



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**  
Proyecto de Trabajo Final presentado para optar al Grado de  
Ingeniero Agrónomo  
Modalidad: Proyecto

**EVALUACION DE UNA SIEMBRA DE OTOÑO DE**  
**“ALFALFA” (*Medicago sativa L.*) BAJO DIFERENTES**  
**SISTEMAS DE LABRANZA**

**Coffio, Luciano M.**  
**DNI N° 35.473.182**

**Director: Ohanian, Alfredo**  
**DNI N° 14.475.987**

**Co-director: González, Sergio**  
**DNI N° 12.467.99**

**Río Cuarto - Córdoba**  
**Abril 2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACION

Título del Trabajo Final: Evaluación de una siembra de otoño de “Alfalfa” (*Medicago sativa L.*) bajo diferentes sistemas de labranza.

Autor: Coffio, Luciano Matías

DNI: 35473182

Director: Ohanian, Alfredo

Co-Director: González, Sergio

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del

Jurado Evaluador:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **AGRADECIMIENTOS**

- Agradezco principalmente a mi familia por todo su apoyo durante el transcurso de toda la carrera.
- A mi director y co-director del presente trabajo por haberme orientado en la realización del mismo.
- A todos los profesores que participaron en mi formación profesional.
- A mis amigos, y a mis compañeros de la carrera por su apoyo.
- A la Universidad Nacional de Rio Cuarto, por brindarme la posibilidad de formarme profesionalmente y como persona.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE IMAGENES .....	VIII
RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	X
INTRODUCCION .....	11
I.1. Presentación, importancia del trabajo y antecedentes .....	11
I.2.Hipótesis .....	17
I.3.Objetivos.....	17
I.3.1.Generales .....	17
I.3.2.Específicos.....	17
MATERIALES Y METODOS .....	19
II.1. Caracterización del área de estudio .....	19
II.2. Análisis de la evolución de la temperatura y precipitaciones durante el año 2014. ....	20
II.2.1. Temperatura .....	20
II.2.2 Precipitaciones .....	21
II.3. Descripción del suelo bajo estudio.....	22
II.3.1. Descripción del perfil del suelo.....	22
II.3.2. Descripción estructural del perfil .....	22
II.3.3. Nutrientes de suelo .....	23
II.4. Descripción del ensayo experimental.....	26
II.5. Descripción de las determinaciones realizadas .....	29
II.5.1. Stand de plantas y su evolución .....	29
II.5.2. Relación Hoja/Tallo, parte aérea/raíz y peso de las raíces hasta los 10 cm de profundidad.....	29
II.5.3. Materia seca (Parte aérea) .....	30
II.5.4. Eficiencia en el uso del agua.....	30
RESULTADOS Y DISCUSION .....	34

III.1. Stand de plantas y su evolución .....	34
III.2. Resistencia mecánica del suelo .....	39
III. 3. Relación hoja/tallo .....	40
III.4. Relación parte aérea/raíz.....	42
III. 5. Peso de raíces .....	44
III. 6. Producción de biomasa aérea.....	46
III.7. Eficiencia en el uso del agua (EUA).....	48
CONCLUSIONES .....	50
BIBLIOGRAFIA .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Características del perfil de suelo (Hapludol típico). .....	22
<b>Tabla N° 2.</b> Valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra en cada tratamiento.....	23
<b>Tabla N° 3:</b> Valores medios de Fósforo (P) a los 225 días después de siembra para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. .	24
<b>Tabla N° 4:</b> Valores medios de Fósforo (P) a los 365 días después de siembra para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2015 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. .	25
<b>Tabla N° 5:</b> Valores promedio de Energía germinativa (EG %) y Poder germinativo (PG %) de las semillas de Alfalfa ( <i>Medicago sativa L.</i> ) variedad SP Victoria INTA, grupo de reposo invernal 6. ....	27
<b>Tabla N° 6:</b> Valores de Curva Numero (CN) utilizados para el cálculo de escurrimiento en cada labranza. ....	32
<b>Tabla N° 7:</b> Eficiencia de implantación (%) de Alfalfa ( <i>Medicago sativa L.</i> ) variedad SP Victoria INTA, al momento del primer corte de primavera (225 DDS). ....	34
<b>Tabla N° 8:</b> Stand de plantas/m <sup>2</sup> observado a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.....	35
<b>Tabla N° 9:</b> Resistencia Mecánica (MPa) previo a la siembra de alfalfa, en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.....	39
<b>Tabla N° 10:</b> Relación hoja/tallo observada a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. ....	41
<b>Tabla N° 11:</b> Relación parte aérea/raíz observada a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.....	42
<b>Tabla N° 12:</b> Peso de raíces (hasta los 10cm de profundidad) observados a los 30, 60 y 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. ....	44
<b>Tabla N° 13:</b> Valores observados de biomasa aérea acumulada (kg MS ha <sup>-1</sup> ) a los 120 y 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.....	46
<b>Tabla N° 14:</b> Valores observados de eficiencia en el uso del agua (kg MS mm <sup>-1</sup> ) a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. ....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1</b> Registro de las temperaturas máximas, medias y mínimas medias mensuales del año 2014 y normales (serie 1993-2014) en La Aguada (Córdoba).....	20
<b>Figura N° 2:</b> Precipitaciones normales mensuales y del año 2014 (mm), para La Aguada, Rio Cuarto, Córdoba. ....	21
<b>Figura N° 3:</b> Valores medios de Fósforo previo a la siembra en cada tratamiento.....	23
<b>Figura N° 4:</b> Valores medios de Fósforo a los 225 días después de la siembra, para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. .	25
<b>Figura N° 5:</b> Valores medios de Fósforo a los 365 días después de la siembra, para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2015 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba. .	26
<b>Figura N° 6:</b> Plano del ensayo .....	29
<b>Figura N° 7.</b> Stand de plantas (pl/m <sup>2</sup> ) a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento. ....	36
<b>Figura N° 8:</b> Evolución del stand de plantas (pl/m <sup>2</sup> ) a los 10, 17, 24 y 30 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento. ....	37
<b>Figura N° 9.</b> Resistencia mecánica del suelo previo a la siembra de alfalfa en cada tratamiento. ....	40
<b>Figura N° 10:</b> Relación hoja/ tallo a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento. ....	41
<b>Figura N° 11:</b> Relación parte aérea/ raíz a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento. ....	43
<b>Figura N° 12:</b> Peso de raíces acumulado (kg MS ha <sup>-1</sup> ) a los 30, 60 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento. ....	45
<b>Figura N° 13:</b> Biomasa aérea acumulada (kg MS ha <sup>-1</sup> ) a los 120 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento. ....	47
<b>Figura N° 14:</b> Eficiencia en el uso del agua (kg MS mm <sup>-1</sup> ) a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.....	49

## ÍNDICE DE IMAGENES

<b>Imagen N° 1:</b> Planta de alfalfa (Victoria SP INTA) desplegando la hoja unifoliada a los 60 días después de la siembra.....	35
--	----

## RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es un cultivo de gran importancia en Argentina, siendo la principal especie forrajera del país y la base de la producción de carne y leche en la región pampeana. Por tratarse de un cultivo perenne es fundamental lograr un adecuado stand de plantas para obtener una mayor producción de MS y longevidad. El propósito del presente trabajo consistió en evaluar y cuantificar los efectos de diferentes sistemas de labranza sobre la eficiencia de implantación del cultivo de alfalfa. Para ello se estableció un ensayo experimental en el paraje La Aguada, Río Cuarto, Córdoba, con dos repeticiones y tres tratamientos: Siembra directa (SD), labranza convencional (LC) y labranza reducida (LR). Se midieron las siguientes variables en diferentes días después de la siembra (DDS): (i) resistencia mecánica del suelo, (ii) relación hoja/tallo, (iii) relación parte aérea/raíz, (iv) eficiencia en el uso del agua (EUA), (v) peso de raíces y (vi) producción de biomasa aérea. Los resultados mostraron que: (a) Se obtuvo una mejor implantación del cultivo de alfalfa bajo SD medido a los 60 y 90 DDS, desapareciendo tal diferencia al primer corte de primavera (225 DDS), (b) La resistencia mecánica del suelo no presentó diferencias entre tratamientos, y valores por debajo de 2 MPa permiten un mayor desarrollo radicular que si se supera dicha umbral. (c) La LC obtuvo la mayor EUA seguido de la LR y por último la menor EUA la obtuvo la SD, (d) La LR obtuvo la mayor relación hoja/tallo, seguida de la LC y la SD, (e) La mayor relación parte aérea/raíz fue obtenida por los tratamientos LR y LC, (f) El peso de raíces presentó diferencias a los 30 DDS, mayor en SD, seguido de LC y LR. Esas diferencias desaparecieron a los 60 y 225 DDS. (g) No hubo diferencias en la producción de biomasa aérea. Se concluye que no hubo diferencias entre tratamientos en el establecimiento y producción, siendo la Labranza Reducida la que obtuvo mejores valores de relación hoja/tallo y relación parte aérea/raíz, y EUA intermedia, por lo que es la que se recomienda utilizar.

**Palabras claves:** *Medicago sativa L.*, labranzas, implantación, EUA, biomasa.

## SUMMARY

Alfalfa (*Medicago sativa L.*) is a very important crop in Argentina, because is their main forage specie and beef and milk production base from the Pampas region. It is essential achieve an appropriate stand of plants to guarantee high dry matter yields (DM) and longevity because Alfalfa is a perennial crop. This research aimed to evaluate and quantify the effects of different tillage systems on the plantation efficiency of alfalfa crop. Thus, the test was carried out in a farm located in “La Aguada”, Rio Cuarto, Cordoba, with two repetitions and three treatments Direct Seeding (DS) Convencional Tillage (CT), and Reduced Tillage (RT). In these treatments the following determinations were carried out at different days from sowing (DFS): (i) mechanic resistance of soil, (ii) the relationship leaf/stem, (iii) the aerial part/root relationship, (iv) the water use efficiency (WUE) and (v) the root weight in the first 10 centimeters of soil and (vi) dry matter production. The results allowed to come to the following conclusions: (a) Better alfalfa planting was obtained under DS at 60 and 90 DFS, disappearing this differences at the first spring cut (225 DFS), (b) The soil mechanic resistance didn't show differences between treatments, and values under 2 MPa allow higher root development than if it's over this threshold, (c) CT is more efficient in usage of water than RT and DS, (d) RT obtained higher relationship leaf/stem, followed for CT and DS, (e) The highest relationship aerial part/ root values was obtained by RT and CT, (f) The root weight only was different at 30 DFS, being upper in DS, followed by CT and RT. This difference disappeared at 60 and 225 DFS, (g) There were not differences in production of dry matter at the moment of spring among the different treatments tested. It concludes that there were not differences between treatments in the plantation and settlement, being Reduced Tillage which got better values of leaf /stem relationship and aerial part/ root relationship, and medium WUE. This is the reason why it is recommended to use this tillage system.

**Key words:** *Medicago sativa L.*, tillage, plantation, WUE, dry matter.

## INTRODUCCION

### I.1. Presentación, importancia del trabajo y antecedentes

La alfalfa es la principal especie forrajera del país y la base de la producción de carne y leche en la Región Pampeana. La difusión del cultivo se apoya en sus altos rendimientos de materia seca (MS) por unidad de superficie, su excelente calidad forrajera y su gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (suelo, clima y manejo). Para una alta producción de forraje este cultivo requiere suelos profundos, bien aireados, de reacción más bien neutra (pH 6,5 a 7,5) y buena fertilidad (principalmente Fósforo, y en menor medida Azufre). A medida que nos alejamos de las condiciones ideales se ve afectado tanto el rendimiento como la persistencia de la pastura. En casos de salinidad (moderada) pueden sembrarse cultivares con cierto grado de tolerancia. Por otro lado, su capacidad para la fijación biológica del Nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con *Sinorhizobium meliloti* la convierten también en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos (Basigalup, 2007).

Para alfalfas de alta producción tenemos que pensar en contenidos de fósforo (P) que superen las 20-25 ppm en el suelo; los contenidos mínimos de azufre (S-SO<sub>4</sub>) deberían estar en las 14-16 ppm; con pH inferior a 6,2 no esperar aportes importantes de nitrógeno de origen simbiótico ni de fósforo disponible; para un adecuado desarrollo radicular, la presión en horizontes sub-superficiales (15-40 cm) no debería superar los 2 MPa (INTA Gral. Villegas, 2012).

“Dos etapas bien diferenciadas componen el proceso de establecimiento de un alfalfar. La primera involucra la colocación de la semilla en el lugar adecuado y en el momento oportuno, con el fin de lograr su germinación, la elongación del hipocótilo bajo la superficie del suelo y la emergencia de los cotiledones. En la segunda, se inicia el crecimiento y el desarrollo de la planta, culminando, en siembra otoñales, hacia fines del invierno con la planta mostrando un desarrollo primario de corona”. (Romero *et al.*, 1995).

La profundidad de siembra y el contacto de la semilla con el suelo son factores muy importantes a considerar para realizar la siembra. La profundidad de siembra ideal ronda entre 1,5 y 2 cm. En textura fina no debe sembrarse a más de 1,5 cm, mientras que en los suelos de textura gruesa es posible hacerlo hasta los 2,5 cm de profundidad (Romero *et al.*, 1995).

Según datos del INTA General Villegas (2013a), generalmente con la siembra convencional de alfalfa se logra menor cobertura, hay mayor temperatura de suelo y

disponibilidad de nutrientes, condiciones que favorecen el desarrollo inicial, y requiere mayor cuidado en profundidad de siembra y control de malezas. Mientras que la siembra directa tiene ventajas en cuanto al manejo del agua, las malezas y el control de profundidad, pero habitualmente los suelos tienen mayor cobertura por lo que se logra menor crecimiento inicial.

