

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo final: Descompactación subsuperficial y dirección de las líneas de siembra: efecto sobre la resistencia mecánica edáfica y el rendimiento de maíz.

Autor: Gomez Giacomelli, Genaro Matias.

DNI: 30848287

Director: Cholaky, Carmen

Co-Director: Cisneros, José Manuel

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Degioanni, Américo _____

Bongiovanni, Marcos _____

Cholaky, Carmen _____

Fecha de presentación:

Aprobado por Secretaría Académica:

Secretario académico

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

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

**Descompactación subsuperficial y dirección de las líneas de siembra:
efecto sobre la resistencia mecánica edáfica y el rendimiento de
maíz.**

Alumno: Gomez Giacomelli, Genaro Matias

DNI: 30848287

Director: Cholaky, Carmen

Co-Director: Cisneros, José Manuel

Río Cuarto - Córdoba

Octubre del 2012

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
CAPITULO 1	
INTRODUCCIÓN	
1.1- Planteo del problema.....	1
1.2- Antecedentes.....	3
1.3- Hipótesis.....	5
1.4- Objetivo general.....	5
1.4.1- Objetivos específicos.....	5
CAPITULO 2	
MATERIALES Y METODOS	
2.1- Área de trabajo.....	6
2.2- Tratamientos y diseño experimental.....	7
2.3- Variables estudiadas.....	8
2.3.1- En el suelo.....	8
2.3.2- En el cultivo.....	10
2.4-Análisis estadístico de los resultados.....	10
CAPITULO 3	
RESULTADOS Y DISCUSION	
3.1 - Resistencia mecánica y humedad.....	11
3.1.1-Momento 1: Siembra.....	11
3.1.1 “a”- Resistencia mecánica.....	11
3.1.1 “b”- Humedad.....	12
3.1.2-Momento 2: V5-V6.....	13
3.1.2 “a”-Resistencia mecánica.....	13
3.1.2 “b”- Humedad.....	14
3.1.3-Momento 3: V10.....	15
3.1.3 “a -Resistencia mecánica.....	15
3.1.3 “b”-Humedad.....	18

3.1.4 -Momento 4: R3.....	18
3.1.4 “a”- Resistencia mecánica.....	18
3.1.4 “b”- Humedad.....	20
3.1.5- Momento 5: R5.....	21
3.1.5 “a”- Resistencia mecánica.....	21
3.1.5 “b”- Humedad.....	23
3.1.6- Momento 6: Post cosecha.....	25
3.1.6 “a”- Resistencia mecánica.....	25
3.1.6 “b”- Humedad.....	27
3.2- Evolución de la resistencia mecánica y de la humedad en todo el período de análisis.....	28
3.3- Relación entre resistencia mecánica y humedad en diferentes profundidades del suelo.....	30
3.4- Rendimiento del cultivo de maíz, según los tratamientos.....	32

CAPITULO 4

CONCLUSIONES.....	36
BIBLIOGRAFIA.....	37
ANEXO I.....	41
ANEXO II.....	43
ANEXO III.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1: Datos de precipitación ocurridas en la zona de La Brianza durante el ciclo 2010/11.....	6
Figura 2: Disposición de los tratamientos estudiados en el trabajo, siembra directa realizada a favor de la pendiente, sin labor de descompactación (SD a favor de la pendiente s/D); siembra directa realizada a favor de la pendiente, con labor de descompactación (SD a favor de la pendiente c/D); siembra directa realizada cortando la pendiente, con labor de descompactación (SD cortando la pendiente c/D); y siembra directa cortando la pendiente sin labor de descompactación (SD cortando la pendiente s/D).....	60
Figura 3: Determinación de la resistencia mecánica mediante el penetrómetro de impacto y del contenido de agua del perfil, realizado en el viaje de reconocimiento del sitio experimental y de diagnóstico de la condición física del suelo donde se llevó a cabo la experiencia.....	61
Figura 4: Perfil de distribución de resistencia mecánica en los tratamientos de labranza según profundidad de suelo, en el momento de siembra.....	12
Figura 5: Contenido de agua promedio del perfil con y sin labor de descompactación, en diferentes profundidades, al momento de la siembra.....	12
Figura 6: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico V5-V6 del cultivo.....	14
Figura 7: Contenido de agua promedio del perfil con y sin labor de descompactación, en diferentes profundidades, en el estado fenológico V5-V6 del cultivo.....	14
Figura 8: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico V10 del cultivo.....	17

Figura 9: Contenido de agua promedio del perfil de los tratamientos, en sus diferentes profundidades en el estado fenológico V10 del cultivo.....	17
Figura 10: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico R3 del cultivo.....	19
Figura 11: Contenido de agua promedio del perfil con y sin labor de descompactación, en diferentes profundidades, en el estado fenológico R3 del cultivo. La línea roja indica el valor de referencia correspondiente a PMP.....	19
Figura 12: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico R5 del cultivo.....	23
Figura 13: Contenido de agua promedio del perfil de los tratamientos, en sus diferentes profundidades en el estado fenológico R5 del cultivo. La línea verde indica el valor de referencia correspondiente a CC.....	23
Figura 14: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en Post cosecha del cultivo.....	27
Figura 15: Contenido de agua promedio del perfil de los tratamientos, en sus diferentes profundidades en Post cosecha del cultivo.....	27
Figura 16: Evolución de la resistencia mecánica entre siembra y poscosecha del cultivo de maíz en las diferentes capas del perfil cultural de los tratamientos con y sin labor de descompactación. La línea verde corresponde al valor crítico para el crecimiento de raíces (2MPa).....	30

Figura 17: Evolución de la humedad gravimétrica entre siembra y poscosecha del cultivo de maíz en las diferentes capas del perfil cultural de los tratamientos con y sin labor de descompactación. La línea verde y negro corresponden a CC y PMP, respectivamente.....	30
Figura 18: Relación entre resistencia mecánica y humedad gravimétrica en las diferentes capas del perfil cultural de los tratamientos con y sin labor de descompactación, para un rango de humedad gravimétrica entre 8,43 y 18,26 % g g ⁻¹	31
Figura 19: Rendimiento promedio en qq/ha de los diferentes tratamientos.....	33
Figura 20: Efecto del factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.....	34
Figura 21: Efecto del factor dirección de las líneas de siembra sobre el rendimiento del cultivo de maíz.....	34

ÍNDICE DE FOTOS:

	Página
Foto 1: Estructuras típicas de la zona compactada del perfil.....	61
Foto 2: Pared expuesta de la calicata para el diagnóstico de la zona compactada en el perfil.....	61
Foto 3: “Paratill” de fabricación artesanal, utilizando un antiguo chasis de arado cincel.....	62
Foto 4: Distancia entre timones, siendo de aproximadamente de 40 cm.....	62
Foto 5: Perfil cultural abarcando la profundidad de trabajo de “Paratill” (aproximadamente hasta 27 cm).....	63
Foto 6: Vista posterior del rolo dispuesto detrás del “Paratill” con el objetivo de cerrar los surcos originados por las rejas de dicha herramienta, reacondicionar la superficie del suelo y el rastrojo.....	63
Foto 7: Vista lateral del conjunto tractor - Paratill - rolo trabajando.....	64
Foto 8: Vista lateral de sembradora directa marca Fabimag modelo Multiplanter, neumática, de 16 surcos a 0.52 m entre líneas de siembra.....	64
Foto 9 “a”: Determinación de la resistencia mecánica mediante Penetrómetro a golpes.....	65
Foto 9 “b”: Toma de muestras con el barreno para la determinación del contenido de agua según método gravimétrico.....	65
Foto 10: Estado fenológico V5-V6 del cultivo.....	65
Foto 11: Estado fenológico V10 del cultivo.....	66
Foto 12: Estado fenológico R3 del cultivo.....	66

Foto 13: Observación del sistema radical de una planta perteneciente a un tratamiento sin labor de descompactación (a la izquierda de la imagen) y con labor de descompactación (a la derecha de la imagen).....67

Foto 14: Estado fenológico R5 del cultivo.....67

Foto 15: Post cosecha del cultivo de maíz.....67

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla1: Valores de Resistencia Mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el momento de siembra.....	11
Tabla2: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico V5-V6 del cultivo.....	13
Tabla 3: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico V10 del cultivo.....	16
Tabla 4: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico R3 del cultivo.....	19
Tabla 5: Contenido de agua del perfil del suelo según la dirección de las líneas de siembra en estado fenológico R3 del cultivo.....	21
Tabla 6: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico R5 del cultivo.....	22
Tabla 7: Contenido de agua del perfil del suelo según la dirección de las líneas de siembra en estado fenológico R5 del cultivo.....	24
Tabla 8: Contenido de agua del perfil del suelo según el sistema de labranza en estado fenológico R5 del cultivo.....	24
Tabla 9: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en Post cosecha del cultivo.....	26
Tabla 10: Ecuaciones de ajuste entre RM y humedad para los tratamientos de labranza en sus diferentes profundidades.....	32

RESUMEN

El incremento de la resistencia mecánica en suelos manejados con siembra directa y su influencia en la disponibilidad de agua en suelos del sur de Córdoba es una limitante de la productividad de los cultivos. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de una labor de descompactación subsuperficial y de la orientación de las líneas de siembra respecto de la pendiente general del lote, en un suelo manejado con siembra directa, sobre la resistencia mecánica, la disponibilidad de agua edáfica y el rendimiento del cultivo de maíz. En un Haplustol údico franco arenoso se instalaron 4 tratamientos: siembra directa a favor de la pendiente, sin labor de descompactación; siembra directa a favor de la pendiente, con labor de descompactación; siembra directa cortando la pendiente, con labor de descompactación; y siembra directa cortando la pendiente sin labor de descompactación, con cuatro repeticiones. Se evaluó la resistencia mecánica (RM), el contenido de agua gravimétrico (CA) en 6 momentos de muestreo y el rendimiento del cultivo. La resistencia mecánica en los tratamientos que recibieron la labor, mostró una marcada disminución hasta la profundidad efectiva de trabajo del paratill. Por el contrario, no hubo diferencias significativas en el contenido de agua del suelo. Solo en el estado fenológico R5, hubo efecto significativo de la dirección de las líneas de siembra y de la labor sobre el contenido de agua del suelo. La dirección de las líneas de siembra no mostró efecto significativo sobre la RM, CA y rendimiento del cultivo. Para las condiciones del trabajo, se concluye que: la disminución de la RM en el perfil, es producto del efecto de la labor de descompactación, y no de la dirección de las líneas de siembra debido a variaciones en el contenido de agua del suelo. La descompactación incrementó un 13,6% el rendimiento del maíz.

Palabras Claves: Descompactación, resistencia mecánica, contenido de agua, rendimiento, siembra directa.

SUMMARY

The increase in mechanical strength in soils with direct sowing and their influence on soil water availability is limiting crop productivity in southern Córdoba area. The objective was to evaluate the effect of a subsurface decompacting with subsoiling tillage and crop rows orientation on the general field slope, in a soil under direct sowing management, on the mechanical strength, soil water availability and maize yield. In a Udic haplustol, sandy loam with 4 treatments: direct sowing on up and down slope, and without decompacting; direct sowing on up and down slope, with subsoiling tillage; direct sowing cross slope with subsoiling tillage and direct sowing cross slope without subsoiling tillage, with four replications. Mechanical resistance (RM), the gravimetric water content (CA) and crop yield was evaluated in six sampling times. The mechanical resistance in the treatments with subsoiling tillage showed a marked decrease to work depth. Contrary there no difference significant in soil water content. Only in R5 growth stage, there were significant effect on the rows direction and subsoiling tillage on the soil water content. The rows orientation showed no significant effect on the RM, CA and crop yield. For these conditions, we conclude that: the reduction of RM in the profile is the result of the effect of subsoiling tillage but no of the rows orientation due to variations in soil water content. The subsoiling tillage increases a 13,6% maize yield.

Key words: Decompacting, mechanical resistance, water content, yield, no tillage.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1-Planteo del problema:

El uso de sistemas tradicionales de siembra se relaciona con problemas de sellado y encostramiento superficial, además del desarrollo de “Pisos de arados”, o compactaciones subsuperficiales por pasaje de maquinaria. El avance de los sistemas de siembra directa (SD) ha dado solución a muchos problemas pero ha despertado otros interrogantes, particularmente, en lo referente al desarrollo de impedancias mecánicas en muchos suelos manejados continuamente con SD (Taboada y Micucci, 2006).

La siembra directa, en gran auge en la actualidad, es un sistema conservacionista que tiene aspectos muy positivos, como lo son la mejora en el almacenamiento de agua y la reducción de las pérdidas de suelo por erosión. Pero numerosos autores han comprobado que tiene efectos no deseados, uno de los más destacados es el aumento de la densidad aparente en superficie y en capas subsuperficiales.

Se pueden mencionar como causas de esta compactación a la no remoción del suelo que permite una consolidación de las partículas, y el tránsito de maquinarias de gran peso, sobre todo cuando el suelo se encuentra con alto contenido de humedad (Gudelj y Masiero, 2000). Es una apreciación común que la SD produce un incremento en la densidad aparente (DA) en los primeros centímetros del suelo y que los sistemas con remoción inducen a una menor compactación superficial.

El desarrollo de compactaciones en suelos bajo siembra directa se debe a una combinación de factores naturales como textura, mineralogía, materia orgánica, y otros, derivados de la acción antrópica, como ausencia de remoción mecánica y tráfico agrícola con maquinarias de gran peso Botta *et al.* (2004). En este sentido, Arvidsson *et al.* (1996) sostienen que el tráfico de maquinarias causa una densificación del suelo en el sitio de contacto entre rueda y suelo, que puede extenderse hasta distancias considerables desde la superficie. El incremento en la densidad aparente y la profundidad afectada dependen de factores como la textura del suelo, el contenido de humedad, la presión de contacto, el peso de los ejes, la velocidad del vehículo y el número de pasadas. Al mismo tiempo Alvarez *et al.* (2010) consideran que la compactación del suelo por pasaje de rodados agrícolas se ha transformado en un problema de importancia mundial debido al uso de tractores, pulverizadoras, equipos de fertilización y cosechadoras cada vez de mayor tamaño, acompañado de un incremento en el uso del suelo.

Por su parte Arvidsson *et al.* (1996) indican que el grado de empaquetamiento o compactación de las partículas de un suelo determina su capacidad para permitir el desarrollo

de cultivos, su capacidad para soportar el tráfico y su susceptibilidad a la erosión, entre otros factores. Un suelo muy suelto puede suministrar un ambiente favorable para el desarrollo de las plantas, pero puede ser muy susceptible a la erosión y no permitir el tráfico de máquinas. En el otro extremo, suelos con alto grado de compactación pueden soportar el tráfico en un amplio rango de contenidos de humedad, pero imponen importantes restricciones para el crecimiento de cultivos (Martino, 1994), llevando a una disminución de los rendimientos Soza *et al.* (2008). El crecimiento de las raíces se ve limitado cuando los valores de la resistencia a la penetración igualan o superan valores de 2 a 3 MPa. (Gupta y Allmaras, 1987).

El proceso de reconstrucción de la estructura del suelo puede demandar prolongados períodos de tiempo, especialmente si se parte de situaciones extremas. En estos casos, es necesario encontrar formas de acelerar dichos procesos de largo plazo, a efectos de asegurar la viabilidad de un sistema de siembra directa. Una de estas formas sería el aflojamiento mecánico del suelo preservando la cubierta de residuos y minimizando los efectos negativos sobre los agentes formadores de biocanales (Martino, 1994). La descompactación por métodos mecánicos es obtenida principalmente a través del subsolador. Las herramientas de labranza vertical fragmentan las capas del suelo restrictivas sin causar destrucción severa de los agregados Botta *et al.* (2006). Como consecuencia de los efectos positivos del subsolado con Paraplow sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la implantación de los cultivos y desarrollo de raíces, es de esperar un efecto positivo sobre la productividad de los cultivos, lo cual ha sido reportado para varios cultivos (Martino, 1994); Botta *et al.* (2004), Botta *et al.* (2010).

De acuerdo a Cisneros *et al.* (2004) se puede sostener que las técnicas de manejo del relieve como la de orientación de las líneas de siembra en forma perpendicular a la dirección de la pendiente, aumentan los procesos de retención y detención superficial con lo que se incrementa el agua infiltrada en el perfil, por lo que según las relaciones encontradas entre resistencia mecánica y contenido de agua del suelo por Bonadeo *et al.* (2003) y Bergesio *et al.* (2010) para suelos similares al de la presente experiencia, es de esperar que la resistencia mecánica a la que deberían enfrentarse las raíces disminuya respecto a las situaciones sembradas a favor de la pendiente.

En el mismo sentido Buscagro, (2007) sostiene que el cultivo en contorno produce mayor eficiencia en la captación del agua pluvial, disminuyendo el escurrimiento superficial y la erosión. En ensayos realizados a campo, obtuvo un aumento del rendimiento de maíz sembrado en contorno entre 9,6 y 17,7% respecto del testigo. Cabe esperar que la mayor distribución de la humedad en el terreno, producida por la sistematización, sea parcialmente responsable de los aumentos de rendimiento observados.

