



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Proyecto de Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo

Modalidad: Proyecto

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

Galetto, Luis M.
DNI N° 36.447.354

Director: Ohanian, Alfredo
DNI N° 14.475.987

Co-director: González, Sergio
DNI N° 12.467.992

Río Cuarto - Córdoba
Abril 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

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

Autor: Galetto, Luis Martin

DNI: 36.447.354

Director: Ohanian, Alfredo

Co-Director: González, Sergio

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del

Jurado Evaluador:

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo como el desarrollo de un trabajo final de grado, me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del mismo, ya que no solo requiere de estudio y esfuerzo propio sino de muchos aspectos para poder llevarse a cabo entre los que se destaca el apoyo de las personas que nos rodean.

Al docente Ohanian Alfredo, director de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma.

A mis padres por su apoyo incondicional en todo momento y por brindarme la oportunidad de estudiar y enseñarme a no bajar los brazos.

A los amigos y amigas de toda la vida y los que me dio la universidad por cada momento vivido tanto dentro y fuera de la universidad, por su apoyo y ayuda a lo largo de todo este proceso.

A todas las personas que forman parte de mi vida y han contribuido a formarme académicamente y como persona.

A la Universidad Nacional de Rio Cuarto por darme la oportunidad de formarme como profesional y como persona.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RESUMEN..... | 11 |
| SUMMARY..... | 12 |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 13 |
| I.1. Presentación, importancia del trabajo y antecedentes..... | 13 |
| I.2. Hipótesis..... | 19 |
| I.3. Objetivos..... | 19 |
| I.3.1. Generales..... | 19 |
| I.3.2. Específicos..... | 19 |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 20 |
| II.1. Caracterización del área de estudio..... | 20 |
| II.2. Caracterización de la oferta climática..... | 21 |
| II.2.1. Temperatura..... | 21 |
| II.2.2. Precipitaciones..... | 22 |
| II.3. Descripción del suelo bajo estudio..... | 23 |
| II.3.1. Descripción del perfil del suelo..... | 23 |
| II.3.2. Descripción estructural del perfil..... | 23 |
| II.4. Descripción del ensayo experimental..... | 24 |
| II.5. Descripción de las determinaciones realizadas..... | 27 |
| II.5.1. Nutrientes del suelo..... | 27 |
| II.5.2. Stand de plantas y su evolución..... | 27 |
| II.5.3. Relación hoja/tallo, parte aérea/raíz y peso de raíces hasta los 10 cm de profundidad..... | 28 |
| II.5.4. Materia seca..... | 28 |
| II.5.5. Eficiencia en el uso del agua..... | 28 |
| III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 32 |
| III.1. Nutrientes de suelo..... | 32 |
| III.2. Stand de plantas y su evolución..... | 35 |
| III.3. Resistencia mecánica del suelo..... | 40 |
| III.4. Relación hoja/tallo..... | 41 |
| III.5. Relación parte aérea/raíz..... | 44 |
| III.6. Peso de raíces..... | 45 |
| III.7. Producción de biomasa..... | 47 |
| III.8. Eficiencia en el uso del agua (EUA)..... | 50 |
| CONCLUSIONES..... | 52 |

| | |
|-------------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 53 |
| ANEXO..... | 57 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabla N° 1. Características del perfil de suelo (Hapludol típico)..... | 23 |
| Tabla N° 2. 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..... | 24 |
| Tabla N° 3. Valores de Curva Número (CN)..... | 31 |
| Tabla N° 4. Valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra en cada tratamiento. Año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 32 |
| Tabla N° 5. 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. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 33 |
| Tabla N° 6. 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. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 34 |
| Tabla N° 7. Stand de plantas observado a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 36 |
| Tabla N° 8. Resistencia Mecánica (MPa) previo a la siembra de alfalfa, en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 40 |
| Tabla N° 9. Relación hoja/tallo observada a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.... | 42 |
| Tabla N° 10. Valores de hoja y tallo (gr/0,25m ²) a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 42 |
| Tabla N° 11. Relación parte aérea/raíz observada a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 44 |
| Tabla N° 12. Valores medios de peso de raíz (kg MS/ha) a los 30 DDS, 60 DDS y 225 DDS, para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 46 |
| Tabla N° 13. Valores observados de biomasa acumulada (kg MS ha ⁻¹) a los 120 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 48 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla N° 14. Valores observados de eficiencia en el uso del agua (kg MS mm^{-1}) a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 50 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura N° 1. Registro de las temperaturas máximas, medias y mínimas medias mensuales del año 2014 y normales (serie 1993-2014) en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 21 |
| Figura N° 2. Precipitaciones normales mensuales y del año 2014 (mm), para La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba. | 22 |
| Figura N° 3. Plano del ensayo..... | 27 |
| Figura N° 4. Valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra en cada tratamiento. Año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 32 |
| Figura N° 5. 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. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 33 |
| Figura N° 6. 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. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 35 |
| Figura N° 7. Stand de plantas (pl/m ²) a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 38 |
| Figura N° 8. Estadio fenológico de plantas (pl/m ²) a los 10, 17, 24 y 30 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 39 |
| Figura N° 9. Resistencia mecánica del suelo previo a la siembra de alfalfa en cada tratamiento. La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 41 |
| Figura N° 10. Relación hoja/ tallo a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 43 |
| Figura N° 11. Relación parte aérea/ raíz a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.... | 45 |
| Figura N° 12. Peso de raíces acumulado (Kg MS ha ⁻¹) a los 30 DDS, 60 DDS y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Córdoba..... | 47 |
| Figura N° 13. Biomasa acumulada (kg MS ha ⁻¹) a los 120 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... | 49 |