La implantación es uno de los momentos claves que definen la producción y la vida útil de la pastura. Los kilogramos por hectárea de semilla explican solo en parte el número de plantas logradas por unidad de superficie. Para ajustar correctamente la densidad de siembra se debe analizar la semilla (INTA Gral. Villegas, 2013 a).

Superada la implantación, etapa en la cual la humedad es fundamental, la alfalfa esta morfológicamente y fisiológicamente adaptada para tolerar períodos de deficiencia hídrica de cierta duración (Basigalup, 2007). Si bien tolera la sequía, es muy sensible a la falta de oxigenación a nivel radicular que produce el anegamiento del suelo, siendo la tolerancia al anegamiento mayor en plantas adultas y con tiempo fresco, que en estado de plántulas (Murata *et al.*, 1965).

Por ser la alfalfa una pastura de larga duración, la obtención de una buena densidad inicial de plantas es de suma importancia (Romero *et al.*, 1995). Un buen objetivo es lograr entre 150-250 plantas/m<sup>2</sup> el primer año. Los cuidados de la alfalfa no terminan en la implantación, realizar aprovechamientos oportunos y mantener los controles de las plagas y malezas son igualmente importantes para lograr una pradera de alta productividad y longevidad (INTA General Villegas, 2013 a).

Esta densidad inicial está directamente relacionada con el porcentaje de logro el cual indica la proporción de las semillas viables sembradas que llegan a ser plantas desarrolladas a los 60 a 90 días de la siembra. La eficiencia de implantación en lotes de alfalfa de tambos comerciales, de la Cuenca Oeste Bonaerense fue de 46,5% en promedio (es decir que más de la mitad de las semillas sembradas no llegan a ser plantas de pastura), realizando la determinación del porcentaje de logro y el número de plantas por metro cuadrado implantadas, en lotes sembrados durante el otoño 2013, entre el 20 de febrero y el 29 de abril con densidades que variaron desde 9 kg ha<sup>-1</sup> hasta 20 kg ha<sup>-1</sup> de alfalfa. De los 27 lotes evaluados, 20 se hicieron con siembra directa y 7 con siembra convencional. En cuanto a los recuentos de plantas se obtuvo un valor promedio de 148 pl m<sup>-2</sup>, observándose en la mayoría de los lotes recuentos entre 100 pl m<sup>-2</sup> y 200 pl m<sup>-2</sup> (Otero *et al.*, 2013).

En relación a la densidad de plantas logradas existen otros antecedentes de que aún con densidades de siembra bajas (5 Kg/ha) se logra densidades de plantas de alrededor de entre 120-150 plantas/m<sup>2</sup> a los 45 días después de la siembra no se hallaron reducciones significativas en el

rendimiento de forraje (Romero *et al.*, 1991). Resultados posteriores con otras variedades (Monarca y Victoria) indicaron rendimientos levemente inferiores (alrededor de - 1,4 Ton MS/ha en tres años) para densidades de 7 kg/ha versus 10 kg/ha de semilla desnuda y con un número de plantas establecidas entre 250 a 350 plantas/m<sup>2</sup> (Romero *et al.*, 2006). Si bien la densidad de siembra puede tener una respuesta sobre el número de plantas instaladas, existen compensaciones entre el tamaño y densidad de las plantas que determinan que las diferencias en el rendimiento de forraje sean de menor magnitud. Adicionalmente, a medida que aumenta la densidad inicial de plantas se incrementa la mortalidad de las mismas, por la mayor competencia entre las plantas de alfalfa, tendiendo a medida que pasa el tiempo a estabilizarse en valores similares de densidad. Por estas razones densidades muy elevadas pueden tener un efecto menor, teniendo en cuenta el aumento en el costo de la semilla. Para la región central de Santa Fe iniciar con un stand de plantas de alrededor de 250 plantas/m<sup>2</sup> son considerados adecuados para lograr pasturas altamente productivas (Matera y Romero, 2014).

La Universidad Nacional de La Pampa efectuó un ensayo sobre densidades de siembra de alfalfa en la región semiárida Pampeana, utilizaron semilla de ecotipo pampeano con poder germinativo 78% y un peso de 2,32 gramos las mil semillas. Encontraron que la eficiencia de siembra disminuye a medida que aumenta la densidad de la misma y que a mayor densidad mayor rendimiento de forraje entre las densidades evaluadas (2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 kg semilla/ha). Para una densidad de 10 kg/ha y 20 kg/ha, se sembraron el 5 de Marzo de 1976, 335 y 670 semillas viables, la densidad de plantas al mes de siembra fue de 232 y 420 por metro cuadrado, siendo así la eficiencia de siembra de 69 % y 63% respectivamente. Al primer corte realizado a los 231 DDS se obtuvo una producción de 1544 kg/ha y 1539 kg/ha para una densidad de 10 kg/ha y 20 kg/ha respectivamente (Hernández y Lemes, 1989).

Según lo expresado en el programa alfalfa fácil de FORRATEC (Manual técnico FORRATEC, 2008), es importante lograr un buen stand de plantas inicial (350 plantas por metro cuadrado a los 100 días de la siembra), ya que de esta manera se cubrirá más temprano el suelo desnudo, siendo esto favorable por dos razones: se empieza a captar radiación incidente antes y por lo tanto la producción al primer corte es mayor; y al producirse mayor sombreado del suelo, la invasión de malezas es menor.

Otra fuente establece que un número adecuado de plantas (250 plantas /m<sup>2</sup>) puede significar 5 veces más producción que una pastura mal implantada (50 plantas/ m<sup>2</sup>) (INTA Diamante, 2013).

La temperatura y la humedad del suelo, conjuntamente con la heliofanía, son los factores que definen la época de siembra más adecuada. La alfalfa germina en un rango muy amplio de

temperaturas, desde 5 a 35 °C (Townsend y Mc Guinnies, 1972), ubicándose el óptimo entre 19 y 25 °C (Romero *et al.*, 1995). Esto permite que el cultivo presente dos épocas de siembra (siembra otoñal y siembra primaveral), no obstante, los procesos de crecimiento y desarrollo de las plántulas son muy distintos entre ambas siembras. Un rápido desarrollo radicular se alcanza con las siembras de otoño; mientras que a medida que aumenta la temperatura y la cantidad de horas de luz, como sucede en la primavera, se incrementa el crecimiento de los tallos y la tasa de expansión de las hojas, reduciéndose el crecimiento radicular (Romero *et al.*, 1995), es por ello que se considera esta última como época de siembra más conveniente (Itria, 1962; Romero y Juan, 1986).

La resistencia a las bajas temperaturas se incrementa con el contenido de hidratos de carbono en las raíces. Las siembras tempranas de otoño permiten a la planta alcanzar cierto crecimiento, con la consiguiente acumulación de reservas en raíces antes de las primeras heladas (Jung y Larson, 1972.; Smith, 1964).

La alfalfa, como cultivo perenne, consume agua durante todo el año, aún durante el reposo invernal, generando una demanda evapotranspiratoria mayor que un sistema de cultivos anuales, en donde siempre existen períodos de barbechos. Las variaciones entre localidades en el consumo potencial anual de agua del cultivo se deben a las diferencias en la demanda atmosférica integrada por el componente radiativo y el componente advectivo (Collino *et al.*, 2007).

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante para la producción de forraje en seco (Collino *et al.*, 2007). En un cultivo perenne como la alfalfa, el agua almacenada en el suelo solo tiene una influencia relevante durante el primer año, por lo que la principal fuente de suministro de agua para el cultivo, considerando su ciclo en conjunto (4 años aproximadamente), es la lluvia (Rossanigo *et al.*, 1995). En algunos casos habrá que considerar el aporte de la napa freática porque el sistema radical de la alfalfa puede alcanzar profundidades de hasta 6 metros (Borg y Grimes, 1986).

La eficiencia en el uso del agua (EUA) presenta variaciones a lo largo del año. Se han registrado variaciones entre 9 y 25,4 kgMS ha<sup>-1</sup> por mm, para otoño y primavera, respectivamente (Di Nucci de Bedendo *et al.*, 2009).

La misma se ve incrementada por mejores condiciones nutricionales. Se midió, en el norte de la provincia de Buenos Aires, una producción de 9 kgMS ha<sup>-1</sup> por mm de lluvia en los tratamientos testigo y de 14 kgMS ha<sup>-1</sup> por mm de lluvia cuando se fertilizó con fósforo y azufre (Romero *et al.*, 1995).

Para satisfacer sus requerimientos nutricionales, la alfalfa depende de las capas superficiales del suelo ya que allí se localiza la mayor parte de la actividad absorbente del sistema radical (Romero *et al.*, 1995), extrayendo en promedio, el 70% del fósforo de los primeros 30 cm del perfil, variando dicha absorción con la disponibilidad de agua en el perfil (Fagioli, 1974). La demanda de nutrientes cambia con la estación, siendo mayor en los picos de producción primaverales, época en la que se obtienen las mayores respuestas a la fertilización (Romero *et al.*, 1977).

La producción de una pastura está condicionada por factores climáticos, como radiación incidente, temperatura, lluvias, y edáficos, que limitan el desarrollo y/o funcionalidad del sistema radical. El rendimiento potencial de la alfalfa se logra en general, cuando la disponibilidad de agua para el cultivo es suficiente para cubrir la demanda atmosférica y no se producen periodos de estrés hídrico. Las producciones máximas de forraje varían según la localidad, siendo por ejemplo de 31 tnMS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en Rafaela y de 20 tnMS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en Balcarce bajo corte mecánico (mediante motoguadañadora) efectuándose los cortes cuando la mayoría de los participantes de cada ensayo alcanzaba el 10% de floración, o cuando los rebrotes desde la corona medían aproximadamente 5 cm (Di Nucci de Bedendo *et al.*, 2009).

Hay investigaciones en las cuales se busca determinar si diferentes tipos de labranzas influyen en ciertas variables relacionadas con el cultivo, como por ejemplo la densidad de plantas logradas, la producción de materia seca por hectárea, eficiencia de implantación.

Entre ellas se encuentra un estudio realizado en el campo experimental de la Universidad Nacional de Rio Cuarto entre los años 1999 y 2002, donde se implantó una pradera polifítica integrada por *Medicago sativa* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Dactylis glomerata* L. y *Bromus unioloides*, sembrada con tres sistemas de implantación (convencional, reducida y siembra directa), se obtuvo como resultado que el sistema de labranza empleado no influyó sobre el número de plantas logradas a los 90 días después de la siembra de alfalfa, pero si en las gramíneas, siendo menor en la siembra directa. Las diferencias en la densidad de plantas debido al sistema de implantación afectó la producción de biomasa total solamente en el primer año (Ohanian *et al.*, 2007).

En concordancia con lo expuesto anteriormente en la EEA del INTA Rafaela se realizó un ensayo con el fin de conocer los efectos de diferentes tipos de labranza sobre la producción y el establecimiento de plantas en pastura de alfalfa. Se sembró la pastura el 10/06/2007 (cultivar WL 903, 10 kg semilla/ha). No se encontraron diferencias en la producción de materia seca/ha entre labranza convencional y siembra directa. A los 66 DDS (días después de la siembra) en la labranza convencional se encontró menor número de plantas por metro cuadrado, estas

diferencias se redujeron a los 202 DDS y hasta casi desaparecer la misma a los 316 días después de la siembra (DDS) (Romero *et al.*, 2008).

Un estudio similar al anterior llevado a cabo en el tambo “Santa Catalina” UNLP (Universidad Nacional de La Plata) con cv. Candombe y cv. HF 600, establece que se logra una baja eficiencia de implantación de alfalfa en siembra directa debido al volumen de rastros, la compactación del suelo, el tipo de sembradora o la densidad de siembra utilizada. A los 60 días desde la siembra la eficiencia de implantación fue significativamente mayor que para los 270 y 365 DDS ( $17 \pm 5,4$  a,  $8,2 \pm 2,6b$ ,  $8 \pm 2,5b$  %, respectivamente) (Taborda, *et al.*, 2012).

En la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) se llevó a cabo un estudio en un alfalfar implantado con siembra directa en un Argiudol vértico en el campo experimental Villarino (Zavalla, Santa Fe). La siembra se efectuó en Mayo de 2001 con una densidad de 600 semillas viables por metro cuadrado. A los 210 DDS se obtuvo un valor de 5.07 gramos/m<sup>2</sup> de peso seco aéreo, 2.10 gramos/m<sup>2</sup> peso seco de la raíz y un stand de plantas de 62.5 plantas/m<sup>2</sup> (Sosa *et al.*, 2001).

Entre los estudios relacionados con la producción estacional y relación hoja/tallo de alfalfa, se encuentra un estudio llevado a cabo en el INTA EEA de Rafaela. En el mismo se obtuvo una producción de 860 kg MS (materia seca) y una relación hoja/tallo de 1.48 para el cultivar Victoria SP INTA, grupo de reposo invernal 6. (Romero *et al.*, 2001).

Por otro lado, en el INTA EEA Manfredi de Córdoba, se midió la distribución estacional de la producción de Victoria SP INTA obteniéndose en el primer corte de primavera en el año de implantación 2761 kg de MS/ha (Spada y Mombelli, 2001).

Mientras que en un ensayo realizado en la localidad de Rodeo Viejo, departamento de Río Cuarto, bajo un sistema con labranza mínima sembrado en abril de 2001, se obtuvo para la variedad Victoria una producción de 2880 kg MS/ha al primer corte en noviembre de 2001 (Montesano, 2001).