1.2-Antecedentes:

Argentina ha crecido en la producción de granos en los últimos 18 años a razón de 3,7 millones de toneladas/año, llegando al 81% de adopción de la siembra directa Bragachini *et al.* (2011). Sin embargo, en planteos de siembra directa se observa un aumento de la resistencia a la penetración en superficie. Esta mayor resistencia no se relaciona con un aumento en la densidad aparente, por lo tanto lo que se observa en siembra directa es un endurecimiento, como consecuencia de la reconsolidación del suelo debido a la falta de remoción Alvarez *et al.* (2010).

La degradación del suelo es consecuencia de un proceso físico, químico, biológico o mecánico inducido por el hombre, que produce pérdidas de sus características o propiedades y conduce a una disminución de su capacidad productiva a lo largo del tiempo (Taboada, 1998). La energía que se incorpora al sistema por la circulación de las ruedas genera cambios en las propiedades estructurales que modifican los contenidos de aire y agua, así como la facilidad con que éstos y los nutrientes están disponibles para las plantas Irurtia *et al.* (2008).

Las raíces que crecen en un medio poroso, como lo es el suelo, deben superar la resistencia mecánica que el mismo les impone. Ello se logra ya sea a través de la penetración de poros y canales ya existentes, de un tamaño mayor que el de las raíces (Wiersum, 1957), o deformando la estructura del medio. Las raíces deforman el suelo principalmente fracturándolo y/o comprimiéndolo Barley *et al.* (1967). La resistencia a la penetración de un suelo depende principalmente del tipo de suelo (textura), la densidad aparente y el contenido de humedad Henderson *et al.* (1988). La resistencia a la penetración y la humedad del suelo están fuertemente relacionadas, a medida que la humedad del suelo aumenta, disminuye la resistencia a la penetración Rangeon *et al.* (2008). La relación entre la resistencia a la penetración y contenido de agua es afectada por el estado estructural del suelo, y constituye una herramienta potencialmente muy buena para el diagnóstico de la condición física de un suelo (Martino, 1998). Por su parte, Rollán *et al.* (2004) informaron que el efecto de la siembra directa en suelos limosos del centro-norte de Córdoba, en siete años, produjo el aumento de la densidad aparente y disminuyó la capacidad de retención de agua en el perfil hasta 20 cm de profundidad, por lo que recomendaron tareas de descompactación y la rotación con gramíneas para mejorar la estructura.

El Paraplow, una herramienta de subsolado desarrollada en Inglaterra hace dos décadas (Pidgeon, 1982), puede ser utilizado para aflojar suelos compactados hasta una profundidad de 50 cm, con escaso disturbio de la superficie. Por lo tanto, es una herramienta que puede ser utilizada en sistemas de siembra directa. El efecto más obvio del Paraplow sería una

disminución en la densidad aparente del suelo asociado con un incremento en el volumen poroso, incrementando simultáneamente la intensidad de la evapotranspiración y de la infiltración.

En suelos pobremente drenados, el Paraplow aumentó los rendimientos de maíz en 7 a 14 %, dicho efecto se asoció con una mejor implantación de los cultivos Erbach *et al.* (1992). En el mismo sentido, Reeder *et al.* (1993) también reportaron incrementos de rendimiento de maíz y soja atribuibles al efecto del Paraplow sobre las propiedades físicas del suelo.

Los estudios realizados en Uruguay (Martino, 1998) también demostraron que uno de los principales efectos del Paraplow fue el incremento en la capacidad de infiltración de los suelos, lo cual fue de gran beneficio para los cultivos, especialmente en lo que respecta a la captación de agua de lluvias intensas de primavera y verano. Sin embargo, Alvarez *et al.* (2006) observaron que el efecto positivo de la descompactación sobre la velocidad de infiltración en Hapludoles y Argiudoles típicos sólo se manifestaba al inicio del ciclo de los cultivos para disiparse a cosecha, atribuyéndolo a la escasa estabilidad de la estructura generada mecánicamente.

Botta *et al.* (2006) hallaron un efecto positivo del pasaje de descompactadores rígidos y rectos sobre el rendimiento de girasol, con incremento del 24% y del 13% para el primer y segundo año después de haber sido realizado la labranza, respectivamente. Asimismo, Munkholm *et al.* (2005), trabajando sobre un suelo arenoso, con presencia de piso de arado, informaron que el rendimiento del cultivo tendió a ser mayor en el testigo no descompactado.

Varsa *et al.*, (1997) obtuvieron como resultado de labranzas profundas a 0,4, 0,6 y 0,9 m con un subsolador, el incremento de la densidad de raíces de maíz y el aumento de rendimiento, en un suelo franco limoso pobremente drenado, con una capa naturalmente compacta a 0,5 m de profundidad que dificultaba la infiltración profunda del agua de lluvia y el desarrollo de raíces. En estos suelos el efecto de descompactación se mantuvo por cuatro años sin enmiendas químicas adicionales.

En relación al efecto de la orientación de las líneas de siembra respecto a la pendiente, Colombo (2011) trabajando en un Hapludol típico ubicado en una pendiente del 3%, comparó el contenido de agua del suelo y el rendimiento de maíz en una situación sembrada en curvas a nivel respecto a un testigo sembrado a favor de la pendiente. Encontró que el agua almacenada en el primer metro de profundidad fue alrededor de un 30% superior en la situación sistematizada que en el testigo, y el rendimiento del cultivo presentó similar diferencia entre los tratamientos estudiados. Stevens *et al.* (2009) observaron que el incremento de la rugosidad superficial producido por las líneas en contorno redujo el escurrimiento superficial respecto a la situación testigo sembrada a favor de la pendiente,

tanto en sistemas de labranza convencional como en sistemas de mínima labranza, pero estas diferencias no fueron significativas.

No existe demasiada bibliografía local respecto al impacto combinado de técnicas de manejo del suelo, como las mencionadas precedentemente y de manejo del relieve como la orientación de las líneas de siembra respecto a la pendiente, sobre el comportamiento físico del suelo y sobre el rendimiento de los cultivos.

1.3-Hipótesis:

La descompactación subsuperficial de un Haplustol údico y las líneas de siembra perpendiculares a la dirección de la pendiente, producen una disminución en la resistencia mecánica para el crecimiento de raíces y un aumento en la captación de agua en el perfil, lo que se traduce en un mayor rendimiento del maíz.

1.4-Objetivo general:

Evaluar el efecto de una labor de descompactación subsuperficial y de la dirección de siembra respecto a la pendiente sobre el comportamiento físico de un Haplustol údico manejado con siembra directa y sobre el rendimiento de un cultivo de maíz.

1.4.1-Objetivos Específicos:

-Monitorear la resistencia mecánica y la humedad del suelo, durante el período comprendido entre la siembra y la cosecha del cultivo de maíz.

-Estimar rendimiento final en granos.

CAPITULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1-Área de trabajo:

La experiencia se realizó en el establecimiento “Don Luis” (33° 26’ Latitud Sur, 64° 07’ Longitud Oeste) (Google Earth, versión 2010), perteneciente a la señora Giacomelli Stella, ubicado en cercanías de la colonia “La Brianza”, a unos 45 km al sur-este de la ciudad de Río Cuarto y a unos 20 km al nor-este de la localidad de San Basilio, Departamento Río Cuarto.

El clima es mesotermal subhúmedo con inviernos secos. Las precipitaciones anuales medias son de 800 – 700 mm. El régimen de precipitaciones es monzónico y concentra el 80% de la lluvia en el periodo de octubre a abril, con caídas ocasionales de granizo especialmente en los meses estivales del periodo mencionado. En la figura 1 se presentan las precipitaciones ocurridas durante el ciclo 2010-2011 y especialmente durante el ciclo del cultivo de maíz en la zona de la Brianza.

El periodo libre de heladas es de 240 días y se extiende desde el 11 de septiembre hasta el 11 de mayo; para heladas extremas este periodo va desde el 16 de abril al 29 de octubre. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 24,1 C° y la del mes más frío (julio) es de 8,9 C°. Los vientos predominantes son de dirección NE-SO de julio a noviembre y de N-S de diciembre a julio, y en cuanto a su intensidad los mayores registros se tienen de julio a noviembre, con ráfagas de más de 100 km/h (Cantero *et al.*, 1986).

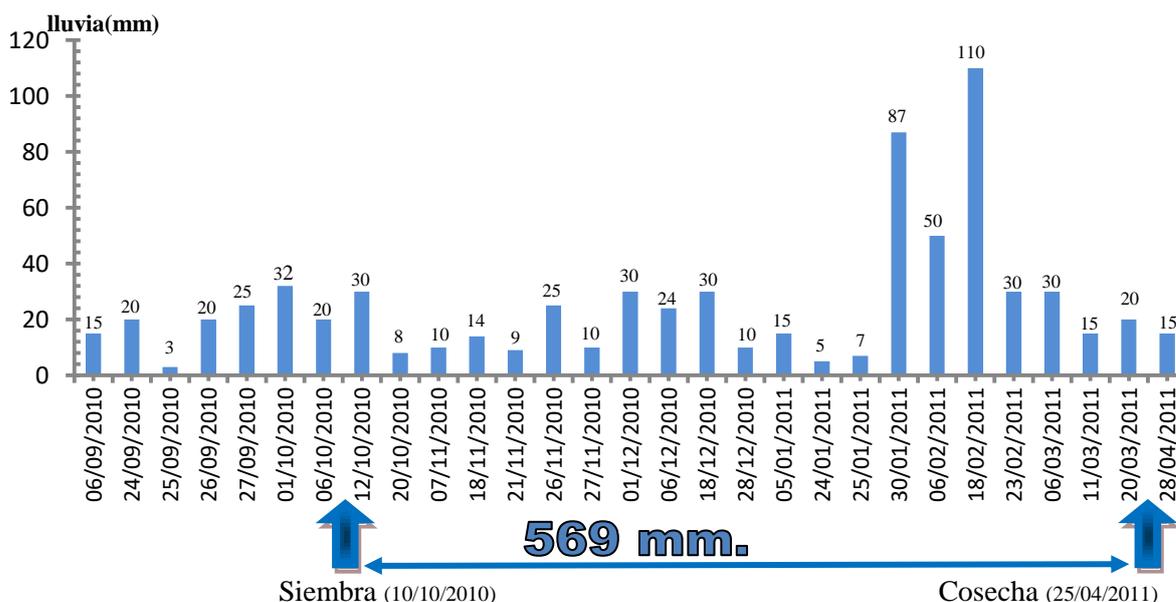


Figura 1: Precipitación ocurrida en la zona de La Brianza durante el ciclo 2010/11 y en particular durante el ciclo del cultivo de maíz.

La zona se presenta formando una planicie alta tendida, de relieve normal, suavemente ondulado con pendientes en general largas y uniformes, con orientación nortesur y gradientes de hasta 1,5%. En la ladera oeste de aporte hacia el eje del curso y áreas de derrames del Arroyo Santa Catalina el gradiente de la pendiente llega hasta el 3% Cantero *et al.* (1986). En el sitio experimental el gradiente de la pendiente oscila entre 0,5 y 0,7 %.

El material originario de los suelos de esta área está constituido principalmente por sedimentos de tipo loésicos franco-arenosos muy finos (Cantú, 1992). El suelo en donde se llevó a cabo la experiencia es un Haplustol údico de textura franco arenosa a franca en los horizontes superficiales y franco arenosa muy fina en los demás, correspondiendo a la Unidad catastral n° 30 -Bloque Adelia María Cantero *et al.* (1986). Las características del perfil representativo del sitio donde se llevó a cabo el presente estudio fueron descriptas por INTA-SAGyP (2006) y se presentan en el anexo I.

El suelo presentó una compactación entre los 10 y 25 cm de profundidad, según diagnóstico realizado a partir de la evaluación cualitativa de la estructura del perfil cultural y de la medición de la resistencia mecánica mediante penetrómetro de impacto (figura 3, fotos 1 y 2 del anexo III). La elevada magnitud que mostraron los valores de RM, se asoció al abajo contenido de humedad que presentaba el suelo al momento del diagnóstico (próximo a punto de marchitez permanente) y a la presencia de características de la estructura comunes de capas compactadas (i.e. terrones grandes, subangulares con tendencia a laminar, firmes). En cuanto a la historia de uso y manejo de estas tierras, antiguamente se realizaba ganadería, para la cual se utilizaban sistemas de labranza convencional. En los últimos 8 años se realiza agricultura (Soja-Maíz) utilizando el sistema de siembra directa, sin realizar labores de descompactación en el período mencionado.

2.2-Tratamientos y diseño experimental:

La experiencia se llevó a cabo mediante la combinación de sistemas de labranzas con dos niveles: con y sin paratill, y direcciones de líneas de siembra: a favor y perpendicular a la pendiente general del lote. Los tratamientos fueron: siembra directa realizada a favor de la pendiente, sin labor de descompactación (SD a favor de la pendiente s/D); siembra directa realizada a favor de la pendiente, con labor de descompactación (SD a favor de la pendiente c/D); siembra directa realizada cortando la pendiente, con labor de descompactación (SD cortando la pendiente c/D); y siembra directa cortando la pendiente sin labor de descompactación (SD cortando la pendiente s/D).

La labor mecánica de descompactación subsuperficial se realizó mediante un “paratill” de fabricación artesanal, utilizando un antiguo chasis de arado cincel, donde van montados los arcos rectos cuyos extremos inferiores poseen una reja alada. La distancia entre timones

fue de aproximadamente 40 cm y la profundidad teórica de trabajo de 27 cm, a partir de la consideración del espesor de la capa compactada previamente identificada y valorada a través de la resistencia mecánica y que el espaciamiento entre órganos activos, de acuerdo a Godwin *et al.* (1984) es del orden de 1,4 +/-25% veces la profundidad de trabajo (fotos 3, 4 y 5 del anexo III). Además se le acopló un rolo dispuesto detrás de dicha herramienta con el objetivo de cerrar los surcos originados con las rejas del “paratill”, reacondicionar la superficie del suelo y el rastrojo (fotos 6 y 7 del anexo III). La condición de consistencia del suelo en la cual se realizó la labor fue en estado friable (15.5% de humedad gravimétrica promedio del espesor trabajado) para obtener una adecuada roturación de la densificación subsuperficial, según lo expresado por Cholaky *et al.* (2003) respecto a la humedad optima para este tipo de labor. La labor se realizó perpendicular a la pendiente, el 25/09/2010, cuando las condiciones fueron apropiadas según lo dicho precedentemente.

La dirección de las líneas de siembra fue definida a campo a partir de la observación del relieve del terreno utilizando un nivel de anteojos.

En todos los tratamientos se sembró un cultivo de maíz (Nidera AX 878 MG) con sembradora de siembra directa marca Fabimag, modelo Multiplanter, neumática, de 16 surcos a 0.52 m entre líneas de siembra (foto 8 del anexo III). El kit de siembra está conformado por dos tubos de bajadas, uno para semillas y otro para la fertilización en la línea, una cuchilla tipo turbo (corta rastrojo), un sistema de doble disco plantador de 16” (abre surco sembrador y fertilizador en la línea de siembra) y posteriormente las dobles ruedas dentadas tapadoras del surco. El control de profundidad de la semilla se realiza a través de una doble rueda niveladora semi-neumática. Se realizó una fertilización fosforada al momento de la siembra a razón de 51 Kg/ha y luego en el estadio V6 se realizó una aplicación de fertilizante nitrogenado. El control de malezas durante el barbecho se realizó con 2,4 D y Sulfosato y en pre siembra se aplicó Atrazina y Acetoclor.

El diseño experimental fue en parcelas subdivididas en bloques completamente aleatorizados, con cuatro repeticiones por tratamiento. La dimensión de la parcela correspondiente a cada tratamiento y repetición fue de 2,5 ha y 0,625 ha, respectivamente (Figura 2 del anexo III).

2.3-VARIABLES ESTUDIADAS:

2.3.1-En el suelo:

Para caracterizar la morfología del perfil se realizó una descripción según las Normas de Reconocimiento Suelos (Etchevehere, 1978).

En los tratamientos se evaluó:

-Resistencia Mecánica (RM): mediante penetrómetro de impacto, modelo INTA Villegas (Manual de usuario, 2010), graduado cada 5 cm, en el que cada golpe corresponde a 2,5 kg/cm², ángulo de cono de 30°. La RM se estimó a partir de la siguiente relación:

$$RM (MPa) = \frac{2,5kg / cm^2 \times N^{\circ} impactos}{10}$$

Las mediciones se realizaron hasta los 45 cm de profundidad, durante el período comprendido entre la siembra y post cosecha del cultivo de maíz, con una frecuencia aproximada de una vez por mes, coincidiendo cada momento de evaluación con los siguientes estados fenológicos del cultivo:

(10/10/2010): Momento 1 ➡ Siembra del cultivo de maíz.

(17/11/2010): Momento 2 ➡ Estado fenológico V5-V6. (5-6 hojas totalmente expandidas).

(13/12/2010): Momento 3 ➡ Estado fenológico V10. (10 hojas totalmente expandidas).

(26/01/2011): Momento 4 ➡ Estado fenológico R3. (Grano lechoso).

(28/02/2011): Momento 5 ➡ Estado fenológico R5. (Grano duro o céreo).

