Apunte teórico Sistema Suelo Planta. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.*
- BRICCHI, E; A CANTERO; E BONADEO & J DE PRADA.1992. *Caracterización física de los principales subgrupos de suelos y su relación con cultivos y sistemas de labranzas en el Sur-Oeste de Córdoba. II Jornadas Científico Técnicas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC; Río Cuarto, Argentina.*
- CANARACHE, A. 1991. *Factors and índices regarding excessive compactness of agricultural soils. Soil and Tillage Research* 19: 145-164.
- CANTERO, A; E BRICCHI & E BONADEO. 1987 A. *Propiedades físicas de los principales subgrupos de suelos del Centro sur oeste de Córdoba. II Jornadas Científico Técnicas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC; Argentina.*

- CANTERO GUTIERREZ, A; E BRICCHI; V BECERRA; J CISNEROS & H GIL. 1987 B. *Aplicación de un índice de aptitud relativa a las tierras del Departamento Río Cuarto. Actas de las II Jornadas Científicas-Técnicas, de la FAV, UNRC, Argentina.*
- CHOLAKY, C; J CISNEROS & RH BALBUENA. 2005. *El perfil cultural: una herramienta para discriminar modificaciones en la estructura edáfica producidas por una labor profunda. Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto 25 (1): 53-83.*
- CHOLAKY, C; R BALBUENA & J CISNEROS. 2010. *Field performance of a winged scarifier as a function of soil compaction and water content. Chilean Journal of Agricultural Research 70, N° 1: 150-158.*
- CHOLAKY, C.; BONADEO, E. 2018. *Compactación de suelos en el centro sur de Córdoba: causas, consecuencias y manejo. Compactaciones naturales y antrópicas en suelos Argentinos. 12:375-414*
- CISNEROS, JM; C CHOLAKY; A CANTERO GUTIERREZ A; J GONZALEZ; MA REYNERO; A DIEZ & L BERGESIO. 2012. *Erosion hídrica. Principios y técnicas de manejo. Uni Río Ed. Río Cuarto, Argentina.*
- CISNEROS, JM; AJ DEGIOANNI; JG GONZALEZ; CG CHOLAKY; JJ CANTERO; A CANTERO GUTIERREZ & JL TASSILE. 2015. *Degradación de suelos en la provincia de Córdoba En: R. Casas & G. Albarracín Compiladores: El deterioro del suelo en la Argentina. FECIC-PROSA, Buenos Aires, Argentina.*
- COCIMANO, M; LANGE, A y MENVIELLE, E. 1975. *Estudio sobre equivalencias ganaderas. Producción animal, Bs. As., Argentina, 4:161-190.*
- COSENTINO, DJ & C PECORARI. 2002. *Limos de baja densidad: impacto sobre el comportamiento físico de los suelos de la región pampeana. Ciencia del Suelo 20 (1): 9-16.*
- DI RIENZO J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. *InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.*
- DOMÍNGUEZ, J; M AIRA & M GÓMEZ-BRANDÓN. 2009. *El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Ecosistemas 18 (2):20-31.*
- FERNÁNDEZ, P.L.; C.R. ÁLVAREZ; M. CORREA LUNA; M.A TABOADA. 2006. *Propiedades físicas en sistemas de producción mixta y de agricultura continua en siembra directa. XX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Salta. Resúmenes pp. 152.*

- FERRERAS, L; 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*, V25 (2):159-172.
- FROLLA, F. D. 2016. *Efecto del pastoreo bovino sobre propiedades físicas del suelo bajo siembra directa en el sudoeste bonaerense. Tesis de posgrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina.*
- GUÉRIF, J; G RICHARD, C DÜRR, JM MACHET, S RECOUS & J ROGER-ESTRADE 2001. *A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. Soil and Till Res* 61(1): 13-32.
- GUPTA, S. C & R.R ALLMARAS. 1987. *Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. Advances in Soil Science* 6: 65-100.
- HAMPP, E; I BERNARDO E I MORENO. 1997. *Estado físico-químico de Hapludoles y Haplustoles típicos bajo cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) de la región Centro sur de Córdoba. IV Jornadas Científico-Técnicas. Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC. Argentina.*
- HAMZA, M.A & W.K ANDERSON. 2005. *Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research* 82: 121-145.
- IMHOFF S; A PIRES DA SILVA & D FALLOW. 2004. *Susceptibility to Compaction, Load Support Capacity, and Soil Compressibility of Hapludox. Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:17-24.
- INTA MANFREDI; AGENCIA CORDOBA AMBIENTE, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA & CONICET. 2006. *Los suelos. Recursos naturales de la provincia de Córdoba. Unidades cartográficas.* 5: 298-299
- JORAJURIA, D; L DRAGHI & A ARAGÓN.1996. *Compactación del suelo bajo tráfico repetido. Revista de Investigación Agraria UNLP* 10 (3): 43-482.
- KAY, BD. 1990. *Rates of change of soil structure under different cropping systems Adv. Soil Sci.* 12: 1-52
- KLUTE, A. 1986. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Agron. Monographi N°9 ASA, SSA. Madison, Wisconsin USA.*
- KUNST, C. 2003. *Qué es un balance forrajero. Grupo de producción animal, E.E.A Santiago del Estero. En www.produccion-animal.com.ar*
- LAVADO, R.S & M.A TABOADA. 1987. *Soil salinization as an efecto of grazing in a native grassland soil. Soil Use and Management* 3: 143-148
- LOZANO, Z., L DEYANIRA LOBO & L. ILDEFONSO PLA. 2002. *Susceptibilidad a la degradación física de Anfisoles de los llanos centrales y occidentales de Venezuela. Rev. Fac. de Agronomía (Maracay)* 28:41-57.