Según un estudio llevado a cabo por el INTA Rafaela para el cultivar Victoria INTA sembrado 14 de Mayo de 2003 a una distancia entre hileras de 17,5 cm, se obtuvo bajo labranza convencional una producción de 800 kg MS/ha y 1500 kg MS/ha a los 140 DDS y 180 DDS respectivamente. La densidad lograda a los 140 DDS fue de 250 pl/m<sup>2</sup> y a los 300 DDS de 220 pl/m<sup>2</sup>. El peso aéreo por planta a los 140 DDS y 300 DDS fue 0.22 g MS/ planta y 1 g MS/planta respectivamente (Mattera *et al.*, 2009).

Debido a la gran importancia regional y a la sustentabilidad que dicho cultivo brinda a los sistemas productivos siendo incluido en la rotación, es fundamental lograr una buena implantación y establecimiento al tratarse de una especie perenne para asegurar así la mayor

longevidad y producción posible de la pastura en el tiempo. Es por ello que se desea conocer si implementando diferentes sistemas de labranza los resultados obtenidos se modifican, para así brindarle al productor información al respecto.

## **I.2. Hipótesis**

Debido a diferentes condiciones del suelo producto de diversos sistemas de labranza, se esperan divergencias en la germinación, emergencia e implantación en un cultivo de alfalfa.

No se encontrarán diferencias en la producción de materia seca al primer corte (primavera), entre los distintos sistemas de labranza.

## **I.3. Objetivos**

Los objetivos generales y específicos que se detallan a continuación se llevaron a cabo sobre las parcelas sin fertilización nitrogenada y fosforada.

### **I.3.1. Generales**

- Caracterizar la germinación, emergencia y establecimiento de “alfalfa” (*Medicago sativa* L.) en siembra de otoño, bajo diferentes tipos de labranza: siembra directa, labranza reducida (Paratill-siembra) y labranza convencional (Cincel-arado de discos-siembra).
- Determinar la producción al primer corte en los diferentes tipos de labranza.
- Determinar el consumo de agua desde siembra a primer corte.

### **I.3.2. Específicos**

1. Determinar los cambios morfológicos de la parte aérea durante la implantación (cotiledones, hoja unifoliada, número de hojas trifoliadas).
2. Determinar la eficiencia de implantación.
3. Determinar relación hoja/tallo.
4. Determinar la relación parte aérea/raíz.
5. Determinar el peso de raíces en los primeros 10 cm de suelo.
6. Determinar la eficiencia del uso del agua.

7. Determinar la producción de materia seca aérea.

## MATERIALES Y METODOS

### II.1. Caracterización del área de estudio

El ensayo a campo se llevó a cabo en el campo de Docencia y Experimentación “Pozo del Carril”, sitio experimental perteneciente a la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), del centro-sur de Córdoba, ubicado en las cercanías del paraje La Aguada, departamento Río Cuarto (32° 57' Lat. Sur, 64° 50' Long. Oeste); correspondiente a la unidad ambiental de la llanura subhúmeda bien drenada (Cantero *et al.*, 1998).

La condición climática es templada-subhúmeda con régimen de precipitación monzónico (80% de las lluvias concentradas en el período octubre-abril) y con una precipitación media anual de 850 mm. El balance hídrico presenta un déficit entre 50 y 300 mm/año de acuerdo al régimen de lluvia. Las principales adversidades climáticas son: sequías, heladas extemporáneas, granizo y la intensidad de las precipitaciones (Degioanni, 1998).

Este experimento se realizó en la unidad ecológica llanura con invierno seco, clasificada por Becerra (1999) cuya superficie dentro de la provincia de Córdoba abarca 27.760 km<sup>2</sup>. El área se caracteriza por presentar un relieve muy complejo, de moderado a fuertemente ondulado determinando un conjunto de lomadas, cuya longitud oscila entre los 3000 y los 6000 metros de largo con un gradiente del 2 al 3 %. Localmente se presentan pendientes más cortas pero de mayor gradiente (Becker *et al.*, 2001). En esta área predominan sedimentos de tipo loésico franco-arenosos muy finos de la Formación La Invernada (Cantú, 1992), donde predominan hapludoles típicos de textura franco-arenosa muy fina (Cantero *et al.*, 1984).

La región de referencia perteneció a un latifundio-prácticamente en toda su extensión-hasta mediados del siglo XX (Cantú, 1998), donde se produce una gran subdivisión de la tierra con la colonización del sector y la incorporación de la agricultura invernada (trigo, lino, avena y centeno). Paulatinamente el maíz fue desplazando a estos cultivos de invierno; en la década del 60 se introduce el girasol y en la del 70 la soja. En la actualidad el uso de la tierra es agrícola-ganadera, el cual fluctúa dependiendo del mercado internacional.

La gran irrupción de la agricultura estival con cultivos cuya restitución de materia orgánica es muy baja, acompañada de un aumento en las labores de pre-siembra y un incremento en el tamaño y peso de las maquinarias, provocó una alteración de las condiciones físicas (Bricchi, 1996; Cisneros *et al.*, 1996; Degioanni, 1998) y biológicas del suelo (Moreno *et al.*, 1996).

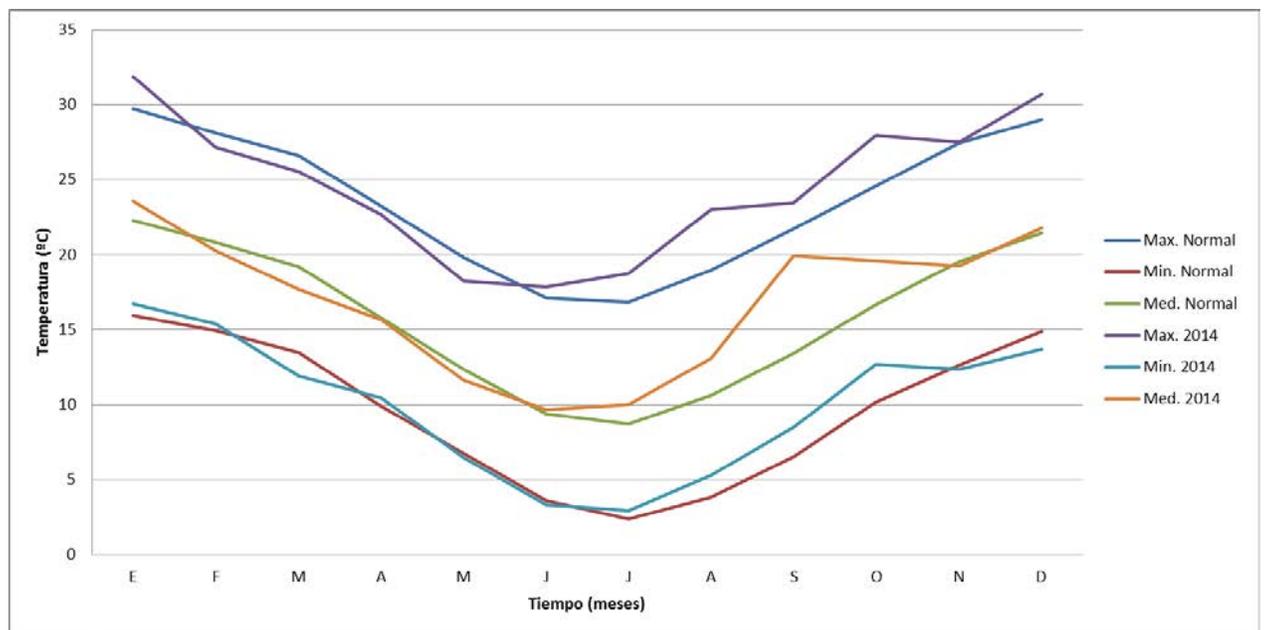
## II.2. Análisis de la evolución de la temperatura y precipitaciones durante el año 2014.

Para poder analizar la oferta climática en relación al ciclo del cultivo, se utilizó la serie climática obtenida a partir de los valores registrados de la estación meteorológica automática entre los años 1993 y 2014, siendo estos los valores normales, en comparación con los valores del año 2014.

### II.2.1. Temperatura

En la Figura N° 1, se presenta la evolución de las temperaturas máximas, medias y mínimas medias mensuales desde el mes de enero a diciembre de 2014.

Se puede observar que en general desde el mes de enero a junio las temperaturas del año 2014 son muy similares a las normales registradas en la serie 1993-2014, mientras que de junio hasta noviembre se observa un claro incremento de las temperaturas máximas, medias y mínimas medias del año 2014 en relación a las normales.



**Figura N° 1** Registro de las temperaturas máximas, medias y mínimas medias mensuales del año 2014 y normales (serie 1993-2014) en La Aguada (Córdoba).

## II.2.2 Precipitaciones

En la Figura N° 2, se presentan las precipitaciones del año 2014 y los valores normales (promedio 1993-2014) en el establecimiento Pozo del Carril, ubicado en cercanías del paraje La Aguada.

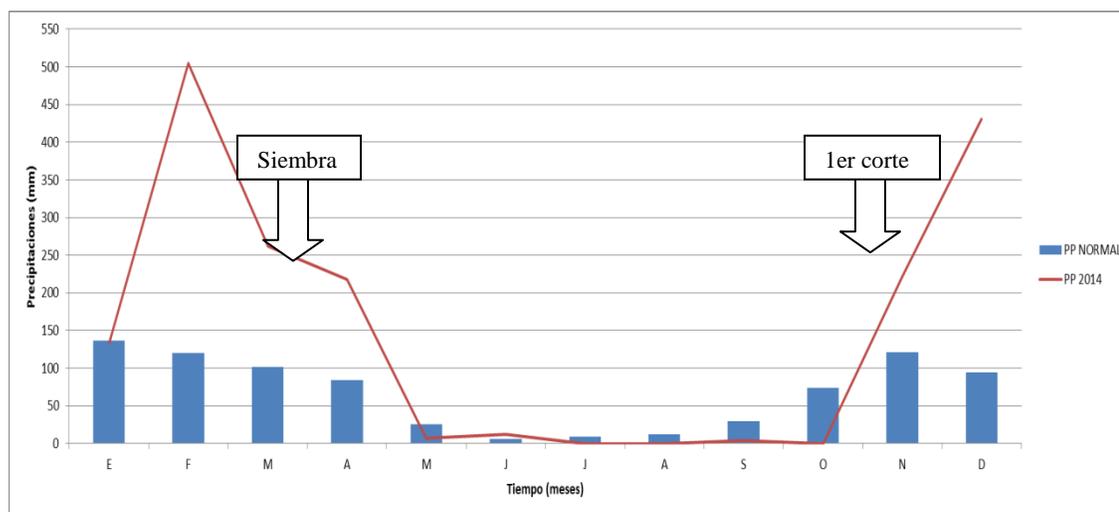


Figura N° 2.

**Figura N° 2:** Precipitaciones normales mensuales y del año 2014 (mm), para La Aguada, Rio Cuarto, Córdoba.

PP NORMAL: Precipitación normal (promedio serie 1993-2014).

PP 2014: Precipitación año 2014.

Las precipitaciones registradas durante el año 2014 superaron en un 120 % a las precipitaciones normales (total anual de 815 mm y 1795 mm para las precipitaciones normales y del año 2014, respectivamente).

Durante el periodo analizado del ciclo del cultivo (26 de marzo 2014 - 8 de noviembre 2014) se registraron 241 mm de precipitaciones, siendo este valor 127 % superior al normal (marzo- noviembre) de 106 mm. A su vez se observan precipitaciones superiores a las normales previas a la siembra (26 de marzo de 2014), las que tuvieron su efecto en el ciclo del cultivo al recargar las mismas el perfil del suelo.

Entre mayo y octubre, inclusive, las precipitaciones del año 2014 se presentaron por debajo de las precipitaciones normales mensuales volviendo a superarlas recién a partir de noviembre.

### II.3. Descripción del suelo bajo estudio

El relieve es normal, suavemente ondulado, con pendiente de longitud largas y gradientes promedios de 1.5%. El suelo es Hapludol típico, de textura franca arenosa muy fina, presentando susceptibilidad a desagregación superficial y a compactarse. Las limitaciones son erosión hídrica y eólica (Degioanni, 1998).

#### II.3.1. Descripción del perfil del suelo

El ensayo se desarrolló sobre un suelo Hapludol típico que cuenta con una secuencia de horizontes A, Bw1, Bw2, BC y C. Las características de profundidad, porcentaje de materia orgánica, composición granulométrica y pH se especifican a continuación:

Tabla N° 1: Características del perfil de suelo (Hapludol típico).

Horizonte	A	Bw1	Bw2	BC	C
Profundidad (cm)	0-30	30-43	43-60	60-74	74
Materia Orgánica (%)	1,58	0,89	0,69	0,3	-
Arcilla <2 $\mu$ (%)	15	12	8	6	6
Limo 2-5 $\mu$ (%)	40,5	37	40	37	35
Arena 50-100 $\mu$ (%)	45	51	50	55	58
pH	6,8	7	7,1	7,2	7,5

Fuente: Espósito, G. P.2002. *Tesis de Maestría: "Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz"*

#### II.3.2. Descripción estructural del perfil

**A:** Bloques subangulares, medios, moderados. Límite inferior claro, suave.

**Bw1:** Bloques subangulares, gruesos, moderados a débiles. Límite inferior claro, suave.

**Bw2:** Bloques subangulares, gruesos y medios, débiles a moderados. Límite inferior gradual suave.

**BC:** Bloques angulares, medios, débiles. Límite inferior gradual suave.

**C:** A pedal. Límite inferior gradual suave.

Fuente: Espósito, G. P.2002. *Tesis de Maestría: “Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz”*.

### II.3.3. Nutrientes de suelo

Los valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra, en cada tratamiento, se observan en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra en cada tratamiento.