(26/04/2011): Momento 6 ➡ Post cosecha del cultivo de maíz.

Se realizaron tres mediciones al azar, por cada tratamiento y repetición (foto 9 “a” del anexo III).

Además, se realizó una medición previa a la labor de descompactación con el objeto de diagnosticar y evaluar la compactación presente en el perfil del suelo.

- Contenido de agua: de manera simultánea a la evaluación de la RM en cada tratamiento y repetición se tomaron muestras de suelo de cada horizonte hasta los 45 cm de profundidad para determinar la humedad gravimétrica del perfil (foto 9 “b” del anexo III).

Además se tomaron muestras de suelo, previas a la labor de descompactación, compuestas de cada horizonte del perfil y se determinó el contenido de agua a capacidad de campo (CC) y punto de marchites permanente (PMP), mediante la técnica de la “olla de presión” (Moreno *et al.*, 1996), con el objetivo de tener una referencia del agua útil potencial en el análisis del contenido de agua disponible en el suelo. Los valores se detallan en el anexo I.

2.3.2-En el cultivo:

-Rendimiento final en granos: se midió la producción total de granos mediante la extracción de tres muestras por cada tratamiento y repetición, en una longitud de 1,92 m, considerando que el distanciamiento entre hileras del cultivo fue de 0,52 m (Principi *et al.*, 2005). Los resultados se expresaron en kg/ha. La estimación se realizó mediante la relación propuesta por (Satorre *et al.*, 2003):

Rendimiento (Kg/ha)= N° granos/espiga \times N° espigas/planta \times N° plantas/m² lineal \times peso medio del grano \times 10000.

2.4-Análisis estadístico de los resultados:

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante el programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2009), cuyas corridas se presentan en el Anexo II. Los datos fueron sometidos a un ANAVA y la comparación de medias se realizó mediante el Test DGC, para un nivel de significancia del 5%.

En los diferentes momentos de evaluación se compararon los valores de RM y de humedad de las diferentes capas del perfil cultural de los cuatro tratamientos, evaluando si hubo efecto de los factores por separado o si los mismos actuaron en interacción. Además para cada tratamiento de labranza y para cada capa del perfil cultural se determinó una ecuación de regresión ente resistencia mecánica y humedad para el rango de humedad comprendida entre 8,43 y 18,26 % g g⁻¹.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resistencia mecánica y humedad:

3.1.1 Momento 1: Siembra.

3.1.1 “a” Resistencia mecánica:

En el momento que se realizó la siembra, no hubo interacción entre el efecto de la labor y de la dirección de las líneas de siembra, aunque si hubo efecto de la labor, notándose que en toda la profundidad estudiada la resistencia mecánica fue significativamente inferior en la situación con paratill, que en aquella en donde no se realizó la labor (tabla 1). La diferencia más marcada en cuanto a la magnitud de los valores de RM se produjo hasta los 20 cm, en donde la RM en el tratamiento con paratill no supero los 0.5 MPa.

Tabla1: Valores de Resistencia Mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el momento de siembra.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Resistencia Mecánica. (MPa)
0-10	Con labor	0,28 A
	Sin labor	1,14 B
10-20	Con labor	0,42 A
	Sin labor	2,00 B
20-30	Con labor	1,03 A
	Sin labor	2,03 B
30-45	Con labor	1,68 A
	Sin labor	2,22 B
CV=11,28 p-valor= 0,0001 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)*

El perfil de distribución de la resistencia mecánica en profundidad indicó que en los tratamientos con labor de paratill la RM fue inferior a 1,5 MPa en toda la profundidad

evaluada, mientras que en los tratamientos sin labor los valores de dicha variable, a partir de los 10 cm de profundidad superaron los 2 MPa (figura 4), valor que de acuerdo a Brusscher *et al.* (2000) comienzan a ser restrictivo para el crecimiento radicular. Los perfiles de distribución de la RM de ambos tratamientos presentaron un máximo distanciamiento entre sí (1,68 MPa) en el espesor de 10-20 cm, sector que de acuerdo al diagnóstico inicial, se presentaba como el más restrictivo desde el punto de vista físico y de 1 MPa en la capa de 20-30 cm que es por donde pasaron las rejas del implemento.

En la profundidad de 30-45 cm, sector por fuera del alcance de la acción de las rejas del paratill, se evidenció un incremento de los valores de resistencia mecánica respecto a los de las capas suprayacentes (figura 4), debido posiblemente a la disminución del contenido de agua en este espesor (figura 5) según lo planteado por Bernardo *et al.* (2009), en cuanto a la relación inversa entre ambas variables.

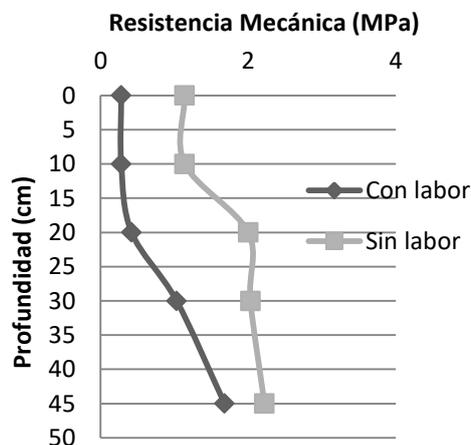


Figura 4: Perfil de distribución de resistencia mecánica en los tratamientos de labranza según profundidad de suelo, en el momento de siembra.

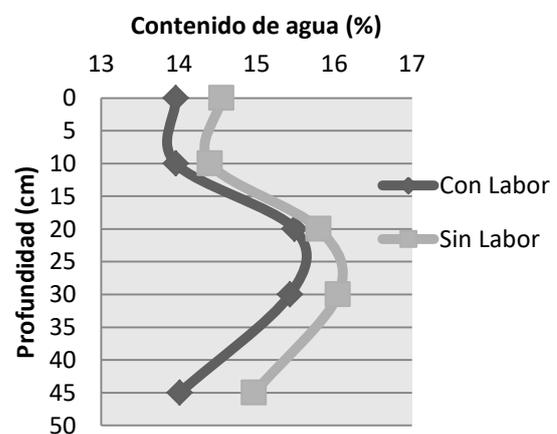


Figura 5: Contenido de agua promedio del perfil con y sin labor de descompactación, en diferentes profundidades, al momento de la siembra.

3.1.1 “b” Humedad:

Estadísticamente, en el contenido de agua del suelo no hubo efectos debidos a los factores analizados, notándose que las variaciones registradas se debieron a la profundidad a la que se extrajeron las muestras, sin embargo estas variaciones no superaron el 2% entre los intervalos de profundidad analizados (figura 5).

El análisis hasta aquí realizado, demuestra que las variaciones en la resistencia mecánica son atribuibles al efecto de la descompactación de la capa densificada que

presentaba el perfil del suelo previo a la labor, tal cual lo observaron Cholaky *et al.* (2008) en suelos de similares características que se presentaban compactados y Botta *et al.* (2006) en Argiudoles típicos.

3.1.2 Momento 2: V5-V6 (5 a 6 hojas totalmente expandidas del cultivo de maíz).

3.1.2 “a” Resistencia mecánica:

En el estadio fenológico V5-V6 del cultivo (foto 10 del anexo III), no hubo interacción entre el efecto de la labor y de la dirección de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica del suelo. Se notó el efecto de la labor en todas las capas por encima de los 30 cm de profundidad, ya que la resistencia mecánica fue notablemente inferior en aquellos tratamientos que recibieron la labor, comparándola con aquellos que no la recibieron (Tabla 2).

Tabla2: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico V5-V6 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Resistencia mecánica (MPa)
0-10	Con labor	0,66 A
	Sin labor	1,96 B
10-20	Con labor	1.24 A
	Sin labor	3.07 B
20-30	Con labor	1,79 A
	Sin labor	2,19 B
30-45	Con labor	1,67 A
	Sin labor	1.71 A
CV=11,79 p-valor= 0,0001 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes (p<= 0,05)*

La distribución de la resistencia mecánica del perfil en profundidad indicó que en los tratamientos con paratill, la RM fue inferior a 1.8 MPa en toda la profundidad evaluada, mientras que en los tratamientos sin labor los valores de dicha variable superaron los 1.70 MPa en todas las profundidades analizadas, observándose su máximo valor de 3.07 MPa en los 20cm de profundidad (figura 6), valor por encima del cual, de acuerdo a Alvarez *et al.* (2010) las raíces de los principales cultivos dejan de crecer.

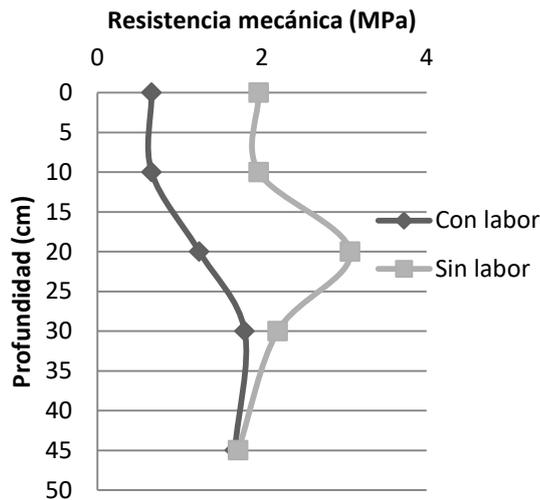


Figura 6: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico V5-V6 del cultivo.

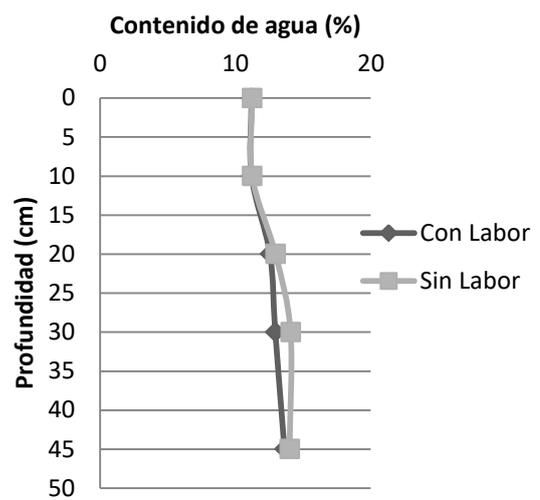


Figura 7: Contenido de agua promedio del perfil con y sin labor de descompactación, en diferentes profundidades, en el estado fenológico V5-V6 del cultivo.

Es relevante la disminución en los valores de la RM debida al efecto de la labor de descompactación, coincidiendo con lo planteado por Reeder *et al.* (1993), notándose que alrededor de los 20 cm de profundidad, los valores de resistencia mecánica de los tratamientos que no recibieron la labor, triplicaron a los valores de aquellos que recibieron la misma.

Se destaca que por debajo de los 30 cm de profundidad, los valores de la variable en cuestión, en todos los tratamientos fueron similares, por más que hayan recibido o no labor, y esto es muy marcado a los 45 cm de profundidad (figura 6), en donde la RM fue menor a 2 MPa debido posiblemente al aumento del contenido de agua en este espesor (figura 7).

3.1.2 “b” Humedad:

Analizando la humedad del perfil del suelo en éste estado fenológico del cultivo, se observó que no hubo efecto de los factores dirección de las líneas de siembra y labor. Estos resultados fueron coincidentes con los hallados por Alvarez *et al.* (2008) y Sanzano *et al.* (2008), quienes trabajaron en Argiudoles y Haplustoles, respectivamente, tampoco

encontraron diferencias significativas en la acumulación de agua en el suelo, por efecto de la labor de descompactación. Las variaciones en el contenido de humedad fueron debidas a la profundidad en las que se tomaron las muestras y no superaron el 2.5% entre los intervalos analizados (figura 7).

El análisis hasta aquí realizado, demuestra que las diferencias en la resistencia mecánica entre los tratamientos con y sin labor, son atribuibles al efecto de la descompactación de la capa densificada, que presentaba el perfil del suelo previo a la labor, coincidiendo con lo observado por Bergesio *et al.* (2010) en suelos de similares características a las del presente trabajo, que se presentaban compactados, poniendo de manifiesto que al menos hasta este momento del ciclo del cultivo aún perduraban los efectos de la labor, similar a lo hallado por Cacciavillani (2009). Desde el punto de vista de las condiciones físicas para el crecimiento del cultivo, Andrade *et al.* (1996) sostienen que el sistema radicular alcanza su máxima exploración del suelo en el estado reproductivo de floración (R1), por lo que la condición con labor de descompactación presentó un ambiente más favorable respecto a la situación sin ella.

3.1.3 Momento 3: V10 (Diez hojas totalmente expandidas del cultivo de maíz).

3.1.3 “a” Resistencia mecánica:

En el estado fenológico V10 (foto 11 del anexo III) hubo efecto de la interacción entre los factores dirección de las líneas de siembra y labor. Sin embargo el efecto del factor dirección de las líneas de siembra, por si mismo, no fue estadísticamente significativo. Caso contrario ocurrió con el efecto del factor labor, notándose que en aquellos tratamientos donde se realizó la labor, la resistencia mecánica del suelo fue considerablemente inferior que en aquellos donde la labor no se realizó (Tabla 3).

Tabla 3: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico V10 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Tratamientos (Dirección de las líneas de siembra)	Resistencia mecánica (MPa)
0-10	Con labor	Siguiendo pendiente	0.61 A
		Cortando pendiente	1.11 B
	Sin labor	Siguiendo pendiente	1.06 B
		Cortando pendiente	2.19 C
10-20	Con labor	Siguiendo pendiente	1.42 A
		Cortando pendiente	1.99 B
	Sin labor	Siguiendo pendiente	2.75 C
		Cortando pendiente	3.75 D
20-30	Con labor	Siguiendo pendiente	2.18 A
		Cortando pendiente	2.34 A
	Sin labor	Siguiendo pendiente	3.20 B
		Cortando pendiente	2.79 B
30-45	Con labor	Siguiendo pendiente	2.23 A
		Cortando pendiente	2.22 A
	Sin labor	Siguiendo pendiente	2.09 A
		Cortando pendiente	2.19 A
CV=13.70 p-valor= 0,0001 n= 64			

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p <= 0,05$)*

Es de remarcar que en éste estado del cultivo, los valores de RM de los tratamientos descompactados solo fueron inferiores a 2 MPa hasta los 20 cm de profundidad. Por debajo de dicha capa la RM superó este valor umbral aunque con magnitudes significativamente inferiores a las de las situaciones sin descompactar. Esto podría estar asociado a procesos de recompactación sub superficial debido a la ocurrencia de precipitaciones (112 mm) entre el momento anterior y éste, sumado al tránsito de maquinarias, tal cual lo menciona Alvarez *et al.* (2010), en éste caso del equipo refertilizador. También no habría que descartar posibles fallas en la profundidad efectiva de la labor de descompactación.

El perfil de distribución de la resistencia mecánica en profundidad, indicó que en los tratamientos donde no se realizó la labor de descompactación, se obtuvieron valores de la

variable superiores que en aquellos donde se realizó la labor, especialmente a partir de los 20 cm de profundidad, llegando en algunos casos a los 4 MPa, lo cual representa un impedimento para el normal desarrollo de las raíces (Alvarez *et al.* 2010).

En cuanto a la interacción entre labor y dirección de las líneas de siembra, los resultados no fueron los esperados ya que los valores de RM de las situaciones descompactadas y sembradas cortando la pendiente presentaron mayor magnitud que los de las situaciones descompactadas y sembradas a favor de la pendiente. Sin embargo si se considera que la rugosidad superficial perpendicular a la dirección de la pendiente producida por efecto de las líneas de siembra, incrementa la retención y la detención superficial (Cisneros *et al.*, 2004 y Colombo, 2011) y que las mediciones de RM y humedad se realizaron en momentos puntuales, podría haber ocurrido que durante el desarrollo del cultivo hasta este momento las raíces vinieran extrayendo mayor cantidad de agua que en las situaciones sembradas a favor de la pendiente y al haberse producido en dicho período recargas por precipitaciones de poca magnitud, el perfil sembrado en contra de la pendiente se habría desecado en mayor magnitud que los perfiles sembrados cortando la pendiente y con ello se incrementó la RM. Sin embargo, los resultados muestran que en esta interacción hubo un efecto predominante de la labor sobre la RM en comparación con las líneas de siembra.

Las variaciones en los valores de resistencia mecánica se registraron hasta casi los 40 cm de profundidad, luego de la misma no hubo variación, independientemente de los tratamientos en cuestión, esto quiere decir, que a ésta profundidad ya no hubo efecto de los tratamientos.

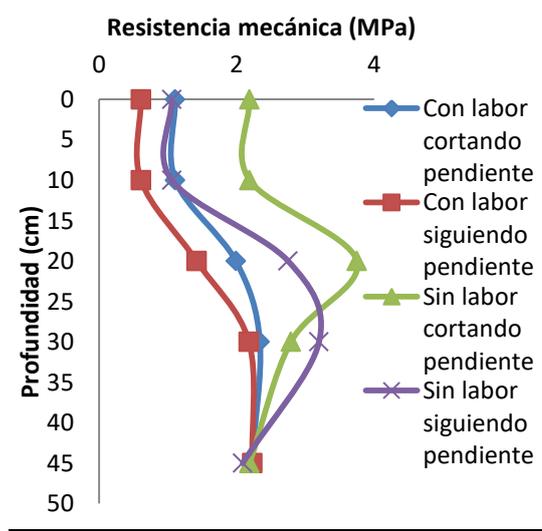


Figura 8: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico V10 del cultivo.