Figura N° 14. Eficiencia en el uso del agua (kg MS mm^{-1}) a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba..... 51

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | Página |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Imagen N° 1. Sembradora Bertini de 25 surcos..... | 25 |
| Imagen N° 2. Planta de alfalfa (Victoria SP INTA) desplegando la hoja unifoliada a los 60 días después de la siembra..... | 37 |

RESUMEN

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

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la principal especie forrajera del país, su difusión 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. Es fundamental lograr una buena implantación y establecimiento, por tratarse de una especie perenne, para asegurar así mayor longevidad y producción en el tiempo. El presente estudio tuvo como objetivo determinar si implementando diferentes sistemas de labranzas previos a la siembra los resultados obtenidos en cada variable de análisis se modifican. El ensayo se llevó a cabo en el campo de Docencia y Experimentación “Pozo del Carril”, perteneciente a la Universidad Nacional de Rio Cuarto (UNRC). El diseño experimental utilizado fue bloques completos aleatorizados, con 2 repeticiones, teniendo como variable: Labranza Convencional, Siembra Directa y Labranza Reducida. En cada tratamiento se evaluó la implantación, la resistencia mecánica del suelo, la relación hoja/tallo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la relación parte aérea/raíz, el peso de raíces en los primeros 10 cm de suelo, la eficiencia del uso del agua y la producción aérea de materia seca. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y las medias comparadas por la prueba de Duncan. Los resultados permitieron llegar a las siguientes conclusiones: (a) no existen diferencias estadísticas significativas en la germinación, emergencia e implantación del cultivo, (b) ni en la producción de materia seca al primer corte de primavera entre los diferentes tratamientos. (c) La Labranza Convencional es más eficiente en el uso del agua respecto a la Labranza Reducida y Siembra Directa. (d) Valores de resistencia mecánica por debajo de 2 MPa permiten un mayor desarrollo radicular que si se supera dicho umbral. (e) La Labranza Convencional favorece el desarrollo inicial de plantas de alfalfa.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., labranzas, germinación, emergencia e implantación.

SUMMARY

EVALUATION OF AN “ALFALFA” (*Medicago sativa L.*) AUTUMN PLANTING UNDER DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

The alfalfa planting (*Medicago sativa L.*) is the main forage species of the country, its expansion is based on its high yields of dry matter (DM) per unit area, its excellent forage quality and its great capacity to adapt to different weather conditions. It is fundamental to achieve an appropriate plantation and settlement since it is a perennial species. It is performed to guarantee a longer longevity and production over time. This research aimed at determining whether there is a variation in the obtained results when applying different tillage systems prior to the sowing process. The test was carried out in the “Docencia y Experimentación “Pozo del Carril” (Teaching and Experimentation “Pozo del Carril”) countryside, which belongs to the Universidad Nacional de Rio Cuarto –UNRC- (National University of Rio Cuarto). The experimental and chosen designs were two repetitions of randomized complete blocks which had as variables: Conventional Tillage, Direct Seeding and Reduced Tillage. In each treatment, it was analyzed the plantation, the mechanic strength of the soil, the relationship between the leaf and the stem, the availability of the soil nutrients, the relationship between the aerial part of the crop and the root, the root weight in the first 10 centimeters of the soil, the efficacy of water usage and the production of dry matter. The obtained results were analyzed by using ANOVA and the compared average given by the Duncan test. The results allowed the researchers to come to the following conclusions: (a) there is no significant statistical difference among the germination, emergence and crop establishment. (b) There is no difference in the production of dry matter at the moment of spring among the different treatments tested. (c) Conventional Tillage is more efficient in the usage of water than Reduced Tillage and Direct Seeding. (d) Values of mechanic strength under 2 MPa allow higher root development than if it is over 2MPa. (e) Conventional Tillage favor the initial development of alfalfa plants.

Key words: *Medicago sativa L.*, tillage, germination, emergence and plantation.

I. INTRODUCCIÓN

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 P, y en menor medida S). 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 P que superen las 20-25 ppm en el suelo; los contenidos mínimos de S-SO⁴ 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 genera una menor cobertura superficial con rastros del suelo lo que provoca, una mayor temperatura en el mismo y disponibilidad de nutrientes, por los incrementos en la tasa de mineralización, condiciones que favorecen el desarrollo inicial de las plántulas, 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, 2013a).

Superada la implantación, etapa en la cual la humedad es fundamental, la alfalfa está 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 producido por 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 resultado es lograr entre 150-250 plantas/m² 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 persistencia (INTA General Villegas, 2013a).