Profundidad(cm)	P (ppm)		
	SD	LR	LC
0-10	18	30	15
10-20	7	12	8

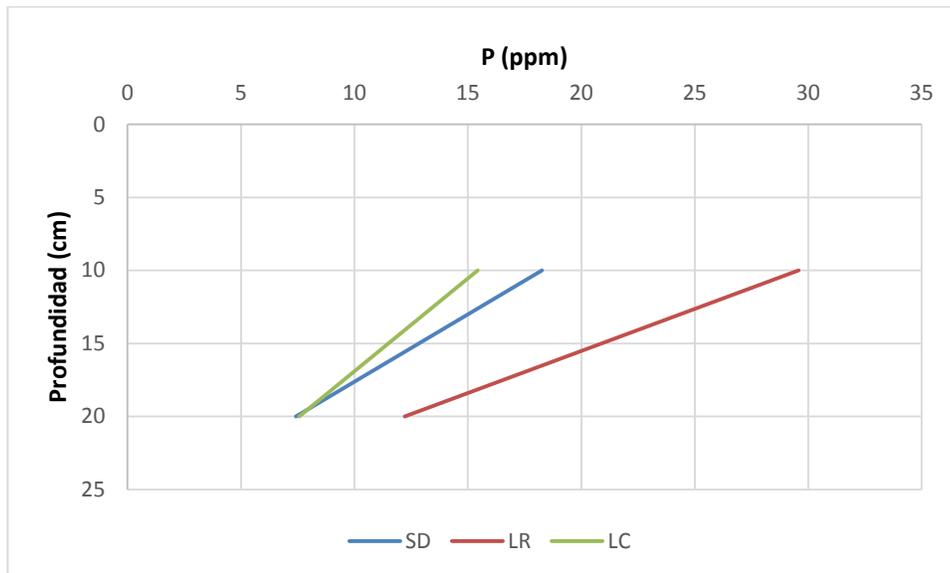


Figura N° 3: Valores medios de Fósforo previo a la siembra en cada tratamiento.

Como puede observarse, previo a la siembra el análisis de Fósforo arrojó como resultado que el suelo que mayor contenido de Fósforo tenía era el que provenía de Labranza Reducida seguido por Siembra Directa y posteriormente Labranza Convencional.

En todos los tratamientos el contenido de Fósforo disminuyó a medida que se avanzaba en profundidad.

No se realizaron agregados de nutrientes durante la siembra ni durante el ciclo del cultivo.

Los valores medios de Fósforo (P) al momento del primer corte de primavera, en cada tratamiento, se observan en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3: Valores medios de Fósforo (P) a los 225 días después de siembra para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Profundidad(cm)	P (ppm)		
	SD	LR	LC
0-10	34	18	24
10-20	17	9	10

Como se aprecia en la figura N° 4, el tratamiento con Siembra Directa fue el que mayor contenido de fósforo presentó a los 225DDS, seguido por la Labranza Convencional y en última instancia Labranza Reducida en los primeros 10 centímetros de profundidad. La misma tendencia se pudo apreciar a mayor profundidad (10-20cm).

El tratamiento que al momento del primer corte de primavera (225 DDS) presentó mayor contenido de Fósforo, en este caso Siembra directa, fue el que mostró el mayor crecimiento radical (Peso de raíces hasta los 10 cm de profundidad).

Se puede relacionar directamente el contenido de fósforo con el crecimiento radical si tenemos en cuenta los tres tratamientos y los resultados obtenidos en cuanto al peso de raíces de los mismos. Siendo en orden decreciente de crecimiento radical el siguiente: SD>LC>LR.

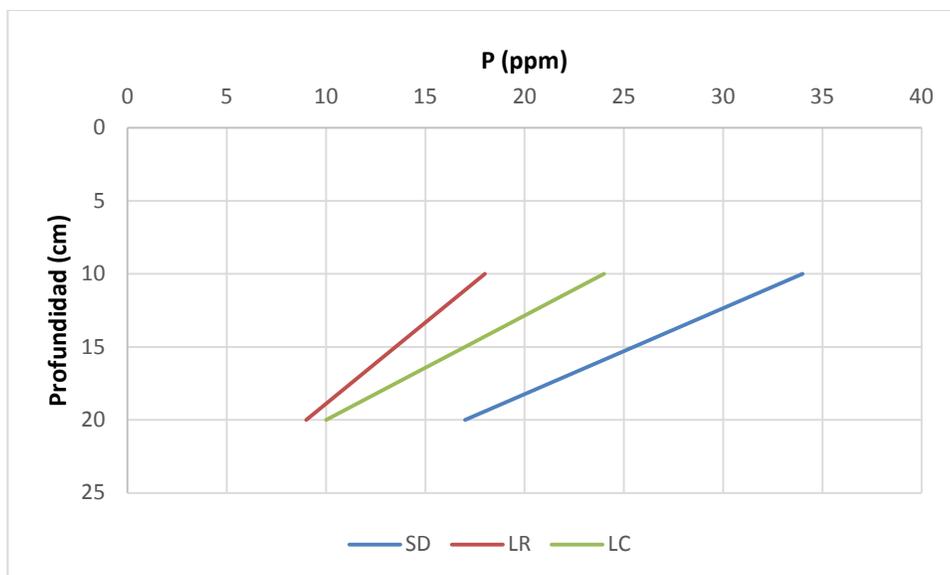


Figura N° 4: Valores medios de Fósforo a los 225 días después de la siembra, para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Tabla N° 4: Valores medios de Fósforo (P) a los 365 días después de siembra para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2015 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Profundidad(cm)	P (ppm)		
	SD	LR	LC
10	11	8	9
20	6	6	6

Como se puede apreciar en la tabla N° 4 una vez transcurrido un año desde la fecha de siembra del cultivo de Alfalfa, los contenidos de fósforo disminuyeron en todos los tratamientos y en ambas profundidades analizadas. A su vez se pueden observar que en este momento los contenidos de fosforo son prácticamente iguales entre tratamientos.

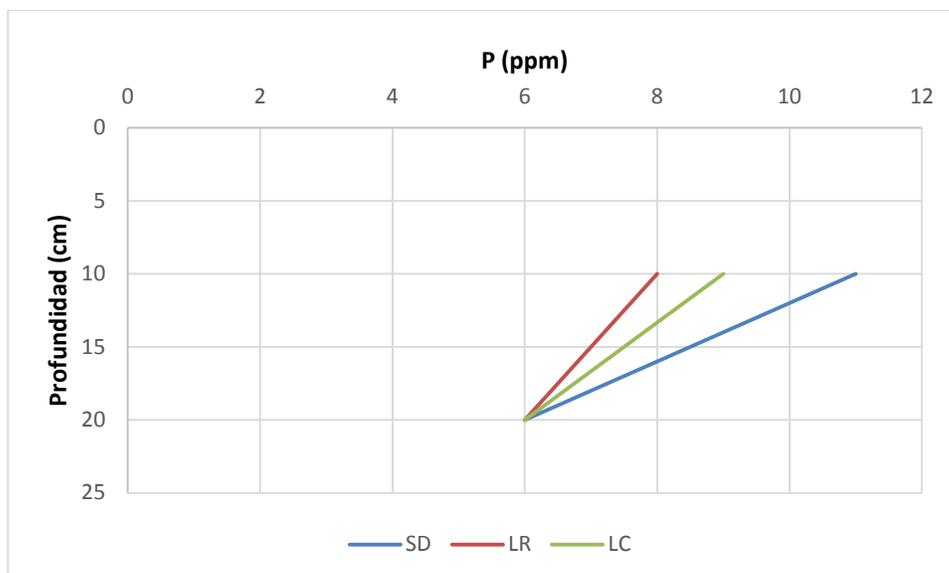


Figura N° 5: Valores medios de Fósforo a los 365 días después de la siembra, para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2015 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.

En la figura N° 5 se puede observar la disminución en el contenido de fósforo del suelo con respecto a las mediciones anteriores y a su vez se nota claramente la estrecha diferencia entre tratamientos en esta fecha analizada hasta los 10 cm de profundidad y la paridad en los valores obtenidos entre los 10 y 20 cm de profundidad.

El aumento en el contenido de fósforo desde el momento previo a la siembra hasta el primer corte de primavera (225 días después de la siembra) se debió posiblemente a la mineralización sufrida por dicho nutriente en el suelo quedando mayor cantidad de este disponible para el cultivo. Así mismo, desde el momento del primer corte (225 DDS) hasta el año posterior a la siembra (365 DDS), se observó una clara disminución del contenido de fósforo en el suelo, y la principal razón a la que se puede atribuir este cambio es estrictamente al consumo de fósforo por parte del cultivo de alfalfa.

#### II.4. Descripción del ensayo experimental

El suelo donde se realizó el trabajo es un Hapludol típico, de textura franco arenosa muy fina. Se trata de un ensayo implementado desde 1994 a la fecha en el campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC. El mismo comprende las siguientes variables experimentales: 2 usos de la tierra: 1-Rotación agrícola (A) y 2-Rotación agrícola-ganadera (A-G), 3 sistemas de laboreo: siembra directa, labranza reducida

(Paratill-siembra) y labranza convencional (Cinzel-arado de discos-siembra). En el presente trabajo solo se considerarán para su estudio las variables de labranza en la rotación agrícola-ganadera (A-G).

Debido a las condiciones climáticas que antecedieron a la siembra los tres sistemas de labranza que se iban a comparar en el estudio no se pudieron implementar, por lo que se debió sembrar la totalidad de los tratamientos bajo siembra directa, razón por la cual cuando se hable de sistemas de labranzas y comparaciones entre ellas a lo largo de la investigación lo que en realidad se va a estar analizando es los efectos que la historia de dichas labranzas aplicadas en años anteriores a la siembra actual tuvieron sobre las variables de análisis al generar condiciones de suelos diferentes en cada tratamiento.

Con el objetivo de conocer la calidad de las semillas, al cultivar seleccionado para dicho estudio, integrantes de la cátedra de forrajes de la Universidad Nacional de Río Cuarto le realizaron un análisis de calidad de semillas siguiendo las normas internacionales (ISTA, 2010). Se determinaron así los principales parámetros de calidad de semillas como la energía germinativa y poder germinativo.

Los valores promedio de energía germinativa (EG) y poder germinativo (PG) obtenidos, se presentan en la Tabla N°5.

Tabla N° 5: Valores promedio de Energía germinativa (EG %) y Poder germinativo (PG %) de las semillas de Alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad SP Victoria INTA, grupo de reposo invernal 6.

	Recuento 5 días	Recuento 10 días
	% EG	% PG
Muestra	60	86

Como se observa en la tabla N° 5 a los 5 días de comenzado el análisis de calidad de las semillas se obtuvo un valor de energía germinativa del 60 % y a los 10 días un 86 % en el poder germinativo. La Pureza de las semillas utilizadas fue del 98% y un peso de mil de 4,35 gr.

La siembra en los tres sistemas de labranza se realizó con la misma maquinaria (Bertini, sembradora directa, de 25 surcos a 0,175 m entre hileras), el día 26 de marzo de 2014, debido a las abundantes precipitaciones registradas previas a la siembra que no se permitieron realizar las labores previas requeridas por los tratamientos de Labranza convencional y Labranza reducida.

Se reguló la sembradora haciéndola recorrer 30 metros, habiendo llenado previamente los cajones de semilla. Se desconectaron 4 mangueras de semillas y se colocaron bolsas en las

mismas para recolectar lo que arrojara la máquina. Luego se pesaron las muestras obtenidas mediante una balanza. Sabiendo la superficie que recorrió la máquina, y la cantidad de semilla que arrojó, se calculó la cantidad que se estaría colocando en una hectárea. Se realizó hasta ajustar al objetivo de 16 kg de semilla.

Se sembró por hectárea 16 kg de semillas de *Medicago sativa L.* variedad VICTORIA SP INTA grupo de reposo invernal 6, con una pureza de 98% y un poder germinativo de 86% lo que arrojó un total de 310 semillas viables/m<sup>2</sup>.

El diseño experimental consistió en parcelas dispuestas en bloques completos aleatorizados, contando con 2 repeticiones (Figura N° 6). El tamaño de las parcelas fue 61.26 m de ancho por 410 m de largo. El cultivo se sembró con una densidad de 16 kg/ha (semillas peleteadas 4,5 g las mil semillas), empleando para ello la variedad Victoria SP INTA (GRI 6).

Los datos obtenidos fueron analizados según software estadístico INFOSTAT sometidos al ANOVA para verificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Las medias fueron comparadas por la prueba de Duncan (Balzarini *et al.*, 2013). Todas las variables fueron analizadas según el test de Shapiro-Wilks (modificado) y se analizó la homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \gamma_{ijk}$$

Donde:

$y_{ijk}$  = Observación de la variable obtenida en la unidad de muestro k que se halla dentro de la unidad experimental j a la que se aplicó el tratamiento i.

( $i = 1, 2 \dots t$ ;  $j = 1, 2 \dots r$ ;  $k = 1, 2 \dots m$ )

$\mu$  = Media poblacional de la variable

$\alpha_i$  = Efecto debido al tratamiento i (representa el efecto del nivel i del factor labranza).

$\beta_j$  = Efecto debido al bloque j.