- MACKYES, E. 1985. *Soil Cutting and Tillage. Developments in Agricultural Engineering. Elsevier Sc. Publishers B.V. The Netherland.*
- SARGOY, V. 2017. *Nociones básicas. Producción bovina de Carne. Facultad de Agronomía y veterinaria. UNRC.*
- SANTANGELO, F.; GIL, F.; FAYA, F. 2015. *Potencial productivo de la ganadería bovina en la provincial de Córdoba. IPCVA.*
- SASAL, MC; ANDRIULO A E, & MA TABOADA. 2006. *Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas Soil and Till Res 87 (1):9-18.*
- SENASA, 2015. *Informes y estadísticas de las existencias bovinas en la República Argentina.*
- SCOTT RUSSELL, S. 1977. *Plant root systems: their function and interaction with the soil. Letcombe Lab., Wantage, Oxfordshire, UK. 298 pp*
- TABOADA, M.A & R.S LAVADO. 1993. *Influence of trampling on soil porosity under alternate dry and pounded conditions. Soil Use and Management 9: 139-143.*
- TABOADA, 2007. *Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa.* En www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/49-efectos_pisoteo.pdf
- TABOADA, M.A; F.G MICUCCI and C.R ÁLVAREZ. 2010. *Impedancias mecánicas y compactación en sistemas agrícolas. Fertilidad de Suelos Caracterización y Manejo en la Región Pampeana.* Editorial Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 4: 117-152.
- TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. 1991. *Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo.15:105-111.*
- VEPRASKAS, MJ & MG WAGGER. 1989. *Cone Index values diagnostic of where subsoiling can increased corn root growth. Soil Science Soc Am J 53:1499-1505.*
- WALKLEY A, BLACK A. 1934. *An examination of the Degtiareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.*

ANEXOS

Anexo 1. Promedio de la resistencia mecánica en las diferentes profundidades de suelo.

Profundidad	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0-5	Resistencia Mecánica	15	0,90	0,76	0,00	2,75
5-10	Resistencia Mecánica	15	1,74	1,35	0,28	5,16
10-15	Resistencia Mecánica	15	2,12	1,12	0,48	4,33
15-20	Resistencia Mecánica	15	2,28	0,61	1,24	3,44
20-25	Resistencia Mecánica	15	2,36	0,50	1,51	3,09
25-30	Resistencia Mecánica	15	2,26	0,29	1,72	2,89
30-35	Resistencia Mecánica	15	2,12	0,32	1,58	2,82
35-40	Resistencia Mecánica	15	1,88	0,31	1,38	2,41
40-45	Resistencia Mecánica	15	1,57	0,28	1,17	2,13
45-50	Resistencia Mecánica	15	1,37	0,27	0,96	1,93
50-55	Resistencia Mecánica	15	1,26	0,21	0,96	1,72

n= número de datos; D.E: desvío estándar; Min= mínimo; Max= máximo

Anexo 2. Promedio de la resistencia mecánica en las diferentes fechas.

Fecha	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
1 Pastoreo	Resistencia Mecánica	33	1,77	0,47	26,85	0,76	2,48
2 Pastoreo	Resistencia Mecánica	33	1,85	0,61	33,16	0,76	2,96
3 Pastoreo	Resistencia Mecánica	33	2,30	1,03	44,97	1,03	5,16
Doble acción	Resistencia Mecánica	33	1,44	0,77	53,48	0,00	2,41
Siembra	Resistencia Mecánica	33	1,67	0,70	41,88	0,28	3,09

n= número de datos; D.E: desvío estándar; Min= mínimo; Max= máximo

Anexo 3. Promedio de la humedad en las diferentes fechas (%)

Fecha	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
1 Pastoreo	Humedad	33	17,18	2,75	13,40	21,60
2 Pastoreo	Humedad	33	15,98	1,09	14,50	17,50
3 Pastoreo	Humedad	33	12,48	2,00	10,36	16,10
Doble acción	Humedad	33	15,38	1,39	13,00	17,80
Siembra	Humedad	33	17,46	1,15	15,25	19,10

n= número de datos; D.E: desvío estándar; Min= mínimo; Max= máximo

Anexo 4. Promedio de resistencia mecánica en cada lote.