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⁻¹ hasta 20 kg ha⁻¹ 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⁻², observándose en la mayoría de los lotes recuentos entre 100 pl m⁻² y 200 pl m⁻² (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 logran entre 120-150 plantas/m² a los 45 días después de la siembra y no se hallan 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/m² (Romero *et al.*, 2006). Si bien la densidad de siembra

puede tener incidencia sobre el número de plantas instaladas, existen compensaciones entre el tamaño y número de plantas que determinan que las diferencias en el rendimiento de forraje sean de menor magnitud. 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 no significan siempre incrementos significantes en la producción de materia seca, por lo que hay que analizar si se justifica un aumento en el costo de la semilla. Es así que basándose en este análisis se concluye que, en la región central de Santa Fe iniciar con un stand de plantas de alrededor de 250 plantas/m² 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 (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 /m²) puede significar 5 veces más producción que una pastura mal implantada (50 plantas/ m²) (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 °C a 35 °C (Townsed y Mc Guinnies, 1972), ubicándose el óptimo entre 19 °C 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. La disponibilidad de agua es el principal factor limitante para la producción de forraje en secano (Collino *et al.*, 2007). En un cultivo perenne como la alfalfa, el agua almacenada en el suelo sólo 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 kg MS ha⁻¹ 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 kg MS ha⁻¹ por mm en los tratamientos testigo y de 14 kg MS ha⁻¹ por mm 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 factores 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 períodos de estrés hídrico. Las producciones máximas de forraje varían según la localidad, siendo por ejemplo de 31 tn MS ha⁻¹ año⁻¹ en Rafaela y de 20 tn MS ha⁻¹ año⁻¹ 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 el número de plantas logradas/ m², 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 Río 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 sí 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 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, $8,2 \pm 2,6$ b, $8 \pm 2,5$ b %, 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/m² de peso seco aéreo, 2,10 gramos/m² peso seco de la raíz y un stand de plantas de 62,5 plantas/m², en el tratamiento no fertilizado; y un valor de 4,24 gramos/m² de peso seco aéreo, 1,99 gramos/m² peso seco de la raíz y un stand de plantas de 75 plantas/m², en el tratamiento fertilizado. Las diferencias encontradas se debieron a un efecto de la fertilización ya que el sistema de siembra utilizado fue el mismo (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 (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/m² y a los 300 DDS de 220 pl/m². 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 el cultivo de alfalfa brinda a los sistemas productivos, 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 diferencias 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 con 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 disponibilidad de Fósforo en el suelo.
5. Determinar la relación parte aérea/raíz.
6. Determinar el peso de raíces en los primeros 10 cm de suelo.
7. Determinar la eficiencia del uso del agua.
8. Determinar la producción de materia seca.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

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 km². 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, 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 invernal (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. Caracterización de la oferta climática

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 éstos 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.

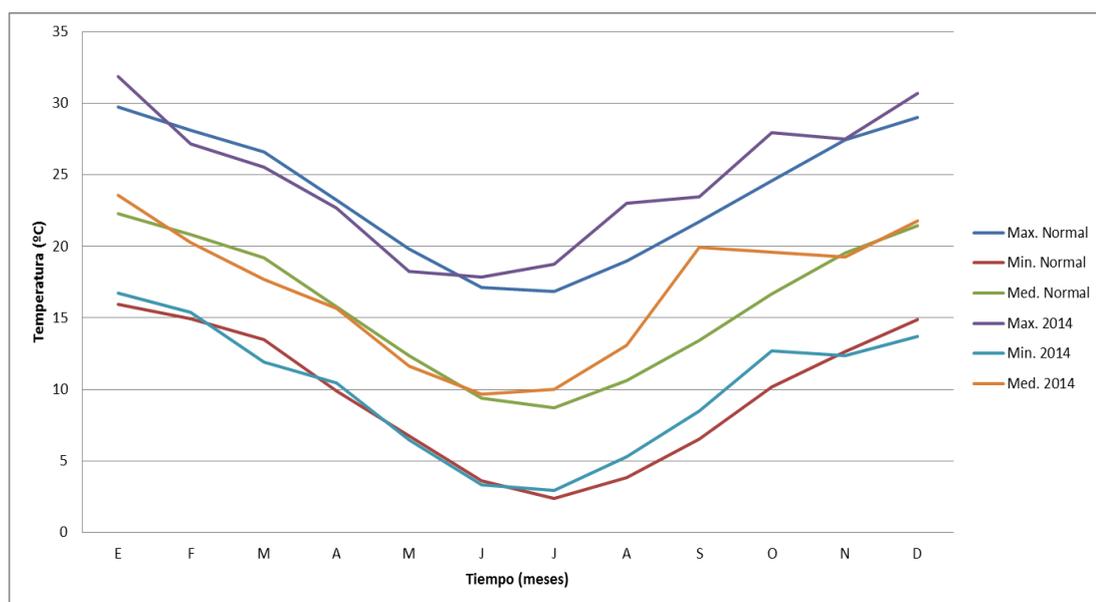


Figura N° 1. Registro de las temperaturas máximas, medias y mínimas medias mensuales del año 2014 y normales (serie 1993-2014) en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. De Córdoba.

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.