$\varepsilon_{ij}$  = Variable aleatoria debida a las diferencias entre u.e. con el mismo tratamiento  $\sim N(0; \sigma_e^2)$  (Error Experimental)

$\gamma_{ijk}$  = Variable aleatoria debida a las diferencias entre u.m. pertenecientes a una misma u.e.  $\sim N(0; \sigma_m^2)$  (Error Muestreo)

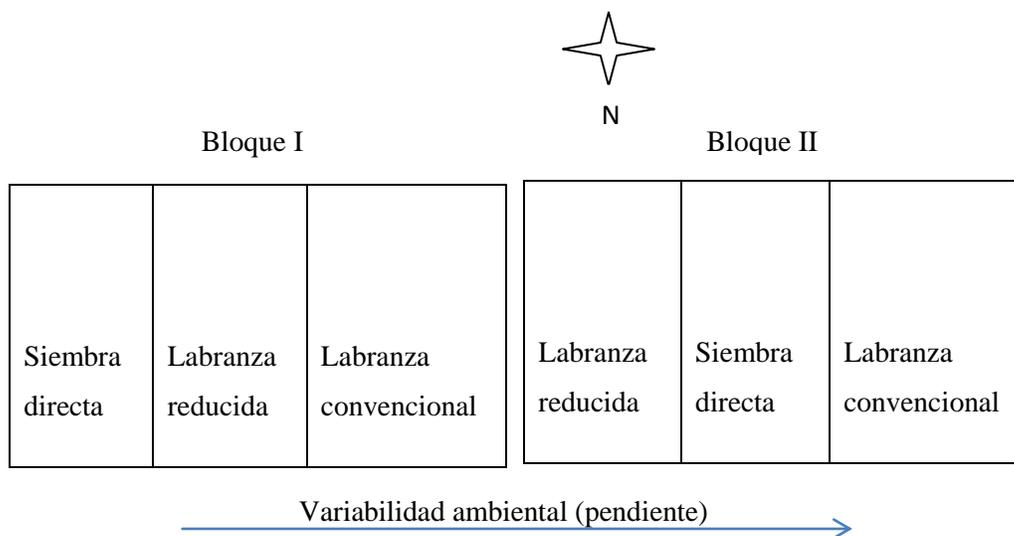


Figura N° 6: Plano del ensayo

## II.5. Descripción de las determinaciones realizadas

### II.5.1. Stand de plantas y su evolución.

En cada parcela se delimitaron 5 transectas distribuidas aleatoriamente de 0,5 metros en las cuales se determinó a lo largo del tiempo el stand de plantas y su evolución. Las mediciones para los parámetros mencionados se realizaron en las siguientes fechas: 5 de abril, 12 de abril, 19 de abril, 9 de mayo, 25 de mayo, 24 de junio, 24 de agosto, 24 de septiembre, 24 de octubre y 8 de noviembre del año 2014. Siendo esas fechas 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180 y 225 días después de la siembra (DDS), respectivamente, siempre en las mismas estaciones de muestreo.

### II.5.2. Relación Hoja/Tallo, parte aérea/raíz y peso de las raíces hasta los 10 cm de profundidad.

Para la determinación de la relación hoja/tallo, parte aérea/raíz y el peso de las raíces hasta los 10 cm de profundidad se analizaron las plantas contenidas en 0,5 metros lineales, realizando 5 muestras por tratamiento y repetición. Se procedió a separar según correspondió, hoja de tallos, parte aérea de raíces y se recurrió a la utilización de una balanza para pesar cada componente para la obtención posterior de las relaciones o en el último caso el peso de las

raíces. Previo al pesaje las muestras fueron sometidas a un proceso de secado en estufa a 80 °C hasta llegar a peso constante.

Las muestras para la determinación del peso de las raíces se tomaron a los 28 DDS y al primer corte de primavera; para la relación hoja/tallo al primer corte de primavera y para la relación parte aérea/raíz a los 120 DDS y al primer corte de primavera.

### **II.5.3. Materia seca (Parte aérea)**

Para la obtención de la producción aérea de materia seca al primer corte en cada sistema de labranza se procedió a la extracción de 5 muestras de 0,25 m<sup>2</sup> en cada tratamiento y repetición. En cada una de ellas se cortó la parte aérea al ras con tijeras a mano, se colocó la misma en una estufa de secado a 80 °C hasta la obtención de peso constante y posteriormente se pesó mediante el uso de una balanza digital.

### **II.5.4. Eficiencia en el uso del agua (EUA).**

La eficiencia en el uso del agua se determinó mediante la correlación entre la materia seca producida al primer corte y el agua utilizada desde la siembra hasta dicho momento.

El consumo de agua se estableció mediante el método gravimétrico, tomando 2 muestras con barreno de 0-0,05 m, de 0,05-0,10 m, de 0,10-0,20 m y 0,20-0,40 m, por tratamiento y repetición. Para obtener fehacientemente el consumo de agua por parte del cultivo además de los diferentes muestreos realizados, se obtuvieron los registros de las precipitaciones otorgados por la Cátedra de Agrometeorología de la Universidad Nacional de Río Cuarto tomados en la estación meteorológica de La Aguada.

Con los datos obtenidos se calculó la humedad gravimétrica a la siembra, 14, 28, 60, 90, 120, 150, 180 y 225 DDS mediante la siguiente ecuación:

$$HG = \frac{(PH-PS)*100}{PS}$$

Donde:

PH: peso del suelo húmedo (g).

PS: peso del suelo seco (g).

HG: humedad gravimétrica (%).

Los valores de humedad gravimétrica fueron transformados a valores de Lámina Útil por capa según Forsythe (1980) mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Lamina (mm)} = \frac{\text{HG} * \text{PEA} * \text{E}}{10}$$

Donde:

HG: humedad gravimétrica (%).

PEA: peso específico aparente (g/cm<sup>3</sup>).

E: espesor del horizonte (cm).

Para determinar la cantidad de agua consumida por el cultivo en el ciclo analizado (siembra- primer corte), se realizó un balance hídrico considerando entradas y salidas de agua al perfil de suelo. Las entradas (términos positivos) son el agua acumulada en el suelo al momento de la siembra y las precipitaciones ocurridas en el ciclo; mientras que las salidas son los términos negativos de la formula, siendo los mismos el escurrimiento, agua del perfil al final del periodo considerado y el drenaje.

$$\text{Balance Hídrico (mm)} = P + H_i - H_f - E - D$$

Donde:

P: precipitaciones (mm).

H<sub>i</sub>: humedad inicial (mm).

H<sub>f</sub>: humedad final (mm).

E: escurrimiento (mm).

D: drenaje (mm).

La *humedad inicial* y *final* fueron obtenidas por muestreo de suelo, posterior pesaje húmedo, secado en estufa a 80°C hasta peso constante y luego pesado en seco y por diferencia se obtuvo el contenido hídrico de las mismas.

El *escurrimiento* se estimó mediante el método de la Curva Numero (CN), el mismo se explica a continuación:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

Donde:

Q: volumen escurrido (mm).

P: precipitación acumulada (mm).

I<sub>a</sub>: retención inicial o abstracción inicial, incluye retención superficial, interceptación por la vegetación e infiltración en el terreno, previa a la producción del escurrimiento (mm).

S: máxima retención potencial de agua por el terreno, incluye la I<sub>a</sub> (mm).

A su vez el método asume que:

$$I_a = 0.2 * S$$

Es decir que, la retención o abstracción inicial es del 20 % de la capacidad de retención total. El 80 % restante corresponde a la infiltración después que el escurrimiento ha comenzado.

La fórmula para la estimación de la lámina escurrida Q, reemplazando, es la siguiente:

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{(P - 0.2 * S) + S}$$

Donde:

S: máxima retención potencial de agua por el terreno, incluye la  $I_a$  (mm), puede tomar valores entre cero e infinito: cuando valga cero, el escurrimiento será máximo, tratándose de una superficie lisa e impermeable. Será infinito en un suelo extremadamente permeable.

La relación de S con la curva número (CN) es la siguiente:

$$S = \left( \frac{25400}{CN} - 254 \right)$$

Donde: si  $S=0$ , la  $CN=100$ , que es el máximo valor que puede aparecer en los gráficos de CN.

Tabla N° 6: Valores de Curva Numero (CN) utilizados para el cálculo de escurrimiento en cada labranza.

Labranza	Curva Número
SD	86
LR	89
LC	93

Fuente: Espósito, G. P.2002. *Tesis de Maestría: "Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz"*

El drenaje se supuso igual a cero, siendo bajos en general los registros de lluvia infiltrada en el periodo considerado.

Se determinó la eficiencia en el uso del agua evapotranspirada para biomasa total ( $EUA_{ETMS}$ ) mediante la siguiente formula:

$$EUA_{ET}MS = \frac{BIOMASA}{ET}$$

Donde:

BIOMASA, es materia seca (kg/ha).

ET, es evapotranspiración real (mm).

Este valor fue calculado al primer corte de primavera del cultivo, el día 8 de noviembre de 2014.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### III.1. Stand de plantas y su evolución

Los valores de stand de plantas promedio en los diferentes tratamientos, se presentan en la Tabla N°7.

Tabla N° 7: Eficiencia de implantación (%) de Alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad SP Victoria INTA, al momento del primer corte de primavera (225 DDS).

Labranza	Eficiencia de implantación (%)
Siembra directa	90
Labranza reducida	55
Labranza convencional	61

Se puede observar en la Tabla N° 8, como desde el momento de la siembra aumenta el número de plantas hasta 30 días después de la siembra, para recién a partir de ese momento comenzar a declinar. Esto se debe básicamente a la utilización de semillas peleteadas para la siembra, que al encontrarse las semillas recubiertas por una capa de carbonato de calcio y polímeros específicos de dispersión acuosa, se observa mayor escalonamiento en la germinación-emergencia del cultivo. A su vez las semillas utilizadas fueron tratadas con fungicida (Metalaxil) protegiendo a las mismas del ataque de hongos patógenos, posibilitando que ante una mayor permanencia de las mismas en el suelo estas no sean perjudicadas y se encuentren viables aun varias semanas después de la siembra. Claro ejemplo de lo mencionado anteriormente se muestra en la Imagen N° 1, donde aún a los 60 días desde la siembra, se observa una plántula desplegando la hoja unifoliada.



Imagen N° 1: Planta de alfalfa (Victoria SP INTA) desplegando la hoja unifoliada a los 60 días después de la siembra.

Tabla N° 8: Stand de plantas/m<sup>2</sup> observado a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

		10	17	24	30	45	60	90	120	150	180	210	225
	Labranza	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS
	SD	274	285	294	299	296A	292A	286A	280A	277	274	272	270
	LR	225	263	248	243	236B	222B	216B	203B	184	178	171	165
	LC	218	254	259	254	239B	226B	218B	214B	200	195	193	184
	R <sup>2</sup>	0,24	0,16	0,29	0,35	0,45	0,47	0,52	0,52	0,58	0,57	0,58	0,59
	CV (%)	21.9	8.29	14.87	16.16	2.68	2.95	16.36	17.68	18.94	20.19	20.7	21.77
Valor P	Labranza	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
	Bloque	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Labranza*Bloque	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

En columnas, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013). R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación.

\* indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

La evolución del estado fenológico de las plantas promedio a lo largo del primer mes de implantación, se presenta en la Figura N° 6.

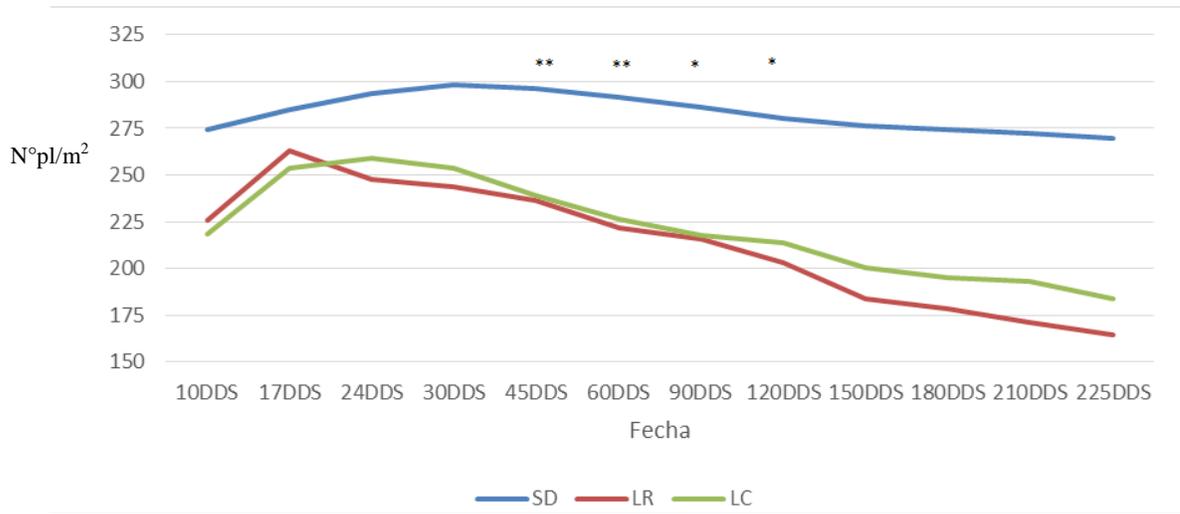


Figura N° 7. Stand de plantas (pl/m<sup>2</sup>) a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225DDDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