Lote	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máy
4	Resistencia Mecánica	55	1,81	0,86	0,00	5,16
8	Resistencia Mecánica	55	1,69	0,69	0,00	3,09
14	Resistencia Mecánica	55	1,91	0,80	0,00	4,06

n= número de datos; D.E: desvío estándar; Min= mínimo; Max= máximo

Anexo 5. Cuadrado medio y significancia de los análisis de la varianza para la variable Resistencia mecánica (%).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Resistencia Mecánica	165	0,95	0,90	13,65

R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)	Coef
Modelo.	96,52	85	1,14	18,70	<0,0001		
Lote	0,40	2	0,20	3,30	0,0419*		
Fecha	6,75	4	1,69	3,80	0,0511	(Lote*Fecha)	
Lote*Fecha	3,55	8	0,44	7,30	<0,0001		
Profundidad	32,00	10	3,20	11,49	<0,0001	(Lote*Profundidad)	
Lote*Profundidad	5,57	20	0,28	4,59	<0,0001		
Profundidad*Fecha	26,34	40	0,66	10,84	<0,0001*		
Humedad	0,35	1	0,35	5,75	0,0189*		-
0,08							
Error	4,80	79	0,06				
Total	101,32	164					

FV: Fuente de Variación; gl: grados de libertad; CM: Cuadrado Medio.

** Significativo con un nivel de significancia menor a 0,05.*

Anexo 6. Comparación de medias con la prueba DGC

Profundidad	Fecha	Medias	N	E.E					
0-5	1 Pastoreo	1,03	3	0,15				D	
0-5	2 Pastoreo	0,97	3	0,14				D	
0-5	3 Pastoreo	1,72	3	0,21			C		
0-5	Doble acción	0,04	3	0,14					E
0-5	Siembra	0,59	3	0,14					E
5-10	1 Pastoreo	1,80	3	0,15			C		
5-10	2 Pastoreo	1,87	3	0,14			C		
5-10	3 Pastoreo	3,46	3	0,21	A				
5-10	Doble acción	0,34	3	0,14					E

5-10	Siembra	1,10	3	0,14				D	
10-15	1 Pastoreo	2,15	3	0,15		B			
10-15	2 Pastoreo	2,42	3	0,14		B			
10-15	3 Pastoreo	3,44	3	0,21	A				
10-15	Doble acción	0,94	3	0,14				D	
10-15	Siembra	1,51	3	0,14				D	
15-20	1 Pastoreo	2,31	3	0,15		B			
15-20	2 Pastoreo	2,39	3	0,14		B			
15-20	3 Pastoreo	2,77	3	0,21		B			
15-20	Doble acción	1,54	3	0,14				D	
15-20	Siembra	2,24	3	0,14		B			
20-25	1 Pastoreo	2,25	3	0,14		B			
20-25	2 Pastoreo	2,50	3	0,14		B			
20-25	3 Pastoreo	2,69	3	0,17		B			
20-25	Doble acción	1,65	3	0,14				D	
20-25	Siembra	2,69	3	0,16		B			
25-30	1 Pastoreo	2,32	3	0,14		B			
25-30	2 Pastoreo	2,46	3	0,14		B			
25-30	3 Pastoreo	1,98	3	0,17			C		
25-30	Doble acción	1,90	3	0,14			C		
25-30	Siembra	2,60	3	0,16		B			
30-35	1 Pastoreo	2,18	3	0,14		B			
30-35	2 Pastoreo	2,04	3	0,14			C		
30-35	3 Pastoreo	1,66	3	0,17				D	
30-35	Doble acción	2,29	3	0,14		B			
30-35	Siembra	2,41	3	0,16		B			
35-40	1 Pastoreo	1,86	3	0,14			C		
35-40	2 Pastoreo	1,93	3	0,14			C		
35-40	3 Pastoreo	1,36	3	0,17				D	
35-40	Doble acción	2,18	3	0,14		B			
35-40	Siembra	2,05	3	0,16			C		
40-45	1 Pastoreo	1,73	3	0,16			C		
40-45	2 Pastoreo	1,51	3	0,14				D	
40-45	3 Pastoreo	1,29	3	0,15				D	
40-45	Doble acción	1,77	3	0,15			C		
40-45	Siembra	1,79	3	0,16			C		
45-50	1 Pastoreo	1,57	3	0,16				D	
45-50	2 Pastoreo	1,23	3	0,14				D	
45-50	3 Pastoreo	1,15	3	0,15				D	
45-50	Doble acción	1,59	3	0,15				D	
45-50	Siembra	1,52	3	0,16				D	
50-55	1 Pastoreo	1,46	3	0,16				D	

50-55	2 Pastoreo	1,23	3	0,14				D	
50-55	3 Pastoreo	1,10	3	0,15				D	
50-55	Doble acción	1,36	3	0,15				D	
50-55	Siembra	1,38	3	0,16				D	

Diferentes letras indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).