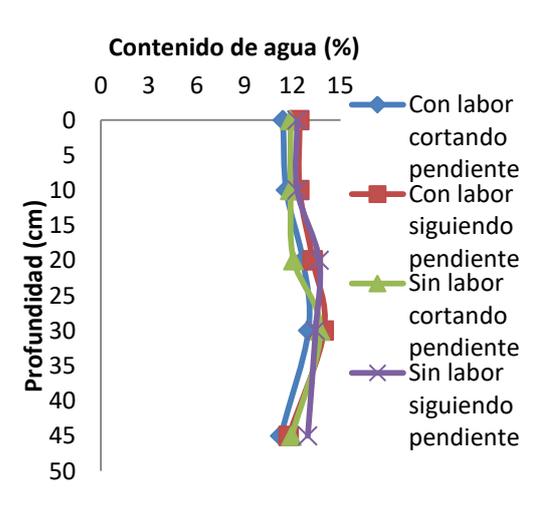


Figura 9: Contenido de agua promedio del perfil de los tratamientos, en sus diferentes profundidades en el estado fenológico V10 del cultivo.

Es importante destacar que alrededor de los 20 cm de profundidad se registraron los valores más extremos de RM, en donde la mínima fue de 0.5 MPa (tratamiento con labor de descompactación y líneas de siembra siguiendo la pendiente) y la máxima fue de casi 4 MPa (tratamiento sin labor de descompactación y líneas de siembras cortando la pendiente), luego en los 30 cm de profundidad se observó una disminución en los valores de RM de los tratamientos que no recibieron la labor, debido al aumento del contenido de agua del perfil a esa profundidad (Figura 9), lo cual hace disminuir los valores de la resistencia mecánica. Lo mismo fue observado por Alvarez *et al.* (2010), cuando estudió un suelo con escasa humedad, notó que la resistencia mecánica aumentaba y viceversa.

3.1.3 “b” Humedad:

Analizando la humedad del perfil del suelo en éste estado fenológico del cultivo (Figura 9), se observó que no hubo efecto de los factores analizados, registrándose que la variación en el contenido de humedad en todos los tratamientos, fue debida a la profundidad en las que se tomaron las muestras y no supero el 2% entre los intervalos de profundidad analizados. Por otro lado, se aprecia una tendencia a que los tratamientos sembrados a favor de la pendiente presentaron un contenido de agua algo mayor que aquellos cortando la misma (Figura 9), pudiendo explicar al menos en parte, la interacción analizada precedentemente. Los valores de humedad se incrementaron con la profundidad del perfil, registrándose que a los 20-30 cm el contenido de agua fue máximo, para luego mostrar una disminución.

El análisis hasta aquí realizado, demuestra que las variaciones en la resistencia mecánica son, en mayor medida, atribuibles al efecto de la descompactación de la capa densificada por la labor de descompactación.

3.1.4 Momento 4: R3 (Grano lechoso).

3.1.4 “a” Resistencia mecánica:

En el estado fenológico R3 (foto 12 del anexo III), hubo efecto de la labor sobre la variable en cuestión. El efecto del factor dirección de las líneas de siembra no fue estadísticamente significativo, ni la interacción entre ambas variables.

Es notable en éste estado fenológico, la magnitud que alcanzaron los valores de RM aún en los tratamientos con descompactación (tabla 4), atribuibles a la marcada disminución del contenido hídrico edáfico en el intervalo de tiempo transcurrido desde el momento de

medición anterior, presentando un contenido de agua que estuvo próximo al de punto de marchites permanente (10.25%), y en algunos casos por debajo del mismo.

Si bien a partir de los 20 cm de profundidad en todos los tratamientos la RM mostró valores altamente restrictivos, en el suelo descompactado el valor de RM fue la mitad que en la situación sin descompactar (Tabla4). Por debajo de esta profundidad la RM mostró valores extremadamente elevados, similares a los hallados por Cholaky (2003) en un Haplustol típico en condición de suelo seco (8 % g.g⁻¹) (Figuras 10 y 11).

Tabla 4: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico R3 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Resistencia mecánica (MPa)
0-10	Con labor	1.35 A
	Sin labor	2.61 A
10-20	Con labor	4.55 A
	Sin labor	9.93 B
20-30	Con labor	9.58 A
	Sin labor	13.37 B
30-45	Con labor	9.61 A
	Sin labor	10.74 A
CV=15,51 p-valor= 0,0001 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes (p<= 0,05)*

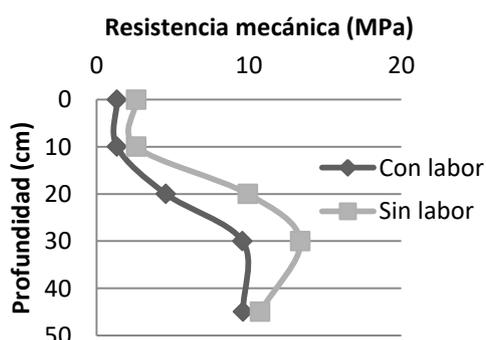


Figura 10: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico R3 del cultivo.

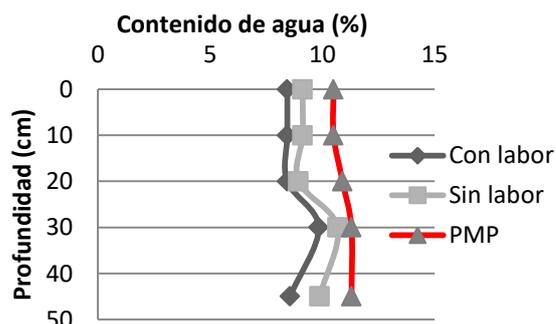


Figura 11: Contenido de agua promedio del perfil con y sin labor de descompactación, en diferentes profundidades, en el estado fenológico R3 del cultivo. La línea roja indica el valor de referencia correspondiente a PMP.

Cabe destacar que los valores de RM que presentaron los tratamientos, fueron muy perjudiciales para el crecimiento de los cultivos, ya que según Gupta y Allmaras (1987) el desarrollo de raíces se ve limitado cuando los valores de la resistencia a la penetración igualan o superan valores de 2 a 3 MPa, y en este caso los valores llegaron a los 13 MPa y 9.5 MPa en los tratamientos sin y con labor de descompactación, respectivamente (foto 13 del anexo III). En este sentido es importante conocer a partir de qué momento durante el ciclo del cultivo comenzaron a manifestarse éstas condiciones restrictivas para el desarrollo radicular, la toma de agua y nutrientes (Sadras, 2005), más aún si se considera que en el maíz el período de crecimiento de raíces se extiende hasta R1, afectando no solo al desarrollo radical sino también al rendimiento del cultivo, considerando que el período crítico en la definición del rendimiento, según Andrade *et al.* (1996), se extiende desde V13 a R3, tomando a R1 como el centro del mismo.

3.1.4 “b” Humedad:

Las variaciones en el contenido de humedad fueron debidas a la profundidad en las que se tomaron las muestras y no superaron el 2% (Figura 11), y de acuerdo a lo esperado, a la dirección de las líneas de siembra (Tabla 5), coincidiendo con lo planteado por Cisneros *et al.* (2004) y por Colombo (2011), quien evaluó el efecto de la siembra en curvas de nivel respecto a una siembra a favor de la pendiente en un Haplustol típico con 3% de gradiente de la pendiente, y encontró que en el primer caso se produjo un incremento del 29 % en el contenido de agua promedio almacenado en el primero metro de profundidad en diferentes estados fenológico de un cultivo de maíz, respecto a la situación sin manejo del relieve. Sin embargo, en este caso las diferencias en la magnitud del contenido de agua fueron escasas, motivo por el cual no hubo influencia de la dirección de las líneas de siembra en los valores de RM. Los mayores valores de humedad se registraron a una profundidad de 20-30 cm, luego de la misma el contenido de agua disminuyó.

Tabla 5: Contenido de agua del perfil del suelo según la dirección de las líneas de siembra en estado fenológico R3 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Dirección de las líneas de siembra)	Contenido de agua (%)
0-10	Cortando pendiente	9.30 A
	Siguiendo pendiente	8.26 B
10-20	Cortando pendiente	8.84 A
	Siguiendo pendiente	8.52 A
20-30	Cortando pendiente	10.40 A
	Siguiendo pendiente	9.45 B
30-45	Cortando pendiente	9.56 A
	Siguiendo pendiente	8.78 B
CV=11.97 p-valor= 0,0250 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes (p<= 0,05)*

El análisis hasta aquí realizado, indica que en el período comprendido entre V10 y R3, se produjo un marcado déficit hídrico, en donde el contenido de agua del suelo en los tratamientos estuvo por debajo del PMP. Sin embargo hubo una variación en los valores de RM entre tratamientos, pudiéndola atribuir al efecto combinado del fisuramiento producido por la labor y al mayor contenido hídrico del suelo producto de la mayor retención superficial producida en la siembra cortando la dirección de la pendiente respecto a la siembra a favor de la pendiente.

3.1.5 Momento 5: R5 (Grano duro o céreo).

3.1.5 “a” Resistencia mecánica:

En el estado fenológico R5 (foto 14 del anexo III) hubo efecto de la labor (Tabla 6), sobre la resistencia mecánica del suelo. Se observó una disminución de resistencia mecánica en los tratamientos que recibieron la labor. También es notable el aumento de los valores de la variable con el incremento de la profundidad (Tabla 6), notándose que en ninguno de los tratamientos la RM adquirió valores mayores a los 2 MPa, lo cual se asocia al incremento en

el contenido hídrico, respecto al momento anterior, producto de la recarga hídrica que generaron las precipitaciones y de la menor extracción por parte del cultivo.

Tabla 6: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo, en el estado fenológico R5 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Resistencia mecánica (MPa)
0-10	Con labor	0.39 A
	Sin labor	0.74 B
10-20	Con labor	0.68 A
	Sin labor	1.35 B
20-30	Con labor	1.14 A
	Sin labor	1.70 B
30-45	Con labor	1.54 A
	Sin labor	1.97 B
CV=10,04 p-valor= 0,0001 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)*

Cabe destacar que la diferencia entre los valores de resistencia mecánica es menor a 1 MPa entre los tratamientos con y sin labor, y que ésta diferencia se mantiene en las diferentes profundidades donde se realizaron los muestreos (Figura 12), posiblemente debido al elevado contenido de agua que presentaba el perfil del suelo (Figura 13) y la relación inversa entre contenido de agua y RM, según lo planteado por Bernardo *et al.* (2009).

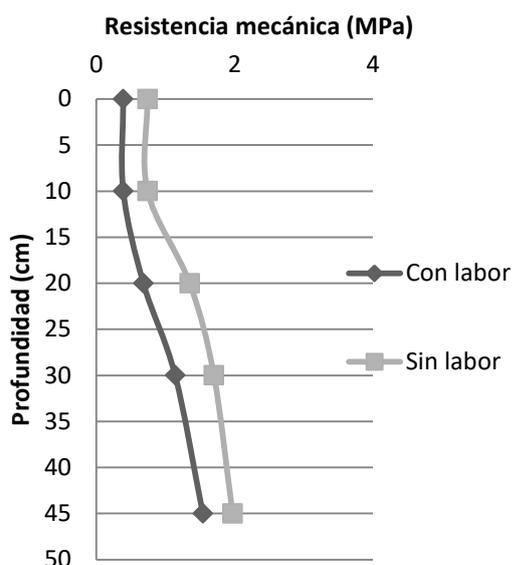


Figura 12: Efecto de la labor sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en el estado fenológico R5 del cultivo.

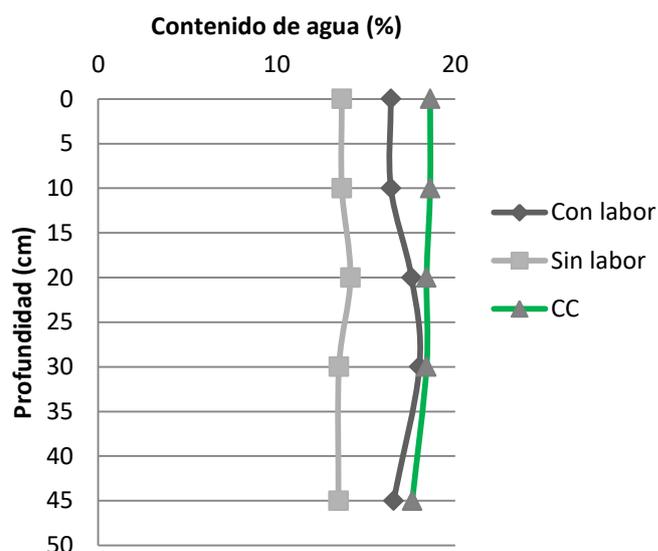


Figura 13: Contenido de agua promedio del perfil de los tratamientos, en sus diferentes profundidades en el estado fenológico R5 del cultivo. La línea verde indica el valor de referencia correspondiente a CC.

3.1.5 “b” Humedad:

Al analizar los datos de humedad del suelo en éste estado fenológico (Figura 13), se observó que las variaciones del contenido de humedad, fueron producto del efecto de la dirección de las líneas de siembra como así también del efecto de la labor realizada sobre el suelo. Cabe destacar que la diferencia en el contenido de agua de los tratamientos no superó el 1 % en las profundidades analizadas.

Los mayores valores de humedad se registraron en aquellos tratamientos donde la dirección de las líneas de siembra fue siguiendo la pendiente (Tabla 7), respecto a aquellos en donde las líneas de siembra se dispusieron perpendiculares a la misma, presentando valores próximos al de la capacidad de campo (CC) de éste suelo.

Por otro lado, los tratamientos que recibieron la labor de descompactación presentaron mayor contenido de agua que los que no fueron descompactados (Tabla 8), coincidiendo con los resultados encontrados por Introcaso *et al.* (2008) los cuales mostraron diferencias en el almacenamiento del agua por efecto de la labor de descompactación en la profundidad hasta donde tuvo efecto la herramienta.

Tabla 7: Contenido de agua del perfil del suelo según la dirección de las líneas de siembra en estado fenológico R5 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Dirección de las líneas de siembra)	Contenido de agua (%)
0-10	Cortando pendiente	12.75 A
	Siguiendo pendiente	17.15 B
10-20	Cortando pendiente	13.69 A
	Siguiendo pendiente	18.05 B
20-30	Cortando pendiente	13.8 A
	Siguiendo pendiente	17.96 B
30-45	Cortando pendiente	13.85 A
	Siguiendo pendiente	16.2 B
CV= 9.61 p-valor= 0.0039 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes (p<= 0,05)*

Tabla 8: Contenido de agua del perfil del suelo según el sistema de labranza en estado fenológico R5 del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Contenido de agua (%)
0-10	Con labor	16.4 A
	Sin labor	13.65 B
10-20	Con labor	17.56 A
	Sin labor	14.13 B
20-30	Con labor	18.26 A
	Sin labor	13.49 B
30-45	Con labor	16.55 A
	Sin labor	13.46 B
CV= 9.61 p-valor= 0.0019 n= 64		

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes (p<= 0,05)*

El análisis hasta aquí realizado, pone de manifiesto que las variaciones en los valores de la resistencia mecánica en éste estado fenológico, no pueden atribuirse solo al efecto de la labor, sino que también hay efecto del contenido de humedad del suelo, el cual se encuentra por encima del PMP independientemente de los tratamientos realizados, que por el estado fenológico avanzado del que se trata, se puede sostener que la extracción de agua por parte del cultivo es limitada, por lo que las diferencias en el contenido hídrico pueden deberse en mayor medida, al efecto de la descompactación de la capa densificada, lo que generaría una mejor recarga del perfil por parte de las precipitaciones, coincidiendo con lo observado por Introcaso *et al.* (2008) respecto al contenido de agua.

Si se consideran los resultados obtenidos en el rendimiento final de granos, se podría sostener que si bien en los momentos puntuales de muestreo el suelo sembrado perpendicular a la pendiente presentó menos agua que el sembrado a favor de la pendiente, esto podría atribuirse a que el cultivo durante el periodo de su desarrollo pudo extraer más agua de estas situaciones que de las sembradas a favor de la pendiente, debido a un posible incremento en la acumulación de agua, lo que podría haber facilitado la exploración radicular al generar menor resistencia mecánica. Este comportamiento sería coincidente con lo planteado por Cisneros *et al.* (2004) y por Colombo (2011), en cuanto a que las líneas de siembra perpendiculares a la pendiente, incrementan la acumulación de agua en el perfil al incrementar la retención y detención superficial y disminuir el escurrimiento superficial.

3.1.6 Momento 6: Post cosecha.

3.1.6 “a” Resistencia mecánica:

En post cosecha del cultivo (foto 15 del anexo III) hubo efecto de la interacción entre los factores dirección de las líneas de siembra y labor sobre la resistencia mecánica. Además hubo efecto estadísticamente significativo sobre ésta variable de los factores dirección de las líneas de siembra y labor por sí solos, notándose que en aquellos tratamientos donde se realizó la labor, la resistencia mecánica del suelo fue considerablemente inferior que en aquellos donde la labor no se realizó (Tabla 9).