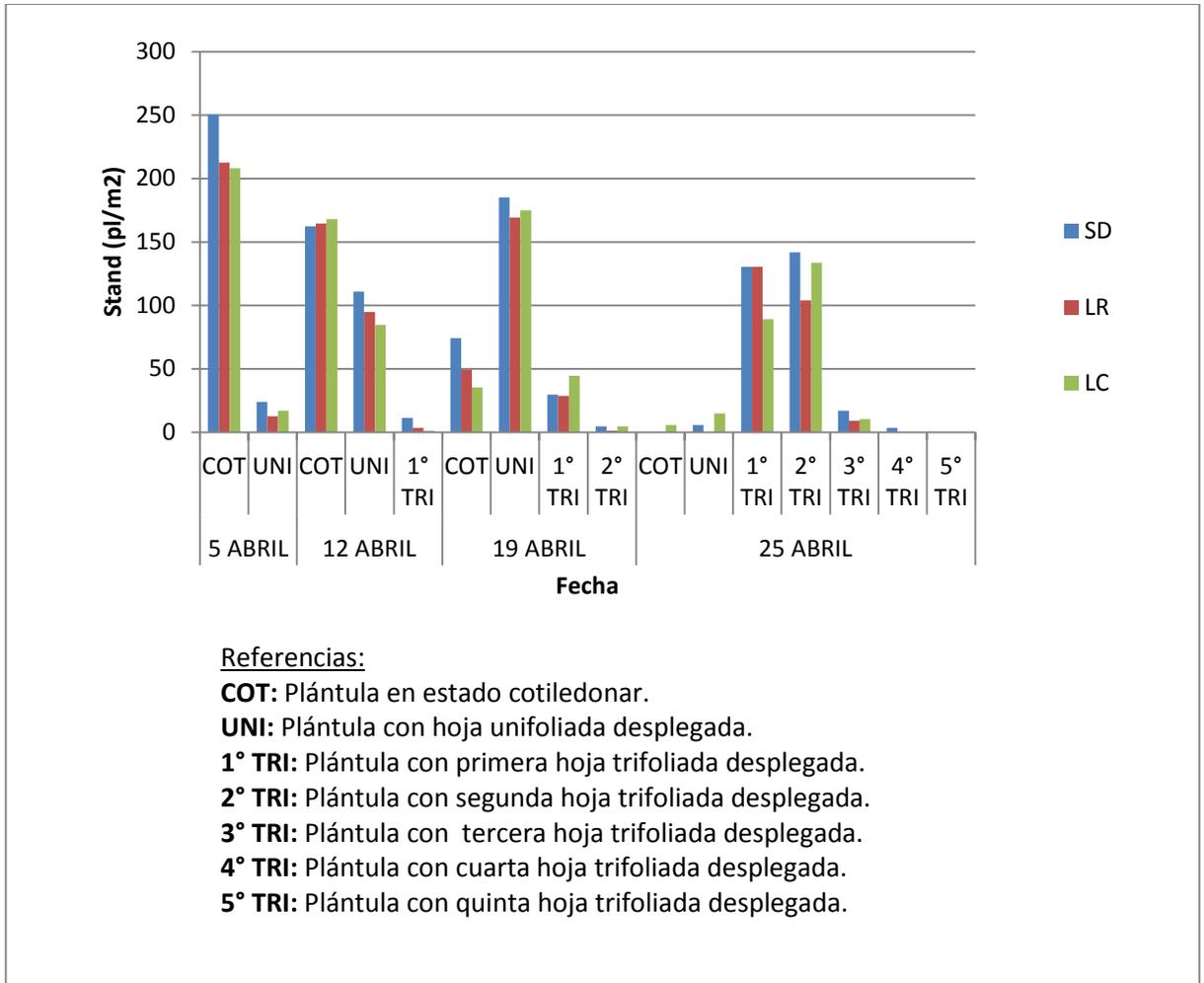


Figura N° 8: Evolución del stand de plantas (pl/m<sup>2</sup>) a los 10, 17, 24 y 30 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

(\*) Indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre labranzas.

(\*\*) Indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre labranzas y entre bloques.

La evolución del estado fenológico de las plantas promedio a lo largo del primer mes de implantación, se presenta en la Figura N° 8.

Los resultados obtenidos en lo que respecta a la evolución del estado fenológico de las plantas no demuestran una tendencia clara ni diferencias notorias entre tratamientos. Se podría destacar un mayor estado de desarrollo inicial a los 30DDS del tratamiento Siembra directa con respecto a los restantes tratamientos, Labranza convencional y Labranza reducida.

Al analizar los resultados del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos a los 45, 60, 90 y 120 DDS, diferencias que desaparecieron en conteos posteriores a los citados. Al final del ciclo de estudio del presente no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en concordancia con lo expresado por Ohanian *et al.*, (2007) quien obtuvo como resultado que el sistema de labranza empleado no influyó sobre el número de plantas logradas después de la siembra de alfalfa. Se puede observar la siguiente tendencia: SD>LC>LR, la cual se mantuvo a lo largo de todo el período de análisis.

Iniciar el cultivo de alfalfa con un stand de plantas de alrededor de 250 plantas/m<sup>2</sup>, en este caso superior a dicho valor, es considerado adecuado para lograr pasturas altamente productivas tal como lo expresa Matera y Romero (2014).

La densidad de siembra inicial fue de 310 semillas viables por metro cuadrado obteniéndose un porcentaje de logro a los 60 días de 97 % SD, 75 % LC y 74 % LR y a los 90 días de 95 % SD, 75 % LC y 72 % LR. Estos valores son superiores al 46.5% en promedio obtenido por Otero *et al.*, (2013) en la cuenca Oeste Bonaerense en donde más de la mitad de las semillas sembradas no llegan a ser plantas de pastura y a los valores de eficiencia de siembra entre 69 % y 63 % al mes de siembra logrados por Hernandez y Lemes (1976) en un ensayo en la región semiárida Pampeana.

Los resultados demuestran que la mayor eficiencia de implantación se logró en el tratamiento con siembra directa en contraposición a lo expresado por Taborda, *et al.*, (2012) quien establece que se logra una baja eficiencia de implantación de alfalfa en siembra directa debido al volumen de rastrojos y la compactación del suelo.

A diferencia de los resultados obtenidos por Romero *et al.*, (2008) que obtuvo en la labranza convencional un menor número de plantas por metro cuadrado con respecto a la siembra directa y luego estas diferencias se fueron reduciendo a medida que pasaban los días desde la siembra, donde a los 66 DDS en la labranza convencional encontró menor número de plantas por metro cuadrado en la labranza convencional con respecto a la siembra directa pero cuya brecha se redujo hasta casi desaparecer a los 316 DDS, en el presente estudio se obtuvo una tendencia contraria, ampliándose la diferencia entre el tratamiento de mejor implantación (SD) y los otros tratamientos (LR y LC) a medida que avanzó el tiempo después de la siembra,

En el tratamiento con siembra directa la densidad lograda fue de 270 pl/m<sup>2</sup>, número considerado como adecuado (mayor a 250 pl/m<sup>2</sup>) para la obtención de una buena producción

según lo expresado por el INTA Diamante (2013). Mientras que en el resto de los tratamientos se lograron densidades menores a dicho valor, que no serían óptimos para la obtención de una producción adecuada de forraje y considerando que la pastura es de ciclo perenne es clave lograr una buena implantación para obtener una adecuada persistencia.

Según datos del INTA General Villegas (2013) con la siembra convencional de alfalfa se logran condiciones que favorecen el desarrollo inicial mientras que en siembra directa se logra menor crecimiento inicial, lo cual difiere de los resultados obtenidos en el presente estudio.

### III.2. Resistencia mecánica del suelo

Para analizar la resistencia mecánica en los diferentes tratamientos se utilizaron los datos brindados por la cátedra de Uso y Manejo de suelos de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Dichos valores fueron recabados el día 26/03/2014.

Los valores de resistencia mecánica (RM) promedios en cada uno de los tratamientos entre los 0 cm y 40 cm de profundidad, se presentan en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9: Resistencia Mecánica (MPa) previo a la siembra de alfalfa, en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Profundidad(cm)	RM (MPa)		
	SD	LR	LC
10	1,89	1,96	1,97
20	3,33	3,45	3,50
30	3,80	3,90	3,98
40	3,93	3,97	4,06

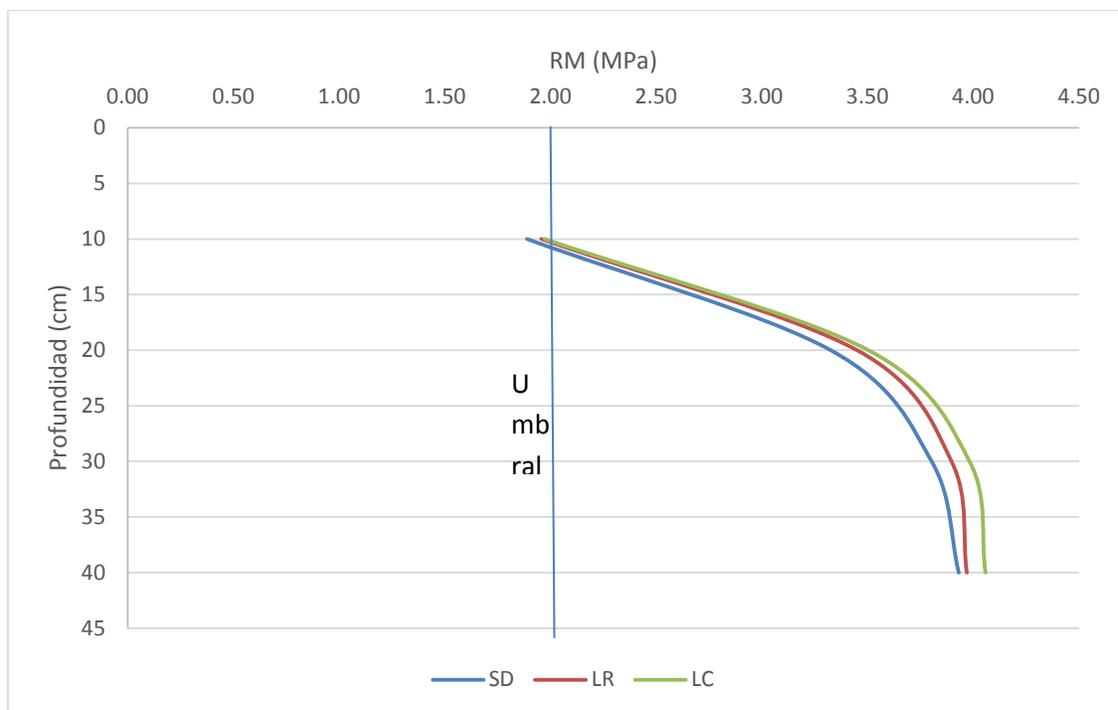


Figura N° 9. Resistencia mecánica del suelo previo a la siembra de alfalfa en cada tratamiento.

Como se puede observar tanto en la Tabla N° 9 como en la Figura N° 9, prácticamente no hubo diferencias notables entre tratamientos en cuanto a valores de resistencia mecánica.

Salvo en superficie hasta los 10 cm de profundidad, que se presentan valores por debajo de 2 MPa (valor umbral que no permite a la planta un adecuado desarrollo radical tal como lo expresa el INTA Gral. Villegas (2012)), a medida que avanzamos en profundidad del perfil todas las mediciones arrojaron valores por encima del valor umbral mencionado anteriormente. Basándonos en este dato se puede decir que las raíces de las plantas de alfalfa se encontraron con condiciones físicas del suelo que no eran ideales para su correcto desarrollo lo cual puede haber influenciado el mismo e impedido que las plantas expresarán su máximo potencial genético.

### III. 3. Relación hoja/tallo

Los valores de relación hoja/tallo promedios a los 225 DDS pertenecientes a cada tratamiento, se presentan en la Tabla N° 10.

Tabla N° 10: Relación hoja/tallo observada a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Labranza	Relación Hoja/tallo
LR	1,13 A
LC	0,88 B
SD	0,83 C
R <sup>2</sup>	0,92
CV (%)	4,41
Valor P	
Labranza	*
Bloque	ns
Labranza*Bloque	*

En columnas, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013). R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación.

\* indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

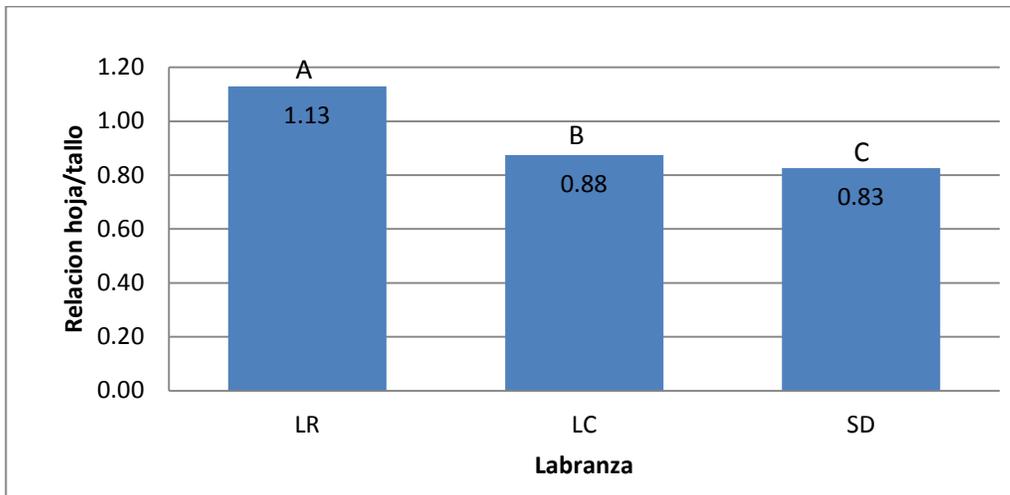


Figura N° 10: Relación hoja/ tallo a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

Al analizar los datos del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos. La labranza reducida presentó la mayor relación hoja/tallo, seguido de la labranza convencional y la menor relación la presentó la alfalfa implantada bajo siembra directa.

### III.4. Relación parte aérea/raíz

Los valores de la relación parte aérea/raíz promedios a los 225 DDS en cada tratamiento, se presentan en la tabla N° 11.