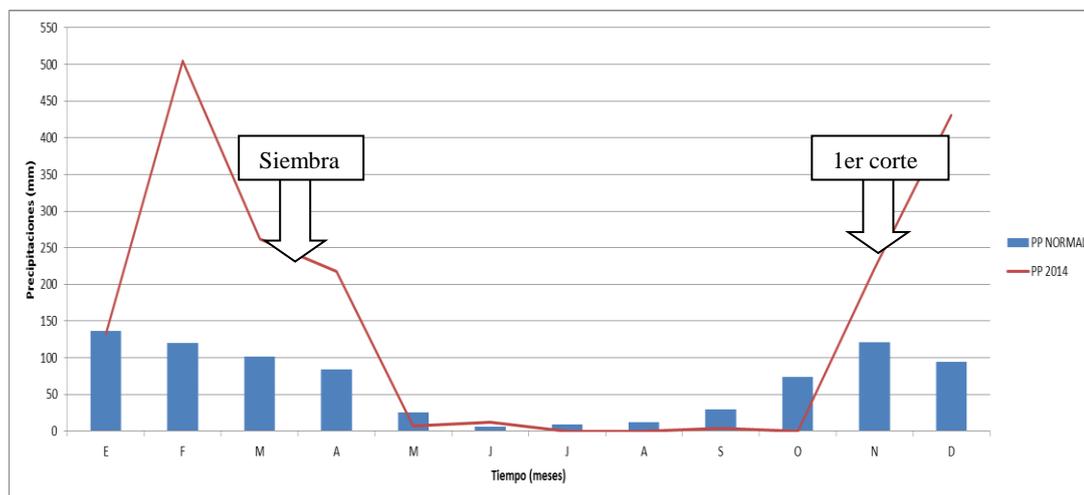


Figura N° 2. Precipitaciones normales mensuales y del año 2014 (mm), en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. De Córdoba.

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 normales (total anual de 815 mm y 1795 mm para las precipitaciones normales y del año 2014, respectivamente).

Durante el período 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 μ (%) | 15 | 12 | 8 | 6 | 6 |
| Limo 2-5 μ (%) | 40,5 | 37 | 40 | 37 | 35 |
| Arena 50-100 μ (%) | 45 | 51 | 50 | 55 | 58 |
| pH | 6,8 | 7 | 7,1 | 7,2 | 7,5 |

Fuente: Espósito, 2002.

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, 2002.

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 (Cincel-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 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.

El valor promedio de energía germinativa (EG) y poder germinativo (PG) obtenido, se presenta en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Valor 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 |
| PROMEDIO | 60 | 86 |

Como se observa en la Tabla N° 2, 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 con anterioridad a la siembra que no permitieron realizar las labores previas requeridas por los tratamientos de Labranza Convencional y Labranza Reducida.



Imagen N° 1: Sembradora Bertini de 25 surcos.

Se reguló la sembradora haciéndola recorrer 30 metros, habiendo llenado previamente los cajones de semillas y fertilizante. Se desconectaron 4 mangueras de semillas y 3 de fertilizante 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 fertilizante y 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 y 100 kg de fertilizante.

Se sembró por hectárea 16 kg de semillas de *Medicago sativa* 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/m².

A su vez se colocaron 100 kg de fertilizante/ha (superfosfato simple (SSP)), cuya composición es:

Fósforo asimilable (P) ----- 9 %
Azufre total (S) ----- 11 %
Calcio total (Ca) ----- 17 %

El diseño experimental consistió en parcelas dispuestas en bloques completos aleatorizados, contando con 2 repeticiones (Figura N° 3). El tamaño de las parcelas fue 61,26 m de ancho por 410 m de largo.

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 Levenne. Para que el cumplimiento de supuestos se diera en todos los análisis estadísticos realizados se llevaron a cabo transformaciones en los datos entre ellas Ln y Raíz para la variable stand de plantas a los 90 DDS y a los 120 DDS, respectivamente.

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.

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

μ = Media poblacional de la variable

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

β_j = Efecto debido al bloque j.

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

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

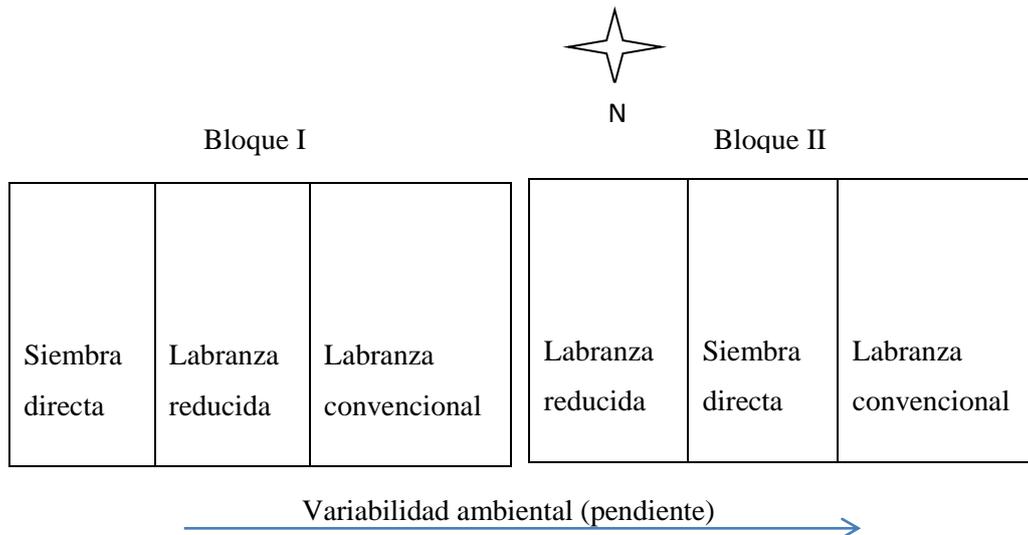


Figura N° 3. Plano del ensayo

II.5. Descripción de las determinaciones realizadas

II.5.1. Nutrientes del suelo

Mediante un análisis de suelo se determinó la disponibilidad de Fósforo (Bray y Kurtz, 1945). En cada tratamiento y repetición se tomaron muestras de suelo con un barreno a 2 profundidades (0-10 cm y 10-20 cm), obteniéndose 16 muestras compuestas formadas por 4 submuestras de igual volumen cada una en 2 momentos del ciclo de la pastura (siembra: 26-03-2014 y primer corte: 8-11-2014).