Tabla 9: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en Post cosecha del cultivo.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Tratamientos (Dirección de las líneas de siembra)	Resistencia mecánica (MPa)
0-10	Con labor	Siguiendo pendiente	0.79 A
		Cortando pendiente	0.68 A
	Sin labor	Siguiendo pendiente	1.38 B
		Cortando pendiente	1.24 B
10-20	Con labor	Siguiendo pendiente	2.28 A
		Cortando pendiente	2.15 A
	Sin labor	Siguiendo pendiente	4.93 B
		Cortando pendiente	3.16 C
20-30	Con labor	Siguiendo pendiente	3.17 A
		Cortando pendiente	2.82 B
	Sin labor	Siguiendo pendiente	4.99 C
		Cortando pendiente	3.55 D
30-45	Con labor	Siguiendo pendiente	2.24 A
		Cortando pendiente	2.05 A
	Sin labor	Siguiendo pendiente	2.45 A
		Cortando pendiente	2.25 A
CV=8.70 p-valor= 0,0001 n= 64			

**Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)*

Los mayores valores de resistencia mecánica se registraron a una profundidad de 20-30cm en aquellos tratamientos sin la labor de descompactación y con las líneas de siembra siguiendo la pendiente general del lote, diferenciándose con los tratamientos donde las líneas de siembra fueron cortando la pendiente general del lote y que recibieron la labor de descompactación, en aproximadamente 2 MPa, para la misma profundidad, lo cual indicaría el efecto de acumulación de agua debida a la dirección de la siembra y a la labor de descompactación.

A los 45 cm de profundidad, los valores de resistencia mecánica fueron similares, indiferentemente de los tratamientos realizados (Figura 14).

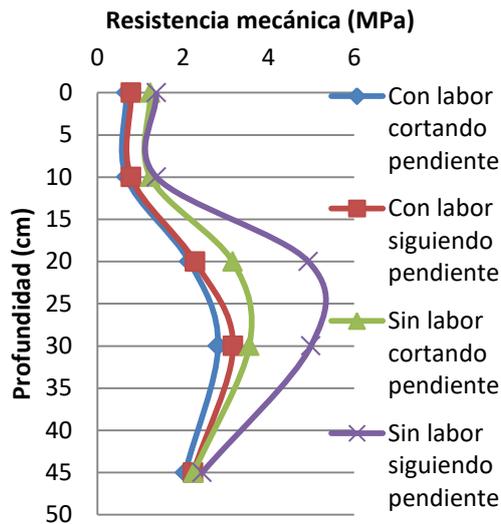


Figura 14: Efecto de la labor y de las líneas de siembra sobre la resistencia mecánica en las diferentes profundidades del suelo en Post cosecha del cultivo.

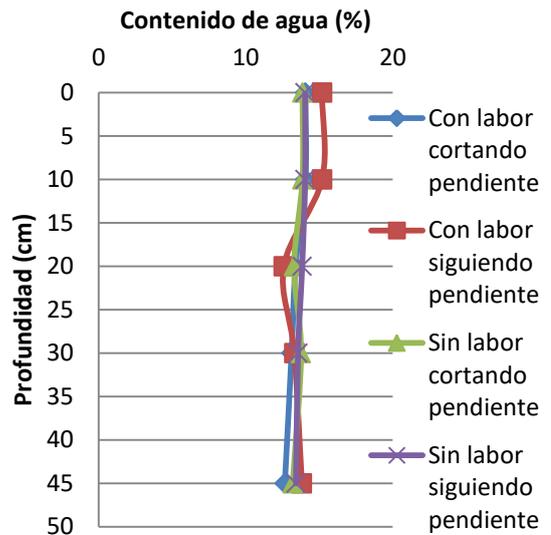


Figura 15: Contenido de agua promedio del perfil de los tratamientos, en sus diferentes profundidades en Post cosecha del cultivo.

Se destaca que a los 20-30cm de profundidad, lugar por donde pasaron las rejas del implemento que realizó la descompactación, hubo una diferencia de más de 2 MPa entre tratamientos con y sin labor, lo cual es de suma importancia en planteos de siembra directa como en éste caso, si se considera que en éste momento de evaluación ya se había producido la cosecha y que de acuerdo a Cacciavillani, (2009) ésta operación es la más perjudicial desde el punto de vista de la compactación del suelo. De acuerdo a los valores de RM, próximos a 2 MPa, en las situaciones descompactadas aún perdurarían las condiciones adecuadas para el normal desarrollo radical del cultivo siguiente, según lo planteado por Brusscher *et al.* (2000).

3.1.6 “b” Humedad:

Analizando el contenido de agua del suelo en pos cosecha del cultivo (Figura 15), se observó que no hubo efecto de los factores analizados, registrándose que las variaciones en el contenido de humedad, fueron debidas a las variaciones de la profundidad en las que se tomaron las muestras. Estas variaciones no superaron el 1% de humedad, entre los intervalos de profundidad analizados. Los mayores valores de humedad se registraron en los

primeros 10 cm de profundidad, posiblemente por la cobertura generada del rastrojo del cultivo.

El análisis hasta aquí realizado, demuestra que las variaciones en la resistencia mecánica son, en mayor medida, atribuibles al efecto de la descompactación de la capa densificada que presentaba el perfil del suelo previo a la labor y en menor medida a la dirección de las líneas de siembra, debido posiblemente al escaso gradiente de la pendiente (menor al 1%) . Sin embargo, en este momento de evaluación donde el cultivo ya no extraía agua del suelo, a diferencia de lo observado en el estadio V10, la RM de los tratamientos sembrados cortando la pendiente fue algo inferior a la de aquellos sembrados a favor de la misma, pudiendo deberse a pequeñas variaciones en la humedad que no resultaron diferentes desde el punto de vista estadístico.

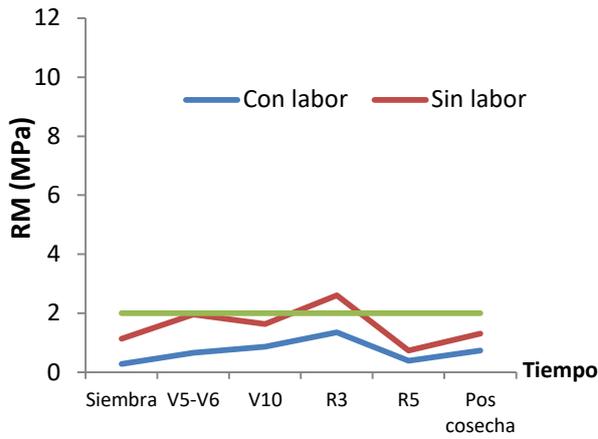
3.2- Evolución de la resistencia mecánica y de la humedad en todo el período de análisis.

El análisis conjunto de las variables estudiadas a lo largo del período analizado, permite visualizar con claridad que el mayor efecto de la labor sobre la resistencia mecánica, se produjo hasta los 20 cm, en donde los valores de ésta variable estuvieron por debajo de los 2 MPa en todo el período analizado, salvo en el momento 4 (R3) debido a la condición de baja humedad que mostraba el suelo en los tratamientos (figura 17).

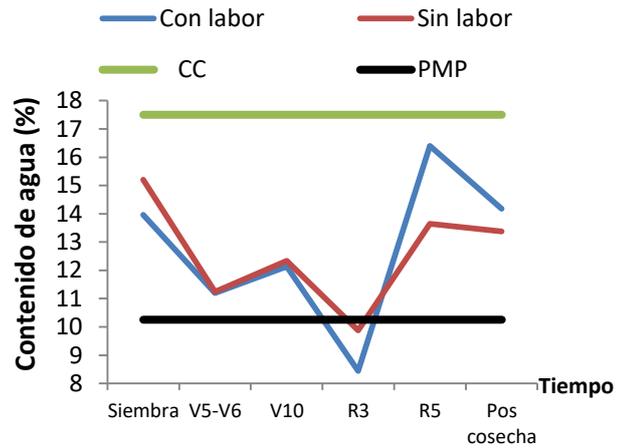
Por debajo de los 20 cm de profundidad, los dos tratamientos de labranza superaron el nivel crítico de RM a partir de V10 hasta R3, (abarcando el período crítico para la determinación del rendimiento del cultivo) donde se produjo el mayor valor de ésta variable, para luego decaer debido a la humedad edáfica producto de la recarga mediante precipitaciones.

Es de remarcar que la profundidad de trabajo del paratill fue hasta los 27 cm, lo que puede explicar en parte, que la RM del tratamiento con labor fue la mitad de aquella alcanzada en el tratamiento sin labor (Figura 16).

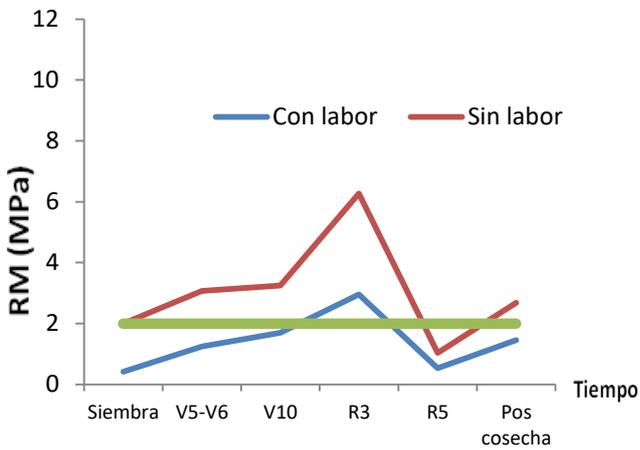
RM de 0-10 cm



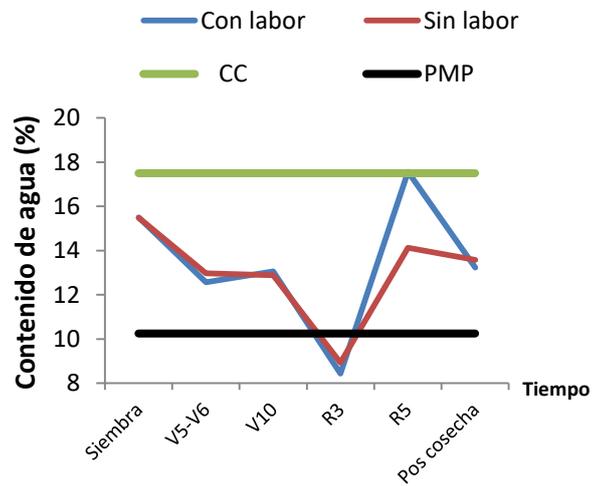
Humedad de 0-10 cm



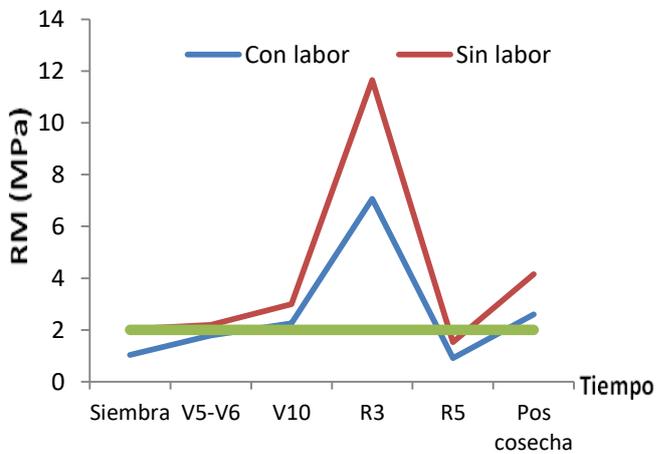
RM de 10-20 cm



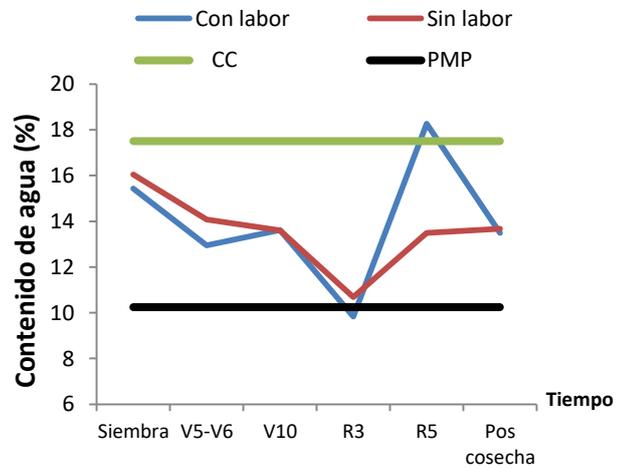
Humedad de 10-20 cm



RM de 20-30 cm



Humedad de 20-30 cm



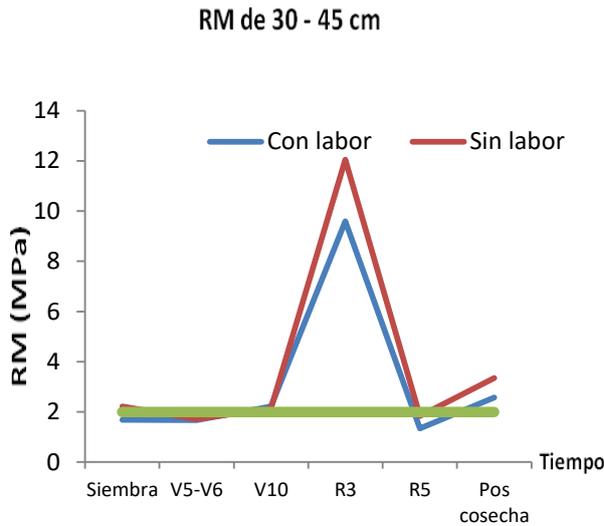


Figura 16: Evolución de la resistencia mecánica entre siembra y poscosecha del cultivo de maíz en las diferentes capas del perfil cultural de los tratamientos con y sin labor de descompactación. La línea verde corresponde al valor crítico para el crecimiento de raíces (2MPa).

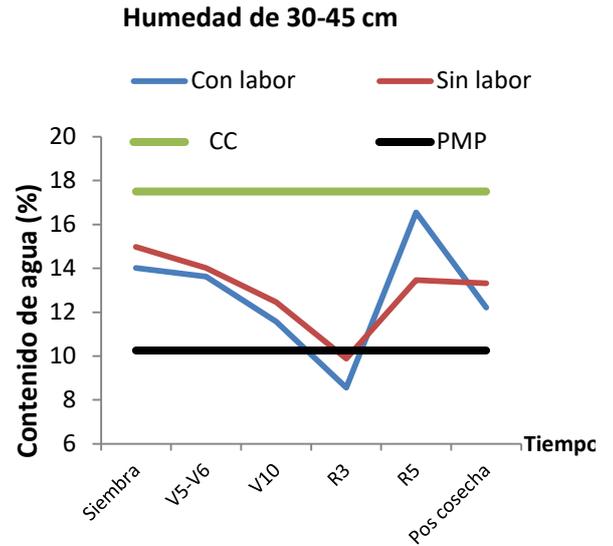


Figura 17: Evolución de la humedad gravimétrica entre siembra y poscosecha del cultivo de maíz en las diferentes capas del perfil cultural de los tratamientos con y sin labor de descompactación. La línea verde y negro corresponden a CC y PMP, respectivamente.

3.3- Relación entre resistencia mecánica y humedad en diferentes profundidades del suelo.

Del análisis de la relación entre humedad y RM para cada una de las profundidades se aprecia una relación lineal inversa entre ambas variables (Figura 18), coincidiendo con lo observado por Bergesio *et al.* (2010) y Bernardo *et al.* (2009).

Por otro lado, es de remarcar que los valores de R^2 rondaron entre 0.70 y 0.89 (Tabla 10), los cuales indican que para el rango de humedad considerado, la variación en el contenido de agua del suelo explica un 70-89% la variación observada en la resistencia mecánica, por lo que el resto de la variación (30-11%) estaría explicado por otras variables, como pueden ser Densidad Aparente o presencia de grietas y fisuras, entre otras.