Tabla N° 11: Relación parte aérea/raíz observada a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Labranza	Parte aérea/raíz
LR	2,03 A
LC	1,91 A
SD	1,42 B
R <sup>2</sup>	0,62
CV (%)	24,85
Valor F	
Labranza	*
Bloque	ns
Labranza*Bloque	ns

*En columnas, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013). R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación.*

*\* indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

*ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

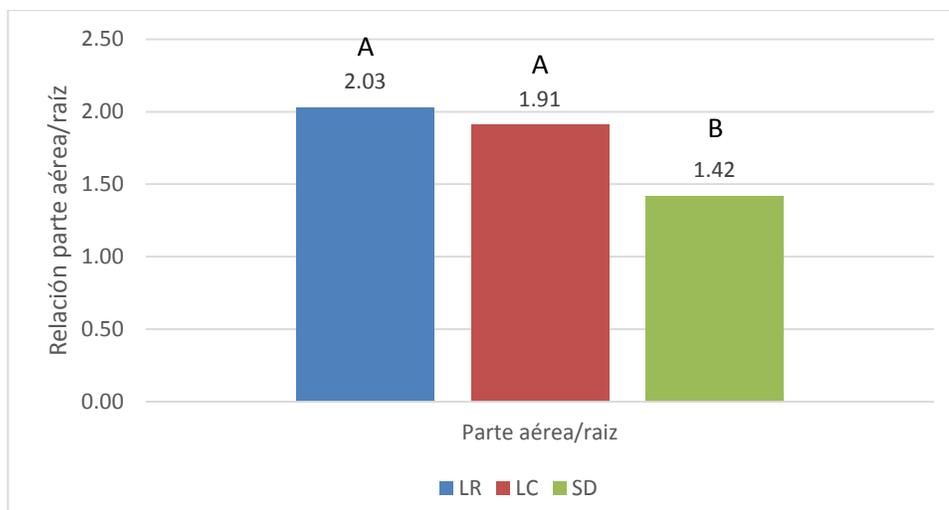


Figura N° 11: Relación parte aérea/ raíz a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

Al analizar los datos del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las labranzas convencional y reducida presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la siembra directa. Entre las dos primeras no se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Las LC y LR presentaron la mayor relación parte aérea/raíz (1,91 y 2,03, respectivamente), mientras que la SD obtuvo un valor inferior de relación parte aérea/raíz (1.42). Los valores obtenidos por la LC y LR son superiores a los encontrados por Romero *et al.*, (2001) quien para el mismo cultivar obtuvo una relación de 1,48. Estos resultados demuestran el mayor desarrollo aéreo en relación al desarrollo radical de la LC y LR (siendo la relación prácticamente 2:1, dos partes de parte aérea por cada parte radical, relación peso seco/peso seco) y en el caso de la SD esa relación es inferior pero superior en parte aérea sobre la radical (relación 1:1,5 aproximadamente).

El valor en la SD difiere mucho del encontrado por Sosa *et al.*, (2001) quien en un estudio en un alfalfar con siembra directa en un Argiudol vértico en Santa Fe obtuvo una relación a los 210 DDS de 2.13.

Dichos valores observados concuerdan con los datos expresados por el INTA Gral. Villegas (2013 a) entidad que asegura que con la siembra convencional se logra menor cobertura, hay mayor temperatura de suelo y disponibilidad de nutrientes, condiciones que

favorecen el desarrollo inicial de las plantas de alfalfa mientras que en la siembra directa debido a la mayor cobertura que presentan el suelo previo a la siembra se logra un menor crecimiento inicial.

### III. 5. Peso de raíces

Los valores de peso de raíces promedios en cada tratamiento, se presentan en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12: Peso de raíces (hasta los 10cm de profundidad) observados a los 30, 60 y 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Rio Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Labranza	Peso raíz (kg/ha)		
	30 DDS	60 DDS	225 DDS
SD	4,80 A	50	2190
LR	2,40 C	33	1854
LC	2,97 B	47	1817
R2	0,81	0,75	0,17
CV (%)	13,61	4,31	25,28
Valor F			
Labranza	*	ns	ns
Bloque	ns	ns	ns
Labranza*Bloque	ns	*	ns

*En columnas, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013). R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación.*

*\* indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

*ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

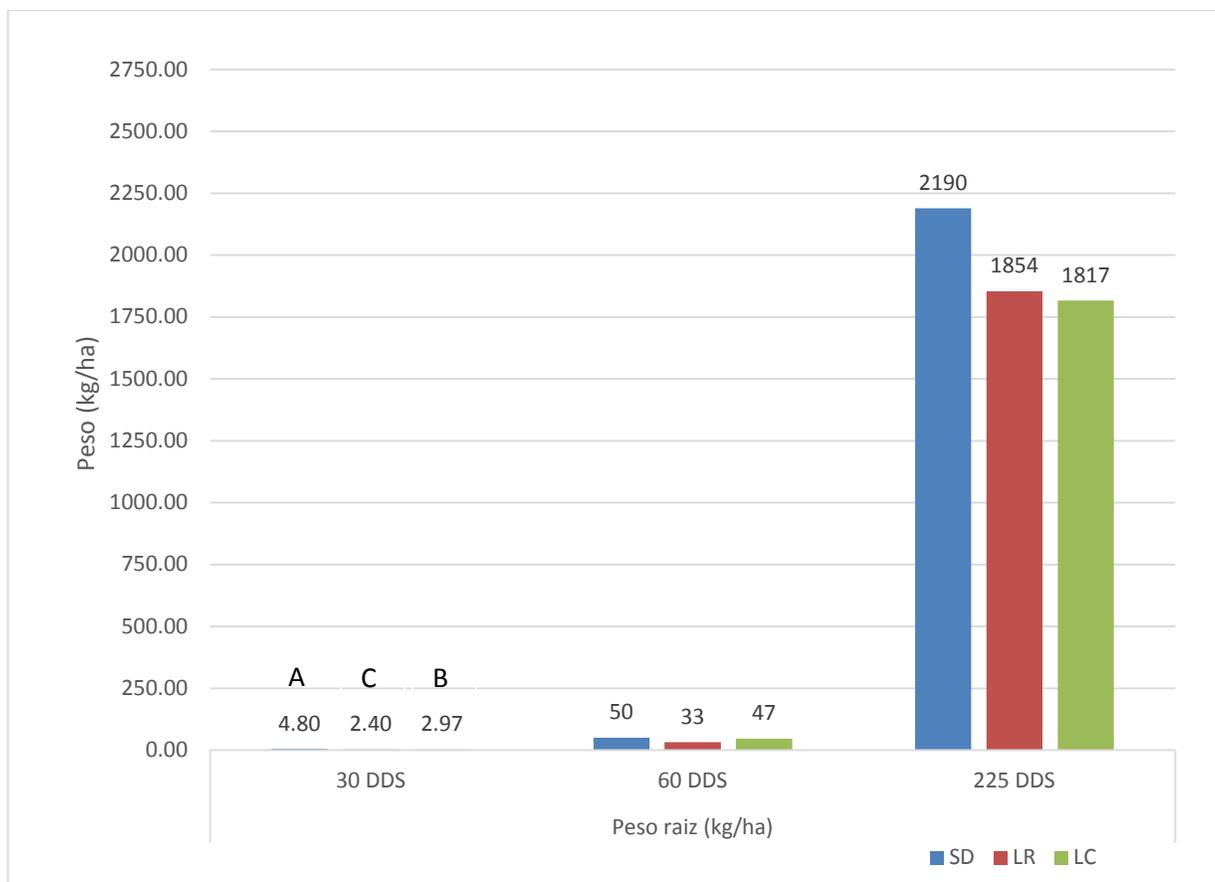


Figura N° 12: Peso de raíces acumulado (kg MS ha<sup>-1</sup>) a los 30, 60 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

Al analizar los datos del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos solo a los 30 DDS. A medida que avanzó el ciclo del cultivo (60 y 225 DDS) estas diferencias desaparecieron.

A los 30 DDS el mayor peso de raíces se obtuvo en la SD seguida por la LC y luego la LR. A los 60 y 225 DDS no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Si bien a partir de los 60 DDS no se hallaron diferencias estadísticamente significativas, se observa que el tratamiento SD obtuvo en los tres momentos analizados el mayor peso de raíces, seguido de la LC (a los 30 y 60 DDS) y por último la LR. La diferencia entre estos últimos dos tratamientos mencionados anteriormente (LR y LC) desapareció en la última fecha de medición de esta variable.

La razón por la cual el mayor peso de raíces se obtuvo en la SD seguida por la LC y la LR puede deberse a la mayor resistencia mecánica (RM) que presentó la SD con respecto a los otros dos tratamientos hasta los 10 cm de profundidad, profundidad hasta la cual se analizaban las raíces, posibilitando esta menor RM un mayor crecimiento radical que arrojó como resultado un mayor peso seco de raíces. Estas diferencias en el peso seco de las raíces solo fueron evidenciadas a los 30 días desde la siembra, desapareciendo en las observaciones posteriores. Esto puede ser debido a que las plantas al crecer puedan vencer las mayores RM ofrecidas y por lo tanto no arrojar diferencias entre tratamientos.

### III. 6. Producción de biomasa aérea

Los valores de materia seca producida a los 120 DDS y 225 DDS promedios en cada tratamiento, se presentan en la Tabla N° 13.

Tabla N° 13: Valores observados de biomasa aérea acumulada (kg MS ha<sup>-1</sup>) a los 120 y 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

		Biomasa (kgMS/ha)	
Labranza		120 DDS	225 DDS
	SD	956	1514
	LR	1044	2097
	LC	1026	2216
	R <sup>2</sup>	0,13	0,52
	CV (%)	16,03	18,95
Valor P	Labranza	ns	ns
	Bloque	ns	ns
	Labranza*Bloque	ns	ns

*R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación. Ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*



Figura N° 13: Biomasa aérea acumulada (kg MS ha<sup>-1</sup>) a los 120 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

Al analizar los datos del ANOVA no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, en ninguno de los dos momentos en que se determinó la producción de biomasa aérea. Esto concuerda con lo expresado por Romero *et al.*, (2008) quien no encontró diferencias en la producción de materia seca/ha entre labranza convencional y siembra directa. Sin embargo se contradice con lo expuesto en el programa alfalfa fácil de FORRATEC (2008) en donde se establece que al lograr un mayor stand de plantas inicial mayor será la producción al primer corte; en este caso esto no fue así ya que el mayor stand de plantas a los 225 DDS se logró en la SD y el menor en la LR obteniéndose la misma producción de biomasa en esta fecha para los tres tratamientos analizados.

El valor de biomasa obtenido a los 120 DDS en la labranza convencional es superior al obtenido por Mattera *et al.*, (2009) a los 140 DDS 800 KgMs/ha, bajo el mismo sistema de labranza, igual distancia entre hileras, mismo cultivar con la diferencia que fue llevado a cabo en Rafaela.

El valor de biomasa a los 225 DDS obtenidos en SD difieren considerablemente a los valores obtenidos en el primer corte de primavera en el año de implantación por Spada y Mombelli (2001) en la localidad de Manfredi en el cultivar Victoria SP INTA (2761 KgMS/ha) y al de Montesano (2001) para el mismo cultivar y en la misma zona agroecológica del presente, en un ensayo bajo un sistema de labranza mínima llevado a cabo en la localidad de Rodeo Viejo,

departamento Río Cuarto, quien al primer corte en noviembre logro una producción de 2880 KgMS/ha. La producción obtenida bajo SD difiere aún más de la producción obtenida por Sosa *et al.*, (2001) que en un estudio en un alfalar implantado con SD en un Argiudol vértico en Santa Fe obtuvo a los 210 DDS una producción de 4.24 gMS/m<sup>2</sup>.

### III.7. Eficiencia en el uso del agua (EUA)

Los valores de eficiencia en el uso del agua a los 225 DDS promedios en cada tratamiento, se presentan en la Tabla N° 14.

Tabla N° 14: Valores observados de eficiencia en el uso del agua (kg MS mm<sup>-1</sup>) a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento, durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

		EUA (kg MS/mm)
		225 DDS
	SD	8,61 C
	LR	12,98 B
	LC	16,45 A
	R <sup>2</sup>	0,67
	CV (%)	18,84
Valor p	Labranza	*
	Bloque	ns
	Labranza*Bloque	ns

*En columnas, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013). R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación.*

*\* indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

*ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

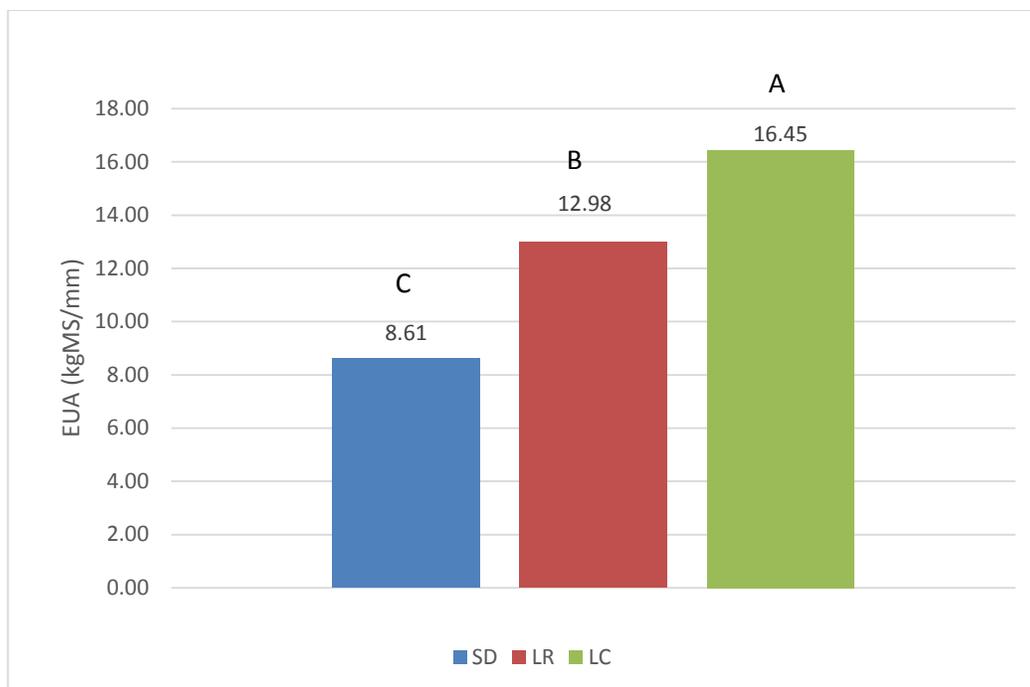


Figura N° 14: Eficiencia en el uso del agua ( $\text{kg MS mm}^{-1}$ ) a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA) según tratamiento.