II.5.2. Stand de plantas y su evolución

En cada parcela se delimitaron 5 transectas distribuídas 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 DDS, respectivamente, siempre en las mismas estaciones de muestreo.

II.5.3. 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.5.4. Materia seca

Para la obtención de la producción de materia seca al primer corte en cada sistema de labranza se procedió a la extracción de 5 muestras de 0,25 m² en cada tratamiento y repetición. En cada una de ellas se cortó la parte aérea al ras (incluyendo aquí las coronas de las plantas) 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.5.5. Eficiencia en el uso del agua

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:

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

Donde:

HG: humedad gravimétrica (%).

PEA: peso específico aparente (g/cm³).

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 fórmula, siendo los mismos el escurrimiento, agua del perfil al final del periodo considerado y el drenaje.

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

Donde:

P: precipitaciones (mm).

Hi: humedad inicial (mm).

Hf: 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).

Ia: 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 Ia (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 Ia (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° 3: Valores de Curva Número (CN) utilizados para el cálculo de escurrimiento en cada labranza.

| Labranza | Curva Número |
|----------|--------------|
| SD | 86 |
| LR | 89 |
| LC | 93 |

Fuente: Espósito, 2002.

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 fórmula:

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

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.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. Nutrientes de suelo

Los valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra, en cada tratamiento, se observan en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4. Valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra en cada tratamiento. Año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| Profundidad(cm) | P (ppm) | | |
|-----------------|---------|----|----|
| | SD | LR | LC |
| 10 | 35 | 18 | 25 |
| 20 | 9 | 7 | 15 |

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

La representación gráfica de los valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra, en cada tratamiento, se observan en la Figura N° 4.

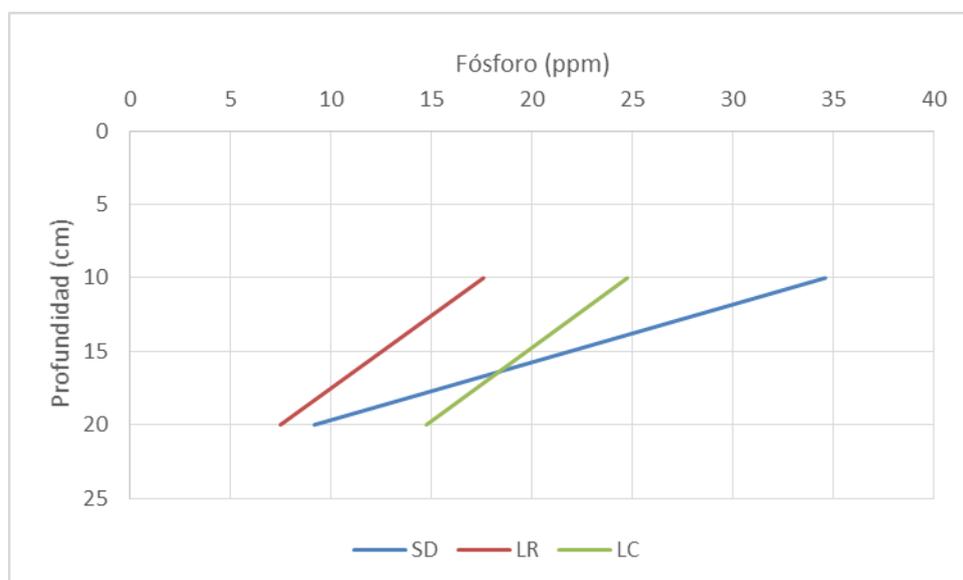


Figura N°4. Valores medios de Fósforo (P) previo a la siembra en cada tratamiento. Año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

En todos los tratamientos el contenido de Fósforo disminuyó a medida que se avanzaba en profundidad. Aquel tratamiento que en un principio tuvo mayor contenido de ppm P fue el que logró el establecimiento más exitoso a lo largo del presente estudio.

Durante la siembra todos los tratamientos se fertilizaron con 100 kg de superfosfato simple/ha, siendo ésta la única fertilización que se realizó a lo largo de todo 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° 5.

Tabla N° 5: valores medios de Fósforo (P) a los 225 días después de siembra de alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| Profundidad(cm) | P (ppm) | | |
|-----------------|---------|----|----|
| | SD | LR | LC |
| 10 | 32 | 38 | 27 |
| 20 | 22 | 17 | 14 |

La representación gráfica de los valores medios de Fósforo (P) a los 225 días después de la siembra, en cada tratamiento, se observan en la Figura N° 5.