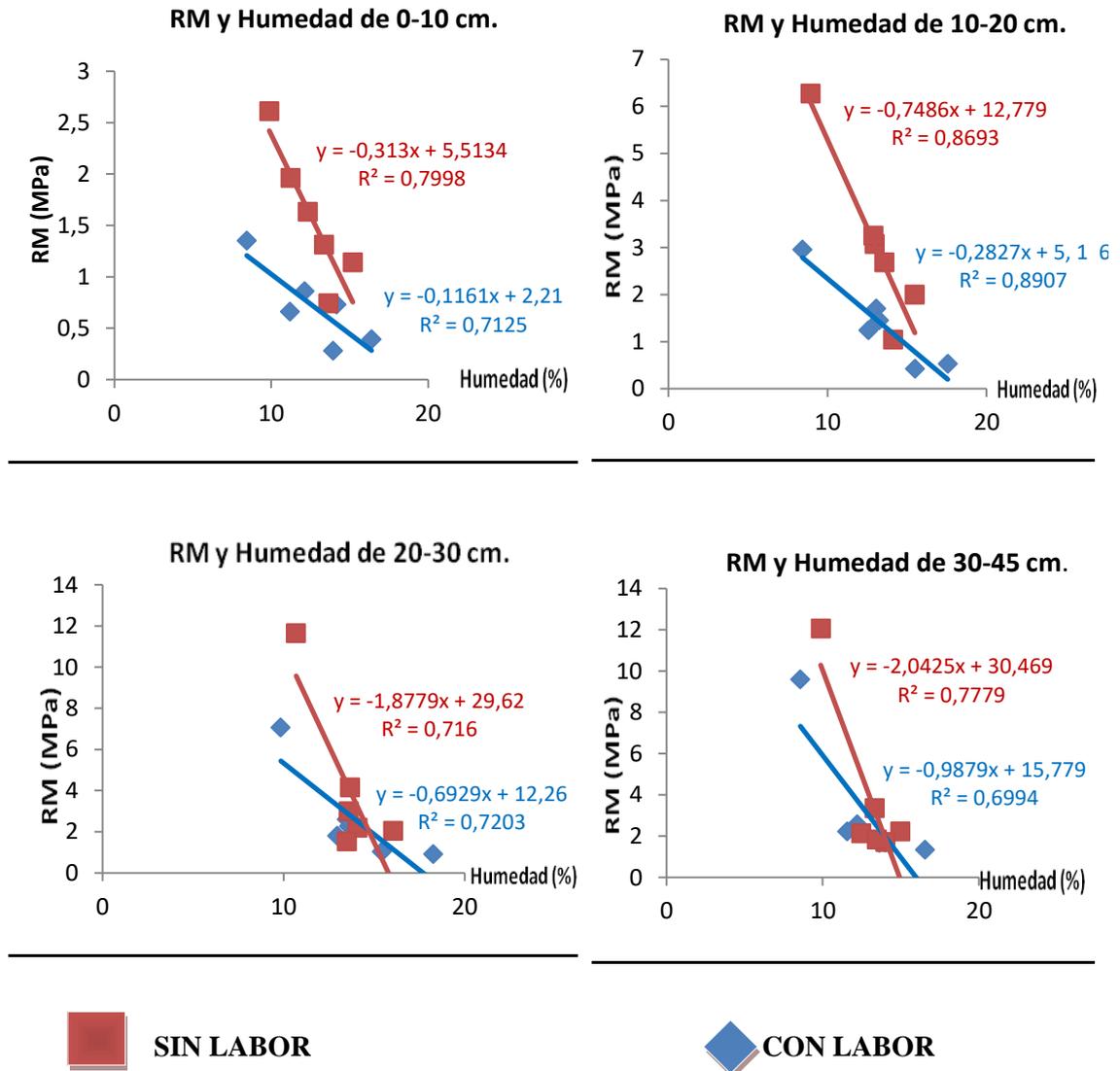


Figura 18: Relación entre resistencia mecánica y humedad gravimétrica en las diferentes capas del perfil cultural de los tratamientos con y sin labor de descompactación, para un rango de humedad gravimétrica entre 8,43 y 18,26 % g⁻¹.

Un aspecto interesante es analizar la pendiente de estas rectas (Figura 18), cuyo comportamiento indicaría que en las capas más resistentes, la pendiente es mayor (20-30 cm y 30-45 cm) que en las de menor resistencia (0-10 cm y 10-20 cm), indicando en el primer caso que pequeñas variaciones en el contenido de agua, implican cambios marcados en la RM.

Tabla 10: Ecuaciones de ajuste entre RM y humedad para los tratamientos de labranza en sus diferentes profundidades.

Profundidad (cm)	Tratamientos (Sistema de labranza)	Ecuación de ajuste (Y=a x + b)	Rango de X (Rango de humedad gravimétrica)	R ²
0-10	Con labor	Y=-0.12x + 2.19	8.44 – 16.4	0.71
	Sin labor	Y=-0.31x + 5.51	9.88 – 15.2	0.80
10-20	Con labor	Y=-0.28x + 5.17	8.43 – 17.56	0.89
	Sin labor	Y=-0.75x+12.78	8.93 – 15.48	0.87
20-30	Con labor	Y=-0.69x+12.26	9.48 – 18.26	0.72
	Sin labor	Y=-1.88x+29.62	10.68 – 16.05	0.72
30-45	Con labor	Y=-0.99x+15.78	8.56 – 16.55	0.70
	Sin labor	Y=-2.04x+30.47	9.88 – 14.97	0.78

Finalmente, es importante señalar la utilidad que ofrece la obtención de estas ecuaciones de ajuste y con éste R², ya que para el rango de humedad considerado, con la sola obtención de la humedad a campo, se podría estudiar la variación de la RM en esas condiciones de manejo de suelo.

3.4- Rendimiento del cultivo de maíz, según los tratamientos:

Al realizar la estimación del rendimiento del cultivo en los diferentes tratamientos se pudo observar una tendencia a que aquellos tratamientos que recibieron la labor de descompactación, tuvieron un rendimiento promedio mayor que aquellos que no la recibieron, notándose una diferencia de hasta 11 qq/ha a favor del tratamiento con labor de descompactación y dirección de las líneas de siembra cortando la pendiente general del lote, en comparación con el tratamiento sin labor de descompactación y dirección de las líneas de siembra siguiendo la pendiente general del lote, es decir un 17.4 % más de rendimiento (figura 19).

Estadísticamente no hubo efecto de la interacción entre el factor dirección de las líneas de siembra y el factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz. De igual manera el efecto de la dirección de las líneas de siembra no fue estadísticamente significativo (Figura 21), pero provocó un incremento de 2,40 qq/ha en el rendimiento del cultivo, lo cual adquiere importancia en términos económicos de producción. Sin embargo el efecto del

factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz fue estadísticamente significativo (Figura 20).

En general los tratamientos con labor de descompactación tuvieron como resultado una disminución en los valores de resistencia mecánica en el perfil, hasta aproximadamente los 45 cm de profundidad, condición que se mantuvo a lo largo del ciclo del cultivo, lo cual es de suma importancia para el normal desarrollo radicular, aspecto que pudo haber influido en el rendimiento diferente de los tratamientos realizados. En éste sentido Sadras *et al.* (2005) sostiene que los aumentos en los rendimientos de un cultivo por efecto de una labor de descompactación, deberían ser atribuidos al efecto que esta labor produce sobre la resistencia a la penetración de las raíces y por consiguiente en la mayor captación de agua y nutrientes en el volumen de suelo explorado y no por el efecto que realiza sobre el almacenamiento de agua en el perfil. Por lo antes mencionado se podría decir que la utilización de esta labor se justificaría en suelos con valores críticos de resistencia mecánica, que perjudiquen el normal crecimiento y desarrollo de las raíces, que según Brusscher *et al.* (2000) el valor crítico de RM es aquel igual o superior a 2 MPa.

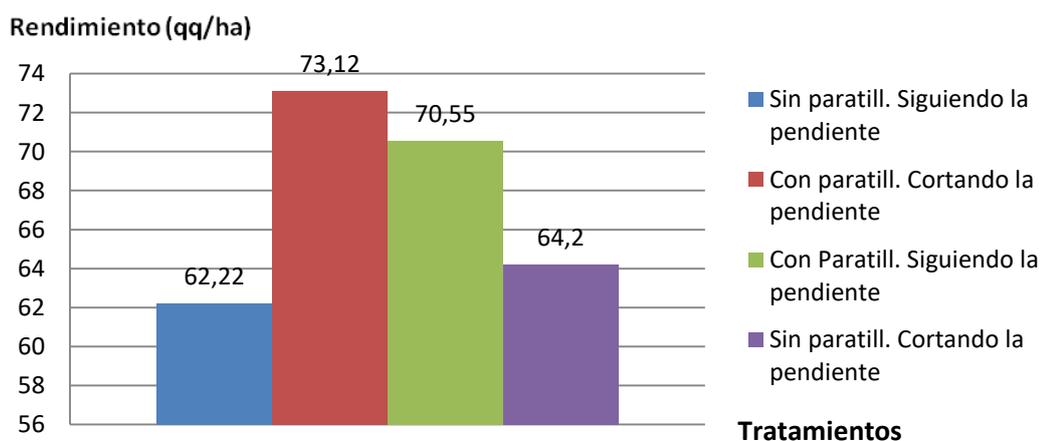


Figura 19: Rendimiento promedio en qq/ha de los diferentes tratamientos.

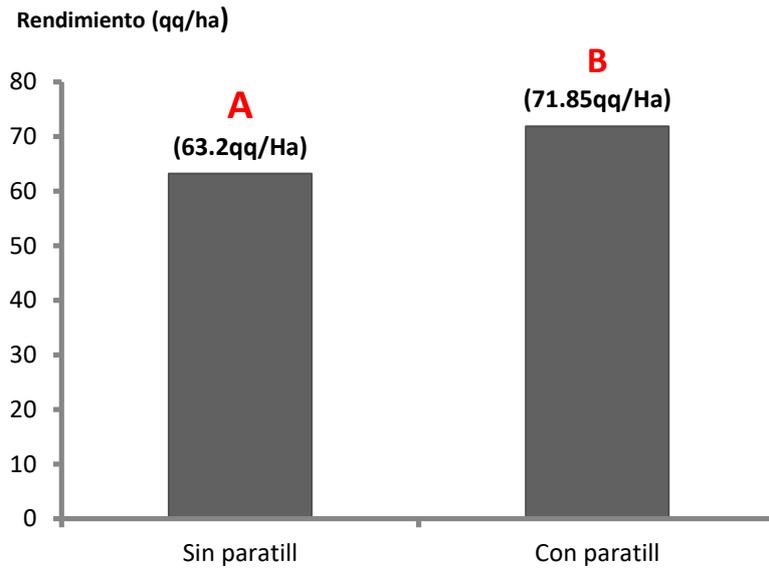


Figura 20: Efecto del factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)*

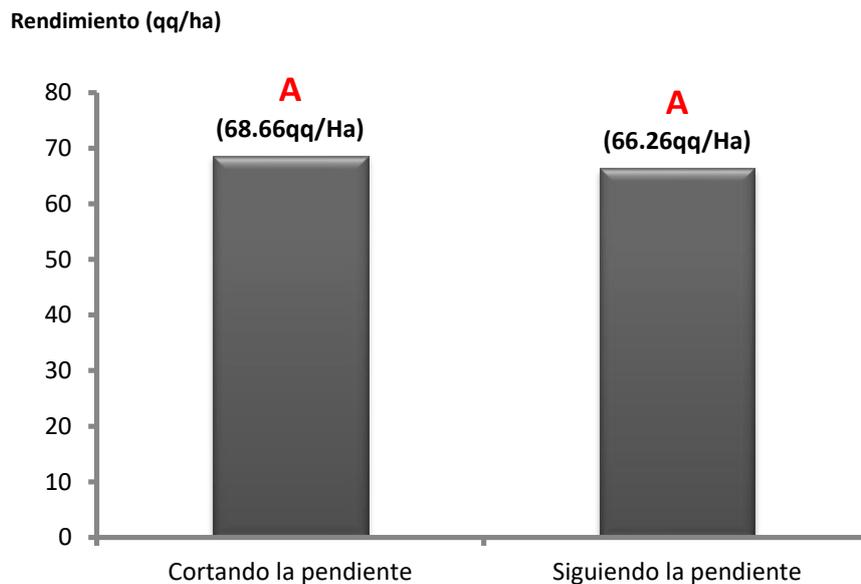


Figura 21: Efecto del factor dirección de las líneas de siembra sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

**Medias con una letra común en no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)*

Alvarez *et al.* (2010) observaron que el efecto de la descompactación produjo un incremento del 6% en el rendimiento del cultivo de maíz, aun con buenas condiciones hídricas durante el ciclo del cultivo, debido a la menor resistencia a la penetración que tuvieron las raíces de dicho cultivo. Resultados similares fueron obtenidos por Bergesio,

(2010) también en maíz y por Botta *et al.* (2004) en soja. Sadras *et al.* (2005) sostienen que los cambios que se producen en la captura de recursos por parte de las plantas, explican completamente las diferencias en el crecimiento del cultivo entre suelo compactado y descompactado.

Cabe destacar que si bien la cantidad de precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo fue elevada (569 mm), los rendimientos en los tratamientos fueron inferiores a los rindes normales de la zona en años con abundantes precipitaciones, ello se debió a que gran parte de esos 569mm, precipitaron luego del periodo crítico para la definición del rendimiento por parte del cultivo (V10 – R3). A pesar de ello, el rendimiento extra por efecto de la labor de descompactación, justifica económicamente el pago de la misma, ya que para realizar esta se necesitaron de 250 \$/ha Tomando un rendimiento extra promedio de 8.6 qq/ha por efecto de la labor y afectándolo al por el precio del maíz al momento de la cosecha del cultivo, que fue de 700 \$/tn y descontándole los gastos de flete y comercialización (130 \$/tn y 2% del precio de pizarra, respectivamente), (Agrositio, 2011) se obtuvieron alrededor de 458\$/ha. Es decir, que el rendimiento extra obtenido por el efecto la labor de descompactación, cubrió ampliamente el costo de la misma.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

Para las condiciones de suelo, precipitación y tecnologías de manejo del suelo presentes en el trabajo realizado, se concluye lo siguiente:

- La labor de descompactación disminuye la resistencia mecánica del suelo a lo largo de todo el ciclo del cultivo, salvo en R5 en donde hubo un efecto combinado del contenido de agua que presentaba el perfil y de la labor.
- La dirección de las líneas de siembra tiene un efecto menos marcado sobre la resistencia mecánica que el sistema de labranza, afectándola solo en interacción con este factor en dos de los momentos analizados (V10 y postcosecha).
- La humedad del suelo no presenta variaciones debidas a los tratamientos, salvo en R3 y R5 en donde las líneas de siembra y la labor modificaron esta variable.
- El rendimiento del cultivo de maíz se incrementa significativamente por efecto de la labor de descompactación, al disminuir la resistencia mecánica para la exploración radicular y en menor medida, aunque no significativamente, por la dirección de siembra cortando la pendiente.
- El incremento del rendimiento producido por la incorporación de una descompactación en un planteo de siembra directa continua, justifica económicamente la realización de dicha labor.

BIBLIOGRAFIA

- AGROSITIO, 2011. **Informe quincenal- mercado de granos.**
<http://www.agrositio.com> . Consultado: 20/3/2012
- ALVAREZ C. R., M. TORRES DUGGAN, E. CHAMORRO, D. D'AMBROSIO y M. A. TABOADA. 2008. **Efecto de la descompactación sobre algunas propiedades edáficas y el rendimiento de maíz en planteos de siembra directa.** XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luís, Argentina.
- ALVAREZ C., M. TABOADA, C. BUSTINGORRI y F. H. GUTIERREZ BOEM 2006. **Soil alleviation in direct drilling systems: effect on soil physical properties and maize crop.** CI. SUELO (ARGENTINA) 24 (1): 1- 10.
- ALVAREZ C. R., M. TABOADA, M. TORRES DUGGAN, C. BUSTINGORRI y E. CHAMORRO. 2010. **Uso de descompactadores en planteos de siembra directa en la pampa ondulada: Efecto sobre el suelo y el cultivo de maíz.** XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Argentina.
- ALVAREZ C. R., R. ALVAREZ, F. DAMIANO, G. FERRARIS, F. GUTIERREZ BOEM, R. LAVADO, F. MICUCCI, G. RUBIO, H. STEINBACH, M. TABOADA, S. TORRI, A. URRICARIET y M. VAZQUEZ. 2010. **Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la región pampeana.** Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.
- ANDRADE F., A. CIRILO, S. UHART, y M. OTEGUI. 1996. **Ecofisiología del cultivo de maíz.** Editorial La Barrosa. Balcarce. Buenos Aires.
- BERGESIO L., CHOLAKY C., BRICCHI E. y J. CISNEROS 2010. **Persistencia del efecto de una labor profunda en un haplustol típico con siembra directa y pastoreo de rastrojo.** XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina
- BERNARDO I., I. MORENO, E. BONADEO, R. MARZARI y M. BONGIOVANNI 2009. Material de apoyo didáctico de la asignatura **sistema suelo-planta.** p: 59. FAV. UNRC. Impreso en CEIA.
- BONADEO E., CANTERO G. A. Y M. BONGIOVANNI 2003. **Relación entre la resistencia a la penetración, la densidad aparente y el contenido hídrico en un Hapludol típico.** Rev. UNRC 23(1-2): 13-22.
- BOTTA G.F., A. TOLON-BECERRA, X. LASTRA-BRAVO, M. TOURN 2010. **Tillage and traffic effects (planters and tractors) on soil compaction and soybean (Glycine max L.) yields in Argentinean pampas.** Soil & Tillage Research 110 (2010) 167–174
- BOTTA, G. F., JORAJURIA D., BALBUENA R. y ROSATTO H. 2004. **Mechanical and cropping behaviour of direct drilled soil under different traffic intensities: effect of soybean (Glycine max L.) yields.** Soil Till. Res. 78: 53-78.
- BOTTA, G.F.; JORAJURIA, D.; BALBUENA, R., RESSIA, M.; FERREO, C., ROSATTO, H.; TOURN, M. 2006. **Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus L.*) yields** Soil and Tillage Research, v. 91, p. 164-172.