Al analizar los datos del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La tendencia de eficiencia en el uso del agua que se observó es la siguiente:  $\text{LC} > \text{LR} > \text{SD}$ .

Valores muy superiores a los obtenidos en la eficiencia en el uso del agua en labranza convencional (que obtuvo la mayor EUA en este ensayo:  $16,45 \text{ kgMS ha}^{-1}$  por mm) fueron presentados por Di Nucci de Bedendo *et al.*, (2009) quien en un ensayo realizado para medir la evolución de la eficiencia en el uso del agua comprobó que la misma presenta variaciones a lo largo del año obteniendo en primavera una EUA de  $25,4 \text{ KgMS ha}^{-1}$  por mm.

Por otra parte Romero *et al.*, (1995) expresó que la eficiencia en el uso del agua se ve incrementada por mejores condiciones nutricionales, es así que para el tratamiento Labranza Convencional, que supone una mayor mineralización de nutrientes, se obtuvo una mayor EUA.

## CONCLUSIONES

- A pesar de los diferentes sistemas de labranza aplicados en años anteriores a la siembra, se encontraron diferencias estadísticas significativas solo en algunas fechas durante la germinación, emergencia e implantación del cultivo de alfalfa entre los diversos tratamientos, pero estas diferencias desaparecieron al finalizar el ciclo de estudio considerado en el presente (primer corte de primavera).
- Las diferentes condiciones del suelo producto de los diferentes sistemas de labranza aplicados en años anteriores a la siembra no influyeron en la producción de materia seca al primer corte de primavera ya que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en la producción de biomasa.
- Sería importante realizar en algún año posterior en donde si se puedan llevar a cabo las diferentes labranzas el análisis de las mismas variables presentadas en dicho estudio con el objeto de observar si en dicha oportunidad existen mayores diferencias entre tratamientos o los datos obtenidos son similares a los expuestos aquí.
- La labranza reducida favorece el desarrollo durante el primer año de las plantas de alfalfa, siendo en la misma donde mayor relación hoja/tallo y parte aérea/raíz se obtuvo, presentando diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos.
- Valores de resistencia mecánica por debajo de 2 MPa permiten un mayor desarrollo radicular que si se supera dicha umbral.
- El tratamiento que provenía con años anteriores con labranza convencional fue 91% y 27% más eficiente en el uso del agua respecto al que provenía con siembra directa y labranza reducida respectivamente.

## BIBLIOGRAFIA

- BALZARINI, M.; A. DI RIENZO; F. CAZANOVES; L. GONZÁLEZ; M. TABLADA; W. GUZMÁN; ; W. ROBLEDO: InfoStat software estadístico InfoStat versión estudiantil 2013, Manual de usuario, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2013.
- BASIGALUP, D. H. 2007. En: *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Ed. INTA. Cap.1. p: 15.
- BECERRA, V. 1999. Plan Director. ADESUR (Asociación Interinstitucional para el Desarrollo del Sur de Córdoba). Edición: Depto. Prensa y Publicaciones. Universidad Nacional de Rio Cuarto. 51-68p.
- BECKER, A. 2001. Evaluación del proceso de degradación de suelos por erosión hídrica en una subcuenca representativa de la región pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba, Argentina. Informe Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Rio Cuarto. 30 págs.
- BORG, H. y D. W. GRIMES. 1986. *Depth development of roots with time: an empirical description*. Trans. ASAE 29: 194-196p.
- BRAY, R. H. y KURTZ, L. T. 1945. *Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil*. Soil Sci. 59: 39-45p.
- BRICCHI, E. 1996. Relaciones entre la compactación, morfología y propiedades físicas en un Hapludol típico de Rio Cuarto, Tesis de Magister Scientiae en Ciencias del Suelo. Escuela para graduados de la Facultad de Agronomía de la U.B.A. Buenos Aires, Argentina.
- CANTERO, A.; BRICCHI, E.; BECERRA, V.; CISNEROS, J. y GIL, H. 1984. Zonificación y descripción de las tierras del Depto. Rio Cuarto, Talleres Gráficos de la UNRC, Adhesión del Bicentenario de la Fundación de la ciudad de Rio Cuarto.
- CANTERO, J. J.; CISNEROS, J. M. y GIL, H. 1998. La región centro-sur de la provincia de Córdoba: características Físicas y socio-productivas. En **XXII Congreso Argentino de Producción Animal**, Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. Acta de conferencias. p: 1-15.
- CANTÚ, M. P. 1992. Holoceno de la Prov. De Córdoba. Manual: Holoceno de la República Argentina. Tomo I. Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur. 24 págs. Ed. Martín Iriondo. Paraná, Argentina.
- CANTÚ, M. P. 1998. Estudio geocientífico para la evaluación ambiental y la ordenación territorial de una cuenca pedemontana. Caso: Cuenca del Arroyo La Colacha, Dpto. Rio Cuarto, provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Rio Cuarto, Rio Cuarto, Argentina. 376pp. Inédito.
- CISNEROS, J. M.; CHOLAKY, C.; BRICCHI, E.; GIAYETTO, O. y CANTERO, J. J. 1996. Evaluación del efecto del uso agrícola sobre las propiedades físicas de un Haplustol típico del

centro de Córdoba. XV Congreso de la ciencia del suelo: 23-24p. Sta Rosa, La Pampa, Argentina.

COLLINO, D.; DARDANELLI, J. y DE LUCA, M. 2007. En: *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Ed. INTA. Cap.3. p: 52, 55.

DEGIOANNI, A. J. 1998. Organización Territorial de la Producción Agraria en la Región de Río Cuarto. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. España. 380 pág.

DI NUCCI de BEDENDO, E.; VALENTINUZ O.; FIRPO M. V. y MARTINEZ, M. del H. 2009. En: *Análisis del crecimiento de alfalfa en condiciones potenciales*. Ed. INTA. 1p.

ESPOSITO, G. P. 2002. *Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranza en cultivo de maíz*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 133 p.

FAGIOLI, M. 1974. Estudio de la morfología y fisiología de los sistemas radicales de distintos cultivares de alfalfa, en diversos suelos, con la finalidad de evaluar rendimiento y persistencia del cultivo. **Informe plan de trabajo N° 41**. INTA – E.E.A Anguil (Arg). p: 21-25.

FORRATEC, 2008. Manual técnico FORRATEC Numero 2: PROGRAMA +ALFALFA +FACIL. En: <http://www.forrateg.com.ar/manuales/pdfs/8-20131202204503-pdfEs.pdf>. Consultado: 20-03-2015.

FORSYTHE, W. 1980. Física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Cap. 3. p:17-27.

HERNÁNDEZ, O. A. y LEMES, J. L. 1989. Efecto de la densidad de siembra y el control de malezas en alfalfa sobre el rendimiento de forraje, la densidad de plantas, el diámetro d la raíz principal y el peso de las plantas. *Revista Argentina de Producción Animal* 9: 169-180.

INTA Diamante, 2013. Implantación de pasturas base alfalfa. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. En: <http://inta.gob.ar/documentos/implantacion-de-pasturas-base-alfalfa>. Consultado: 20-03-2015.

INTA Gral. Villegas, 2012. Fertilización de pasturas de alfalfa en producción. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. En: <http://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-de-pasturas-de-alfalfa-en-produccion-1>. Consultado: 20-03-2015.

INTA General Villegas, 2013.a. 10 puntos para implantar alfalfa. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. En: <http://inta.gob.ar/documentos/10-puntos-para-implantar-alfalfa/>. Consultado: 17-11-2013.

INTA General Villegas, 2013.b. Un día para la alfalfa. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. En: <http://inta.gob.ar/noticias/llego-el-dia-de-la-alfalfa/>. Consultado: 20-03-2015.

INTA Rio Cuarto, 2008. Fertilización de pasturas de alfalfa con fósforo. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. En: [http://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-de-pasturas-de-alfalfa-con-fosforo/at\\_multi\\_download/file/inta\\_fert\\_alf\\_P\\_rioiv08.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-de-pasturas-de-alfalfa-con-fosforo/at_multi_download/file/inta_fert_alf_P_rioiv08.pdf). Consultado: 12-06-2014.

ISTA, 2010. International rules for seed testing. *The International Seed Testing Association*. Bassersdorf, Suiza.

ITRIA, C. 1962. Implantación y manejo de la alfalfa en las zonas semiárida y subhúmeda de la región Pampeana. **Boletín de divulgación técnica N° 2**. INTA – E.E.A. Anguil (Argentina). p: 14.

JUNG, G. A. y K. L. LARSON. 1972. Cold drought and heat tolerance. En: *Hanson C.H. (ed), Alfalfa Science and Technology*. ASA, Madison, WI. USA. Serie N° 15.

MATTERA, J., ROMERO, L. A., CUATRIN, A. y GRIMOLDI, A. A. 2009. Efecto de la distancia de siembra sobre la producción de biomasa y la persistencia de un cultivo de alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 29 Supl. 2: 131-140.

MATERA, J. y ROMERO, L. 2014. En: *Pasturas de alfalfa: Claves para una buena implantación*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Rafaela, Santa Fe. p: 1-5.

MONTESANO, A. 2001. En: *Ensayo de sistemas de siembra y fertilización en alfalfa y gramíneas*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Rio Cuarto Córdoba, Argentina. p: 1-5.

MORENO, I.; CHOLAKY, C.; LESSER, M. y MARCOS, J. 1996. Efecto de la labranza sobre el contenido de carbon orgánico y su implicancia en la estabilidad estructural. XV Congreso de la ciencia del suelo. Sta Rosa, La Pampa, Argentina.

MURATA, Y., J. IYAMA y T. HOMA. 1965. *Studies on the photosynthesis of forage crops*. Proc. Science Society of Japan 34(2): 154-158p.

OHANIAN, A., PEREYRA, T., SAROFF, C., GONZALEZ, S. y PAGLIARICCI, H. 2007. Producción primaria de una pradera polifítica implantada con tres sistemas de labranza y defoliada con 2 intensidades. *Revista UNRC vol. 27 (1 y 2)*. 35-44. ISSN: 0325-9587.

OTERO, A., DEMATEIS LLERA, F., BILOTTA, A. y MAEKAWA, M. 2013. En: *Medición de logro de implantación en lotes de alfalfa de tambos de la cuenca oeste bonaerense*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, General Villegas, Buenos Aires. p: 103-106.

PAGE, A. L. 1982. En: *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Soil Science of America.

- ROMERO, N. A., C. BARIGGI y G. SCHENKEL. 1977. *Exploración de deficiencias nutritivas para la alfalfa en suelos pampeanos mediante ensayos de campo*. INTA- E.E.A. Anguil (Argentina). Proyecto FAO – INTA Argentina 75/006. Documento de trabajo N° 3. 76p.
- ROMERO, N. A. y N. N. JUAN. 1986. Efecto de la fecha de siembra y sistema de pastoreo del cultivo acompañante sobre la producción y persistencia de la alfalfa. **Bol. de Divulgación. Técnica N° 38**. INTA-E.E.A. Anguil (Argentina). p: 12.
- ROMERO, L.A., BRUNO, O.A., FOSSATI, J.L., QUAINO, O.R. 1991. Densidad de siembra de alfalfa cultivar CUF 101; número de plantas y producción. *Revista Argentina de Producción Animal* 11. 411-417.
- ROMERO, NESTOR A., JUAN, NESTOR A. y ROMERO, LUIS A. 1995. En: *La alfalfa en la Argentina*. Ed. INTA C. R. Cuyo. Cap. 2. p: 23, 25, 31.
- ROMERO, L. A., ARONNA, M. S. y CUATRIN, A. 2001. Producción estacional de forraje y relación hoja-tallo de alfalfa multifoliada. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 22 Supl. 1: 134-135.
- ROMERO, L.A., MATTERA, J., CUATRIN, A. 2006. Efecto de la distancia y la densidad de siembra sobre la producción de materia seca y la persistencia de la alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal* 26. 171-172.
- ROMERO, L.A., MATTERA, J. y CUATRIN, A. 2008. Efecto del tipo de siembra sobre la producción y el número de plantas en pasturas de alfalfa en el año de implantación. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 28 Supl. 1: 505-506.
- ROSSANIGO, R. O., M. del C. SPADA y O. A. BRUNO. 1995. Evaluación de cultivares de alfalfa y panorama varietal en la Argentina. En: *E. H. Hijano y A. Navarro (eds). La Alfalfa en la argentina*. INTA. Capítulo 4. Enc. Agro de Cuyo, manuales N° 11. Editar, San Juan, Argentina. p. 63-78.
- SMITH, D. 1964. *Winter injury and the survival of forage plants*. *Herb. Abstr.* 34:203-209p.
- SOSA, O., ZERPA, G. y MARTIN, B. 2001. Efecto del escarificado y la fertilización en un alfalfar implantado en siembra directa. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 22 Supl. 1: 122-123.
- SPADA, M.DEL C. y MOMBELLI, J. C. 2001. Distribución estacional de la producción de cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 22 Supl. 1: 106-107.
- TABORDA, L., OYHAMBURU, M., GOMEZ, W., FIORENTINO, G. y LISSARRAGUE, M. 2012. Eficiencia de implantación en dos cultivares de “alfalfa” en siembra directa. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 32 Supl. 1: 274.

TOWNSED, C. F. y W. J. MC GUINNIES. 1972. Temperature requirements for seed germination of several forage legumes. **Agron. Journal** **64**. p: 809-812.