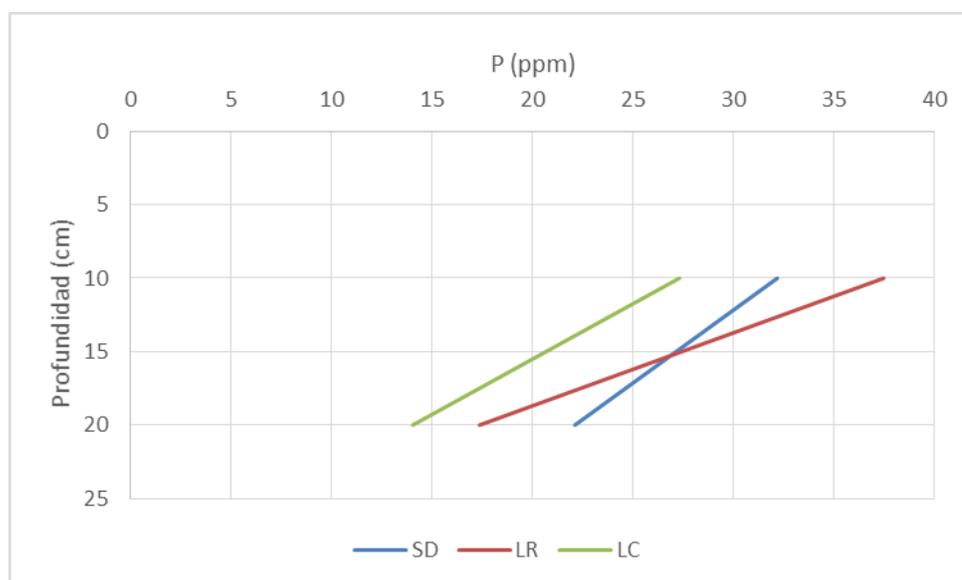


Figura N° 5. Valores medios de Fósforo a los 225 días después de la siembra de alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Como se aprecia en la Figura N° 5, el tratamiento con Labranza Reducida fue el que mayor ppm de Fósforo presentó, seguido por Siembra Directa y en última instancia Labranza Convencional en los primeros 10 centímetros de profundidad.

En todos los tratamientos el contenido de Fósforo disminuyó a medida que se avanzaba en profundidad. Entre los 10 y 20 cm de profundidad los mayores contenidos del nutriente se encontraron en la Siembra Directa, seguida por Labranza Reducida y Labranza Convencional.

El tratamiento que al momento del primer corte de primavera (225 DDS) presentó mayor contenido de Fósforo, en este caso Labranza Reducida, fue el que mostró el mayor crecimiento radical.

Los valores medios de Fósforo (P) a los 365 DDS, en cada tratamiento, se observan en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6: valores medios de Fósforo (P) a los 365 días después de siembra de alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2015 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| Profundidad(cm) | P (ppm) | | |
|-----------------|---------|----|----|
| | SD | LR | LC |
| 10 | 17 | 26 | 15 |
| 20 | 11 | 12 | 7 |

Como se puede apreciar en la Tabla N° 6 comparando entre los 225 DDS y 365 DDS, los contenidos de Fósforo disminuyeron en todos los tratamientos y en ambas profundidades analizadas.

La representación gráfica de los valores medios de Fósforo (P) a los 365 días después de la siembra, en cada tratamiento, se observan en la Figura N° 6.

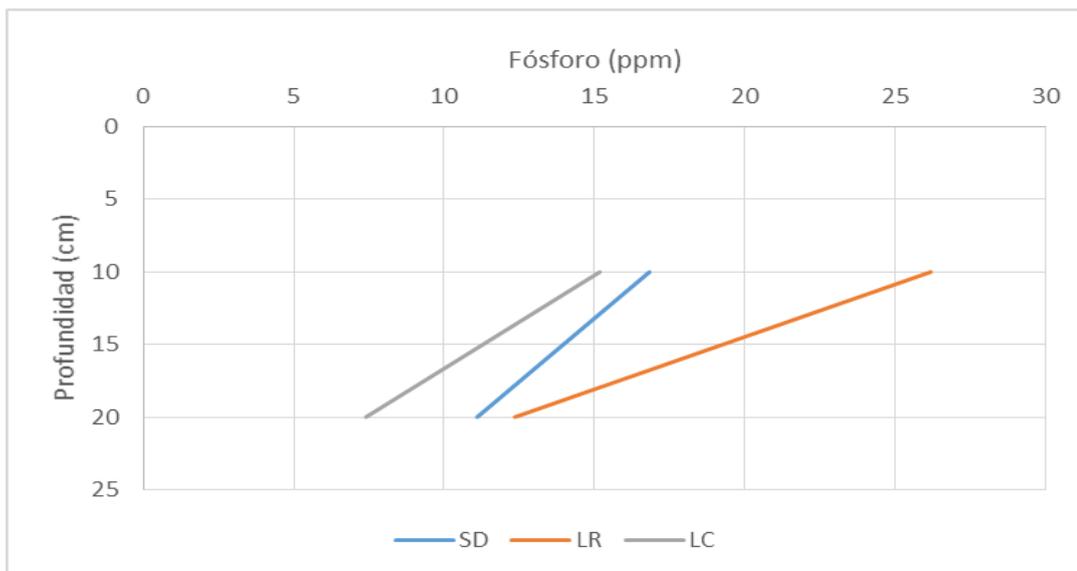


Figura N° 6. Valores medios de Fósforo a los 365 días después de la siembra de alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2015 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

En la Figura N° 6 se puede observar la disminución en el contenido de Fósforo del suelo con respecto a las mediciones anteriores, siendo la misma más marcada en los tratamientos de Siembra Directa y Labranza Convencional.