BRAGACHINI, M., A. SAAVEDRA, J. MENDEZ, C. CASINI, L. ERRASQUIN y F. USTARROZ. 2011. **Evolución del sistema productivo agropecuario argentino**. Mayor valor agregado. Actualización técnica N° 64, Ed. INTA, Manfredi, Córdoba, Argentina: 23 p.

BRUSSCHER W. I., I.R. FREDERICK y P. I. BANER . 2000. **Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield**. Soil Sci. Soc. Am. J. 64 (3): 999-1003.

BUSCAGRO 2007. **El cultivo en contorno, una práctica para la conservación del suelo y del agua**. <http://www.inta.gov.ar/suelos/info/documentos/informes>.

Consultado: 12/4/2011

CACCIAVILLANI, M. 2009. **Evolución del comportamiento de un suelo Haplustol típico de Córdoba bajo dos sistemas de laboreo**. Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.

CANTERO, A., E. BRICCHI, V. BECERRA, J. CISNEROS y H. GIL 1986. **Zonificación y descripción de las tierras del Dpto. Río Cuarto**. Talleres gráficos de la UNRC, adhesión del bicentenario de la fundación de la ciudad de Río Cuarto.

CANTÚ, M. P. 1992 Holoceno de la Provincia de Córdoba. **Manual: Holoceno de la Republica Argentina**. Tomo I. Ed. Doctor Martín Iriondo. Simposio Internacional sobre el holoceno en América del sur. Paraná, Argentina.

CHOLAKY, C. 2003. **Efectividad y persistencia de una labor de descompactación con subsolador alado, en función de la compactación y humedad antecedente**. Tesis de Maestría en Manejo y Recuperación de Tierras. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina: 196 p.

CHOLAKY, C., M. CACIIVILLANI y E. BRICCHI. 2008. **Persistencia del efecto de la descompactadores en suelo con historia de siembra directa. Experiencia en haplustules/udoles del sur de Córdoba**. XXI Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo. Potrero de los Funes, San Luís, Argentina.

CISNEROS, J., A. CANTERO, C. CHOLAKY, M. REYNERO y J. GONZÁLEZ 2004. **Manejo de la condición física de los suelos: manejo del agua**. Documento de apoyo didáctico para el curso de uso y manejo de suelos. p: 22-27. Centro de estudiantes de ingeniería agronómica de la UNRC.

COLOMBO G. 2011. **Rendimiento de maíz sembrado en curvas de nivel en función del contenido hídrico edáfico**. Trabajo Final de graduación. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 77p.

DI RIENZO J.A.; F. CASANOVES; M. G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA & C.W. ROBLEDO. **InfoStat versión 2009**. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

ETCHEVEHERE P. H. 1978 **Normas de reconocimiento de suelos**. Segunda edición actualizada, Castelar, Buenos Aires.

GODWIN R.J., SPOOR G. y M.S. SOMMRO 1984. **The effect of tine arrangement on soil forces and disturbance**. J. Agric. Engng. Res. 30: 47-56.

GOOGLE EARTH 2010, versión pública <http://www.programas-gratis.net/b/google-earth-5.1> consultado: 09/12/2010.

GUDELJ, O. y B. MASIERO 2000. **Efectos de manejo del suelo sobre su densidad aparente**. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

GUPTA. SC & RR ALLMARAS. 1987. **Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction**. *Adv. Soil Sci.* 6:65-100

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA-SAGyP 2006. **Los suelos**. Recursos naturales de la provincia de Córdoba.

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

IRURTIA, C.B.; R. MON; N. GONZALEZ Y J. ELISEI 2008. **Efecto físico residuales en un argiudol típico después de seis años de subsolado en condiciones de tránsito agrícola no controlado**. XXI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

MARTINO, D.L. 1994,1998 ; L. K. WIERSUM 1957; K. P. BARLEY 1967; J. D. PIDGEON 1982 ; D. C. ERBACH 1992 ; C. HENDERSON 1988; R.C.REEDER 1993 & J. ARVIDSSON 1996.

PROCISUR 2001. **Siembra directa en el cono sur. Propiedades físicas e hídricas. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistemas de siembra directa**. <http://books.google.com.ar/books?id=xiX1Xr-hOKMC&pg>. Consultado: 29/11/2010.

MORENO, I., E. BONADEO y E. I. BERNARDO. 1996. **Guía de trabajos prácticos asignatura sistema suelo-planta**. FAV. UNRC. Impreso en CEIA.

MUNKHOLM, L. J.; PER SCHJONNING A; JORGENSEN M.; THORUP-KRISTENSEN, K. 2005. **Mitigation of subsoil recompaction by light traffic and on-land ploughing II**. Root and yield response. *Soil and Tillage Research*, v. 80, p. 159-170.

PRINCIPI M. A; R. A. MATTANA; J. L. COLODRO; O. P. CARDINALI 2005. **Maquinarias Agrícolas**. Ed. Fundación UNRC, Rio Cuarto, Argentina. p:167.

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

ROLLAN, A. A.; M. S. KARLIN; y O.A. BACHMIER 2004. **Siembra directa y densificación subsuperficial en molisoles del centro-norte de Córdoba.** XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, Argentina.

SADRAS, V. O, G. J O'LEARY y D. K. ROGET. 2005. **Crop responses to compacted soil: capture and efficiency in the use of water and radiation.** Field Crops Research 91: 131-148.

SATORRE H .E.; R. L. BENECH ARNOLD; G. A. SLAFER; E. B. DE LA FUENTE; D. J. MILLARES; M. E. OTEGUI; R. SAVIN. 2003. **Producción de granos: bases funcionales para su manejo.** 1ª ed. Ed. Facultad de Agronomía, UBA, Argentina. 86-94p.

SOZA, E.L; D.W. AGNES; M.C. TOURN; G.F. BOTTA 2008. **Descompactación del suelo y su efecto en la implantación y rendimiento de un cultivo de soja.** XXI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.

STEVENS C. J.; J.N. QUINTON; A.P. BAILEY; C. DEASY; M. SILGRAM y D.R. JACKSON. 2009. **The effects of minimal tillage, contour cultivation and in-field vegetative barriers on soil erosion and phosphorus loss Soil & Tillage.** Research 106.145–151

TABOADA, M.A. 1998. **Compactación superficial causada por la siembra directa y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos.** XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba, Argentina. pp.423

TABOADA, M.A. & F.G. MUCUCCI 2006. **Fertilidad física de los suelos.** XXII congreso argentino de la ciencia del suelo. Rosario, Argentina.

VARSA, E.C.; S. K. CHONG; J. O. ABOLAJI; D. A. Farquhar; F. J. Olsen 1997. **Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn root growth and production.** Soil and Tillage Res. 43: 219-228.

ANEXO I:

Características morfológicas del perfil típico descritas por INTA-SAGyP (2006).

Haplustol údico, franca gruesa, mixta, térmica.

***Ap** (0-21 cm); color pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo; franca; estructura en bloques subangulares medios moderados y granular; friable en húmedo; no adhesivo; no plástico; límite claro y suave.*

***Bw** (21-40 cm); color pardo oscuro (7,5YR3/2) en húmedo; franco arenosa a franca; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; barnices húmicos arcillosos escasos y finos; límite gradual y suave.*

***BC** (40-66 cm); color pardo oscuro (7,5YR3,5/2) en húmedo; franco arenosa a franca; estructura en bloques subangulares medios débiles; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; barnices arcillosos muy escasos y finos; límite inferior gradual y suave.*

***C** (66cm a +); color pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arenosa; estructura masiva; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo.*

Propiedades químicas, físico-químicas y físicas del perfil típico descritas por INTA-SAGyP (2006).

<i>Horizonte</i>	Ap	Bw	BC	C
Profundidad (cm)	0-21	21-40	40-66	66 a +
CO (%)	1,68	0,57	0,36	0,17
Arcilla < 2 μ (%)	14,8	15,6	12,4	9,6
Limo, 2-50 μ (%)	34,0	29,8	29,9	28,3
Arena muy fina, 50-100 μ (%)	49,8	54,0	56,4	57,8
Arena fina, 100-250 μ (%)	0,5	0,5	2,3	2,1
Arena media, 250-500 μ (%)	0,2			
pH en agua (1 : 2,5)	5,6	6,8	7,1	7,8
<i>Cationes de intercambio (meq/100g)</i>	Ca ⁺⁺	12,2	7,2	7,0
	Mg ⁺⁺	1,6	2,6	2,7
	Na ⁺	0,3	0,3	
	K ⁺	1,7	1,9	

Fuente: INTA-SAGyP 2006. **Los suelos.** Recursos naturales de la provincia de Córdoba.

<i>Horizonte</i>	Ap	Bw	BC	C
<i>Capacidad de Campo (% de humedad a 0,3 bar.)</i>	18.6	18.4	16.8	16.2
<i>Punto de Marchites Permanente (% de humedad a 15 bar.)</i>	10.5	11.3	10.3	8.9

*Datos obtenidos mediante la técnica de la “olla de presión” (Moreno *et al.*, 1996).

ANEXO II:

Análisis estadísticos:

Momento n° 1: Siembra

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	64	0,98	0,96	11,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	33,16	27	1,23	52,92	<0,0001	
BLOQUE	0,34	3	0,11	4,86	0,0061	
Lsiembra	0,09	1	0,09	0,43	0,5594	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	0,62	3	0,21	8,91	0,0001	
LABOR	15,91	1	15,91	184,78	<0,0001	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR.. LABOR*Lsiembra	4,4E-04	1	4,4E-04	0,01	0,9453	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR.. BLOQUE*LABOR	0,22	3	0,07	3,17	0,0359	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	0,30	3	0,10	4,25	0,0114	
Error	0,84	36	0,02			
Total	34,00	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,9453$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,5594$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0001$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1606

Error: 0,0232 gl: 36

PROF	LABOR	Medias	n	E.E.				
(0-10)	cPar	0,28	8	0,05	A			
(10-20)	cPar	0,42	8	0,05	A			
(20-30)	cPar	1,03	8	0,05		A		
(0-10)	sPar	1,14	8	0,05		B		
(30-45)	cPar	1,68	8	0,05			A	
(10-20)	sPar	2,00	8	0,05				B
(20-30)	sPar	2,03	8	0,05				B
(30-45)	sPar	2,22	8	0,05				B

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las diferencias asociadas a los valores de resistencia mecánica son debidas al efecto del factor labor. Mientras que el factor línea de siembra, como así también la interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la resistencia mecánica.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUME	64	0,83	0,70	4,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	69,14	27	2,56	6,41	<0,0001	
BLOQUE	5,66	3	1,89	4,72	0,0070	
Lsiembra	0,05	1	0,05	0,02	0,9057	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	8,18	3	2,73	6,83	0,0009	
LABOR	6,96	1	6,96	3,30	0,1194	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	5,94	1	5,94	2,82	0,1444	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	1,58	3	0,53	1,32	0,2823	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	11,08	3	3,69	9,25	0,0001	
Error	14,38	36	0,40			
Total	83,52	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,1444$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,9057$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,1194$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones en los valores de humedad en el suelo, son debidas a la profundidad en que se tomaron las muestras. Mientras que el factor línea de siembra y el factor labor, como así también la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la humedad del suelo.

Momento n° 2: V5-V6

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	64	0,95	0,91	11,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	29,72	27	1,10	24,85	<0,0001	
BLOQUE	0,28	3	0,09	2,14	0,1123	
Lsiembra	0,05	1	0,05	0,37	0,5874	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	0,39	3	0,13	2,91	0,0476	
LABOR	12,69	1	12,69	81,58	0,0001	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR.. LABOR*Lsiembra	0,30	1	0,30	1,94	0,2126	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR.. LABOR*Lsiembra	0,61	3	0,20	4,56	0,0083	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	0,33	3	0,11	2,47	0,0778	
Error	1,59	36	0,04			
Total	31,31	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,2126$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,5874$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0001$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,2219

Error: 0,0443 gl: 36

PROF	LABOR	Medias	n	E.E.					
(0-10)	cPar	0,66	8	0,07	A				
(10-20)	cPar	1,24	8	0,07		A			
(30-45)	cPar	1,67	8	0,07			A		
(30-45)	sPar	1,71	8	0,07			A		
(20-30)	cPar	1,79	8	0,07			A		
(0-10)	sPar	1,96	8	0,07				B	
(20-30)	sPar	2,19	8	0,07					B
(10-20)	sPar	3,07	8	0,07					B

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las diferencias asociadas a los valores de resistencia mecánica son debidas al efecto del factor labor. Mientras que el factor línea de siembra, como la interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la resistencia mecánica.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUME	64	0,88	0,79	4,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	100,94	27	3,74	9,77	<0,0001	
BLOQUE	15,71	3	5,24	13,68	<0,0001	
Lsiembra	1,13	1	1,13	0,54	0,5149	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	6,28	3	2,09	5,47	0,0034	
LABOR	3,89	1	3,89	10,17	0,0189	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	1,29	1	1,29	3,37	0,1162	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	0,79	3	0,26	0,68	0,5678	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	1,51	3	0,50	1,32	0,2843	
Error	13,78	36	0,38			
Total	114,72	63				

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

H_a = Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,1162$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

H_a = hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,5149$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

H_a = hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,0189$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones en los valores de humedad en el suelo, son debidas a la profundidad en que se tomaron las muestras. Mientras que el factor línea de siembra y el factor labor, como así también la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la humedad del suelo.

Momento nº 3: V10

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	64	0,93	0,88	13,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	41,85	27	1,55	18,20	<0,0001	
BLOQUE	0,23	3	0,08	0,90	0,4520	
Lsiembra	2,32	1	2,32	6,74	0,0807	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	1,03	3	0,34	4,04	0,0141	
LABOR	8,81	1	8,81	29,59	0,0016	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	0,09	1	0,09	0,29	0,0340	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	1,22	3	0,41	4,77	0,0067	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	0,57	3	0,19	2,22	0,1027	
Error	3,07	36	0,09			
Total	44,92	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0340$ hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0807$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0016$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,4465

Error: 0,0852 gl: 36

PROF	Lsiembra	LABOR	Medias	n	E.E.			
(0-10)	sPend	cPar	0,61	4	0,15	A		
(0-10)	sPend	sPar	1,06	4	0,15		B	
(0-10)	cPend	cPar	1,11	4	0,15		B	
(10-20)	sPend	cPar	1,42	4	0,15		A	
(10-20)	cPend	cPar	1,99	4	0,15			B
(30-45)	sPend	sPar	2,09	4	0,15			A
(20-30)	sPend	cPar	2,18	4	0,15			A
(0-10)	cPend	sPar	2,19	4	0,15			C
(30-45)	cPend	sPar	2,19	4	0,15			A
(30-45)	cPend	cPar	2,22	4	0,15			A
(30-45)	sPend	cPar	2,23	4	0,15			A
(20-30)	cPend	cPar	2,34	4	0,15			A
(10-20)	sPend	sPar	2,75	4	0,15			D
(20-30)	cPend	sPar	2,79	4	0,15			B
(20-30)	sPend	sPar	3,20	4	0,15			B
(10-20)	cPend	sPar	3,75	4	0,15			D

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las diferencias asociadas a los valores de resistencia mecánica son debidas al efecto de la interacción entre los factores labor y línea de siembra. Además también se debe a los efectos del factor labor. Mientras que el factor línea de siembra no genero diferencias estadísticamente significativas sobre la resistencia mecánica.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUME	64	0,80	0,66	5,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	74,64	27	2,76	5,46	<0,0001	
BLOQUE	15,14	3	5,05	9,96	0,0001	
Lsiembra	6,38	1	6,38	3,34	0,1652	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	5,73	3	1,91	3,77	0,0188	
LABOR	0,49	1	0,49	0,25	0,6320	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
LABOR*Lsiembra	0,04	1	0,04	0,02	0,8901	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
BLOQUE*LABOR	6,75	3	2,25	4,44	0,0094	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	4,81	3	1,60	3,17	0,0361	
Error	18,23	36	0,51			
Total	92,87	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,8901$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,1652$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,6320$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones en los valores de humedad en el suelo, son debidas a la profundidad en que se tomaron las muestras. Mientras que el factor línea de siembra y el factor labor, como así también la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la humedad del suelo.