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 éste 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.

III.2. 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. Stand de plantas observado a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| Labranza | Stand (pl/m ²) | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10DDS | 17DDS | 24DDS | 30DDS | 45DDS | 60DDS | 90DDS | 120DDS | 150DDS | 180DDS | 210DDS | 225DDS |
| SD | 257 | 282 | 310 | 309 | 309 | 290 | 280 | 273 | 270 | 270 | 265 | 264 |
| LR | 229 | 238 | | 245 | 237 | 225 | 221 | 210 | 203 | 203 | 196 | 191 |
| LC | 218 | 254 | 258 | 247 | 247 | 238 | 231 | 219 | 213 | 213 | 207 | 204 |
| R ² | 0,42 | 0,32 | 0,25 | 0,42 | 0,43 | 0,36 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,31 | 0,33 | 0,36 |
| CV(%) | 22 | 21,32 | 21,56 | 18,39 | 20,14 | 20,99 | 4,19 | 11,48 | 23,97 | 23,97 | 24,49 | 23,84 |
| Valor p | Labranza | ns | ns | ns | ns | ns |
| | Bloque | ns | ns | ns | ns | ns |
| | Labranza*Bloque | ns | ns | ns | ns | ns |

R^2 , coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación en porcentaje. ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013).

Se puede observar en la Tabla N° 7, cómo desde el momento de la siembra aumenta el número de plantas hasta 24 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 mismas recubiertas por una capa de carbonato de calcio y polímeros específicos de dispersión acuosa, se observa un 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, éstas no sean perjudicadas y se encuentren viables aún varias semanas después de la siembra.

Un claro ejemplo de esto se observa en la imagen N° 2 en donde incluso a los 60 DDS se ve una planta de alfalfa desplegando su hoja unifoliada.



Imagen N° 2: Planta de alfalfa (Victoria SP INTA) desplegando la hoja unifoliada a los 60 días después de la siembra.

Al analizar los datos del ANOVA, no se encontraron 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.

Si bien en la Labranza Convencional se encontró menor número de plantas por metro cuadrado con respecto a la Siembra Directa estas diferencias, sin ser significativas, se fueron reduciendo a medida que pasaban los días desde la siembra similar a lo obtenido por Romero *et al.* (2008) en 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 tratamiento con Siembra Directa la densidad lograda fue de 264 pl/m², número considerado como adecuado (mayor a 250 pl/m²) 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.

Iniciar con un stand de plantas de alrededor de 250 plantas/m², 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 93 % SD, 77 % LC y 72 % LR y a los 90 días de 90 % SD, 74 % LC y 71 % 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 (1989) 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 contra oposición 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.

La representación gráfica de la tendencia del stand de plantas promedio en los diferentes tratamientos hasta los 225 DDS, se observa en la Figura N° 7.

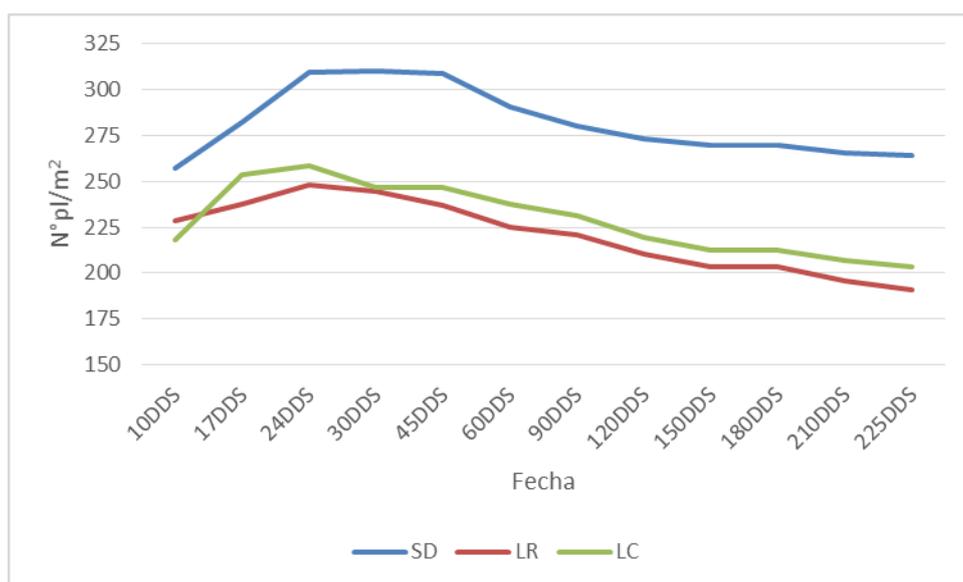


Figura N° 7. Stand de plantas (pl/m²) a los 10, 17, 24, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

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

Referencias:

COT: Plántula en estado cotiledonar.

UNI: Plántula con hoja unifoliada desplegada.

1° TRI: Plántula con primera hoja trifoliada desplegada.