Momento n° 4: R3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	64	0,96	0,92	15,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1120,90	27	41,51	28,96	<0,0001	
BLOQUE	7,79	3	2,60	1,81	0,1625	
Lsiembra	17,36	1	17,36	9,90	0,0514	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	5,26	3	1,75	1,22	0,3154	
LABOR	133,37	1	133,37	26,13	0,0022	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
LABOR*Lsiembra	8,16	1	8,16	1,60	0,2530	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
BLOQUE*LABOR	3,58	3	1,19	0,83	0,4848	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	27,04	3	9,01	6,29	0,0015	
Error	51,61	36	1,43			
Total	1172,50	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,2530$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

H_a = hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0514$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

H_a = hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0022$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,2623

Error: 1,4335 gl: 36

PROF	LABOR	Medias	n	E.E.	
(0-10)	cPar	1,35	8	0,42	A
(0-10)	sPar	2,61	8	0,42	A
(10-20)	cPar	4,55	8	0,42	A
(20-30)	cPar	9,58	8	0,42	A
(30-45)	cPar	9,61	8	0,42	A
(10-20)	sPar	9,93	8	0,42	B
(30-45)	sPar	10,74	8	0,42	A
(20-30)	sPar	13,37	8	0,42	B

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las diferencias asociadas a los valores de resistencia mecánica son debidas al efecto del factor labor. Mientras que el factor línea de siembra, como así también la interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor no genero diferencias estadísticamente significativas sobre la resistencia mecánica.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUME	64	0,67	0,42	11,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	88,17	27	3,27	2,68	0,0031	
BLOQUE	5,75	3	1,92	1,57	0,2132	
Lsiembra	14,16	1	14,16	17,43	0,0250	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	2,44	3	0,81	0,67	0,5786	
LABOR	10,40	1	10,40	2,89	0,1401	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	0,29	1	0,29	0,08	0,7846	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	7,45	3	2,48	2,04	0,1261	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	14,15	3	4,72	3,87	0,0170	
Error	43,91	36	1,22			
Total	132,08	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,7846$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,0250$ hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,1401$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la humedad del suelo.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,4465

Error: 0,0852 gl: 36

PROF	Lsiembra	Medias	n	E.E.			
(0-10)	sPend	8,26	8	0,15		B	
(10-20)	sPend	8,52	8	0,15			A
(30-45)	sPend	8,78	8	0,15			B
(10-20)	cPend	8,84	8	0,15			A
(0-10)	cPend	9,30	8	0,15			A
(20-30)	sPend	9,45	8	0,15			B
(30-45)	cPend	9,56	8	0,15			A
(20-30)	cPend	10,40	8	0,15			A

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones de los valores de humedad en el suelo son debidas a la profundidad en que se tomaron las muestras y en menor medida el efecto del factor línea de siembra. Mientras que el factor labor, como así también la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la humedad del suelo.

Momento nº 5: R5

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	64	0,97	0,95	10,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	18,17	27	0,67	47,35	<0,0001	
BLOQUE	0,30	3	0,10	7,00	0,0008	
Lsiembra	0,19	1	0,19	4,32	0,1292	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	0,13	3	0,04	3,15	0,0365	
LABOR	4,00	1	4,00	400,84	<0,0001	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
LABOR*Lsiembra	0,02	1	0,02	2,11	0,1968	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
BLOQUE*LABOR	0,01	3	3,3E-03	0,23	0,8730	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	0,05	3	0,02	1,17	0,3342	
Error	0,51	36	0,01			
Total	18,69	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,1968$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,1292$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0001$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1257

Error: 0,0142 gl: 36

PROF	LABOR	Medias	n	E.E.					
(0-10)	cPar	0,39	8	0,04	A				
(10-20)	cPar	0,68	8	0,04		A			
(0-10)	sPar	0,74	8	0,04		B			
(20-30)	cPar	1,14	8	0,04			A		
(10-20)	sPar	1,35	8	0,04				B	
(30-45)	cPar	1,54	8	0,04					A
(20-30)	sPar	1,70	8	0,04					
(30-45)	sPar	1,97	8	0,04					B

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las diferencias asociadas a los valores de resistencia mecánica son debidas al efecto del factor labor. Mientras que el factor línea de siembra, como así también la interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la resistencia mecánica.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUME	64	0,88	0,78	9,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	556,75	27	20,62	9,38	<0,0001	
BLOQUE	4,15	3	1,38	0,63	0,6011	
Lsiembra	233,13	1	233,13	65,69	0,0039	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	10,65	3	3,55	1,62	0,2029	
LABOR	199,34	1	199,34	27,82	0,0019	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	33,57	1	33,57	4,68	0,0736	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	20,38	3	6,79	3,09	0,0391	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	22,61	3	7,54	3,43	0,0271	
Error	79,11	36	2,20			
Total	635,87	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,0736$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,0039$ hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

H_a = hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,0019$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la humedad del suelo.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,4465

Error: 0,0852 gl: 36

PROF	Lsiembra	Medias	n	E.E.				
(0-10)	cPend	12,75	8	0,15	A			
(10-20)	cPend	13,69	8	0,15		A		
(20-30)	cPend	13,80	8	0,15			A	
(30-45)	cPend	13,85	8	0,15				A
(30-45)	sPend	16,2	8	0,15				B
(0-10)	sPend	17,15	8	0,15				B
(20-30)	sPend	17,96	8	0,15				B
(10-20)	sPend	18,05	8	0,15				A

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1257

Error: 0,0142 gl: 36

PROF	LABOR	Medias	n	E.E.					
(30-45)	sPar	13,46	8	0,04	B				
(20-30)	sPar	13,49	8	0,04		B			
(0-10)	sPar	13,65	8	0,04			B		
(10-20)	sPar	14,13	8	0,04				B	
(0-10)	cPar	16,4	8	0,04					A
(30-45)	cPar	16,55	8	0,04					A
(10-20)	cPar	17,56	8	0,04					A
(20-30)	cPar	18,26	8	0,04					A

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones de los valores de humedad en el suelo son debidas al efecto del factor labor y al el efecto del factor línea de siembra. Mientras que la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la humedad del suelo.

Momento n° 6 : Post Cosecha

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	64	0,98	0,97	8,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	101,61	27	3,76	79,17	<0,0001	
BLOQUE	1,29	3	0,43	9,07	0,0001	
Lsiembra	4,68	1	4,68	10,25	0,0493	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	1,37	3	0,46	9,61	0,0001	
LABOR	15,10	1	15,10	23,34	0,0029	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	1,89	1	1,89	2,92	0,0001	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	2,30	3	0,77	16,10	<0,0001	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	1,59	3	0,53	11,13	<0,0001	
Error	1,71	36	0,05			
Total	103,32	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0001$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0493$ hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la resistencia mecánica.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Ha= hay efecto del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Conclusión: con un $p=0,0029$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la resistencia mecánica.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,3336

Error: 0,0475 gl: 36

PROF	Lsiembra	LABOR	Medias	n	E.E.				
(0-10)	cPend	cPar	0,68	4	0,11	A			
(0-10)	sPend	cPar	0,79	4	0,11	A			
(0-10)	cPend	sPar	1,24	4	0,11		B		
(0-10)	sPend	sPar	1,38	4	0,11		B		
(30-45)	cPend	cPar	2,05	4	0,11			A	
(10-20)	cPend	cPar	2,15	4	0,11			A	
(30-45)	sPend	cPar	2,24	4	0,11			A	
(30-45)	cPend	sPar	2,25	4	0,11			A	
(10-20)	sPend	cPar	2,28	4	0,11			A	
(30-45)	sPend	sPar	2,45	4	0,11			A	
(20-30)	cPend	cPar	2,82	4	0,11		B		
(10-20)	cPend	sPar	3,16	4	0,11				C
(20-30)	sPend	cPar	3,17	4	0,11				A
(20-30)	cPend	sPar	3,55	4	0,11				D
(10-20)	sPend	sPar	4,93	4	0,11				B
(20-30)	sPend	sPar	4,99	4	0,11				C

Medias con una letra común en cada profundidad no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las diferencias asociadas a los valores de resistencia mecánica son debidas al efecto de la interacción entre los factores labor y línea de siembra. Como así también al efecto de los factores labor y línea de siembra por sí mismos, los cuales generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la resistencia mecánica.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUME	64	0,78	0,61	6,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	109,92	27	4,07	4,61	<0,0001	
BLOQUE	23,73	3	7,91	8,96	0,0001	
Lsiembra	0,36	1	0,36	0,71	0,4609	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	1,52	3	0,51	0,57	0,6364	
LABOR	2,25	1	2,25	0,26	0,6300	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
LABOR*Lsiembra	2,10	1	2,10	0,24	0,6412	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..						
BLOQUE*LABOR	41,48	3	13,83	15,66	<0,0001	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	10,96	3	3,65	4,14	0,0128	
Error	31,79	36	0,88			
Total	141,70	63				

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,6412$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

H_a = hay efecto del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,4609$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre la humedad del suelo.

Hipótesis a probar:

H_0 = no hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

H_a = hay efecto del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión: con un $p=0,6300$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre la humedad del suelo.

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones en los valores de humedad en el suelo, son debidas a la profundidad en que se tomaron las muestras. Mientras que el factor línea de siembra y el factor labor, como así también la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre la humedad del suelo.

Análisis estadístico del rendimiento:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend	64	1,00	1,00	0,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4983,4727		184,5714583,54		<0,0001	
BLOQUE	2261,873	3	753,9659571,90		<0,0001	
Lsiembra	230,661	1	230,66	2,38	0,2206	(BLOQUE*Lsiembra)
BLOQUE*Lsiembra	290,853	3	96,957660,13		<0,0001	
LABOR	1679,981	1	1679,98	21,55	0,0035	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
LABOR*Lsiembra	52,021	1	52,02	0,67	0,4452	
(BLOQUE*LABOR+BLOQUE*LABOR..)						
BLOQUE*LABOR	23,643	3	7,88622,63		<0,0001	
BLOQUE*LABOR*Lsiembra	444,083	3	148,0311695,81		<0,0001	
Error	0,4636		0,01			
Total	4983,9263					

Hipótesis a probar:

Ho= no hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Ha= Hay interacción entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Conclusión: con un $p=0,4452$ no hay interacción estadísticamente significativa entre el factor línea de siembra y el factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor línea de siembra sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Ha= hay efecto del factor línea de siembra sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Conclusión: con un $p=0,2206$ no hay efecto estadísticamente significativo del factor línea de siembra sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Hipótesis a probar:

Ho= no hay efecto del factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Ha= hay efecto del factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Conclusión: con un $p=0,0035$ hay efecto estadísticamente significativo del factor labor sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,9206

Error: 96,9485 gl: 3

Lsiembra	Medias	n	E.E.	
sPend	66,43	32	1,74	A
cPend	68,66	32	1,74	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,8692

Error: 13,9900 gl: 58

LABOR	Medias	n	E.E.	
sPar	63,20	32	0,66	A
cPar	71,85	32	0,66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Conclusión:

Esto demuestra que las variaciones en el rendimiento del cultivo de maíz debidas al efecto del factor labor. Mientras que el factor línea de siembra, como así también la interacción de los factores línea de siembra y labor, no generaron diferencias estadísticamente significativas sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

ANEXO III:

Figuras y fotos:

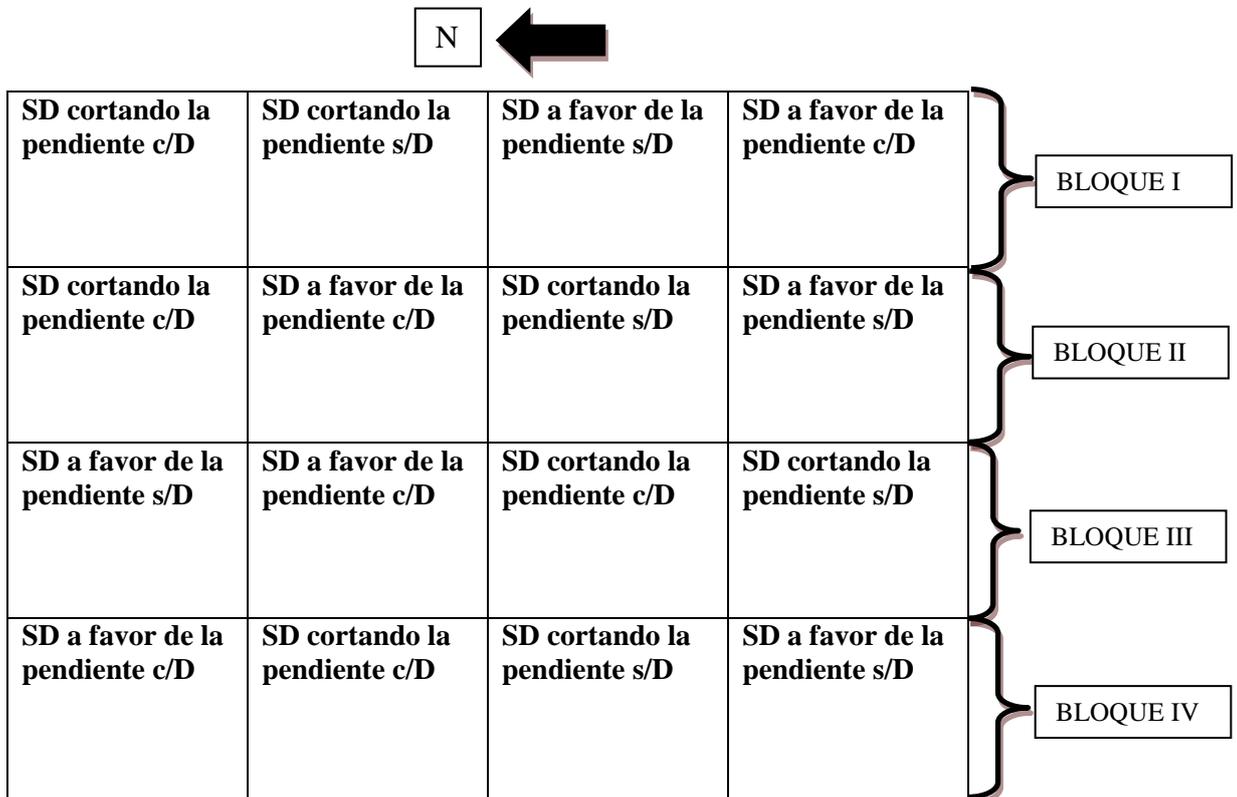


Figura 2: Disposición de los tratamientos estudiados en el trabajo, siembra directa realizada a favor de la pendiente, sin labor de descompactación (SD a favor de la pendiente s/D); siembra directa realizada a favor de la pendiente, con labor de descompactación (SD a favor de la pendiente c/D); siembra directa realizada cortando la pendiente, con labor de descompactación (SD cortando la pendiente c/D); y siembra directa cortando la pendiente sin labor de descompactación (SD cortando la pendiente s/D).

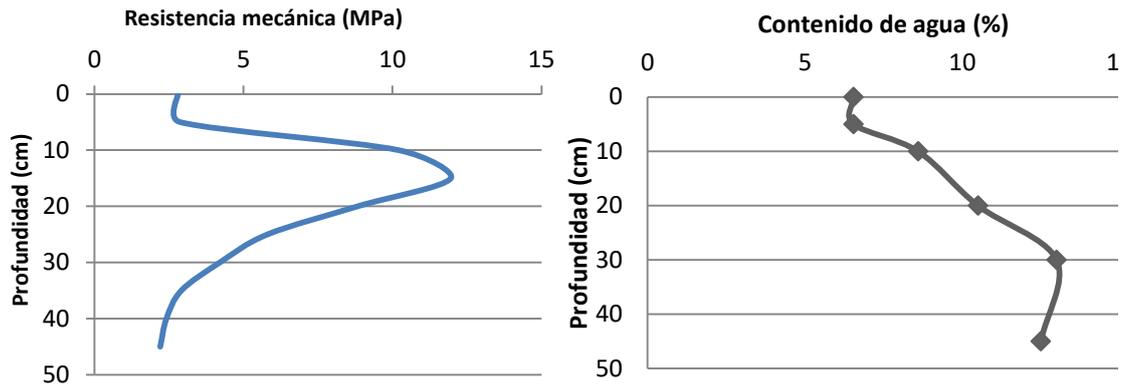


Figura 3: Determinación de la resistencia mecánica mediante el penetrómetro de impacto y del contenido de agua del perfil, realizado en el viaje de reconocimiento del sitio experimental y de diagnóstico de la condición física del suelo donde se llevó a cabo la experiencia.



Foto 1: Estructuras típicas de la zona compactada del perfil.



Foto 2: Pared expuesta de la calicata para el diagnóstico de la zona compactada en el perfil.



Foto 3: “Paratill” de fabricación artesanal, utilizando un antiguo chasis de arado cincel.



Foto 4: Distancia entre timones, siendo de aproximadamente de 40 cm.



Foto 5: Perfil cultural abarcando la profundidad de trabajo de “Paratill” (aproximadamente hasta 27 cm).



Foto 6: Vista posterior del rolo dispuesto detrás del “Paratill” con el objetivo de cerrar los surcos originados por las rejas de dicha herramienta, reacondicionar la superficie del suelo y el rastrojo.



Foto 7: Vista lateral del conjunto tractor - Paratill - rolo trabajando.



Foto 8: Vista lateral de sembradora directa marca Fabimag modelo Multiplanter, neumática, de 16 surcos a 0.52 m entre líneas de siembra.



Foto 9 “b”: Toma de muestras con el barreno para la determinación del contenido de agua según método gravimétrico.



Foto 9 “a”: Determinación de la resistencia mecánica mediante Penetrómetro a golpes.



Foto 10: Estado fenológico V5-V6 del cultivo.



Foto 11: Estado fenológico V10 del cultivo.



Foto 12: Estado fenológico R3 del cultivo.



Foto 13: Observación del sistema radical de una planta perteneciente a un tratamiento sin labor de descompactación (a la izquierda de la imagen) y con labor de descompactación (a la derecha de la imagen).



Foto 14: Estado fenológico R5 del cultivo.



Foto 15: Post cosecha del cultivo de maíz.