2° TRI: Plántula con segunda hoja trifoliada desplegada.

3° TRI: Plántula con tercera hoja trifoliada desplegada.

4° TRI: Plántula con cuarta hoja trifoliada desplegada.

5° TRI: Plántula con quinta hoja trifoliada desplegada

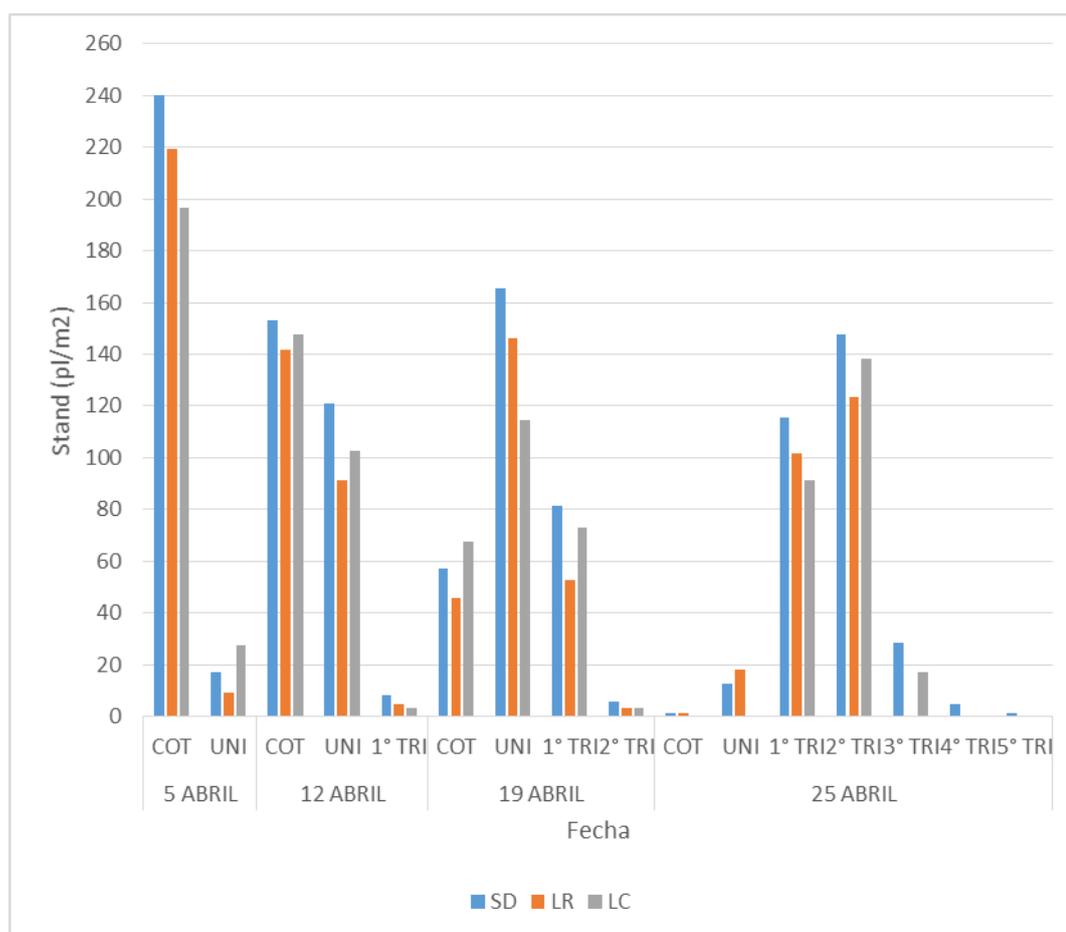


Figura N° 8. Estadio fenológico de plantas (pl/m²) a los 10, 17, 24 y 30 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Se puede observar a lo largo del primer mes de implantación que el tratamiento de Siembra Directa siempre presentó un estado fenológico de desarrollo mayor al resto de los tratamientos (Labranza Reducida y Labranza Convencional). Sin embargo a medida que transcurría el tiempo la brecha entre los diferentes tratamientos iba disminuyendo principalmente entre Siembra Directa y Labranza Convencional.

A los 10 DDS en todos los tratamientos se observaron plántulas en estado cotiledonar (SD>LR>LC) y algunas con hoja unifoliada desplegada (LC>SD>LR). A partir de los 17 DDS ya empezaron a notarse las primeras plántulas en estado de primer hoja trifoliada. A los 19 DDS algunas plántulas ya poseían 2 hojas trifoliadas. A los 30 DDS el único tratamiento que logro alcanzar 4^{ta} y 5^{ta} hoja trifoliada fueron las de Siembra Directa.

Según datos del INTA General Villegas (2013a) 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.3. 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 1/12/2014.

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° 8.

Tabla N° 8: 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 | 2.04 | 1.89 | 2.15 |
| 20 | 3.96 | 3.86 | 3.93 |
| 30 | 4.78 | 4.88 | 4.34 |
| 40 | 4.74 | 5.20 | 4.19 |

A nivel superficial (primeros 10 cm) la labranza que mayor resistencia mecánica presentó fue la LC seguida por la SD y en último lugar la LR.

La representación gráfica de los valores de resistencia mecánica (MPa) del suelo previo a la siembra se presenta en la Figura N° 9.

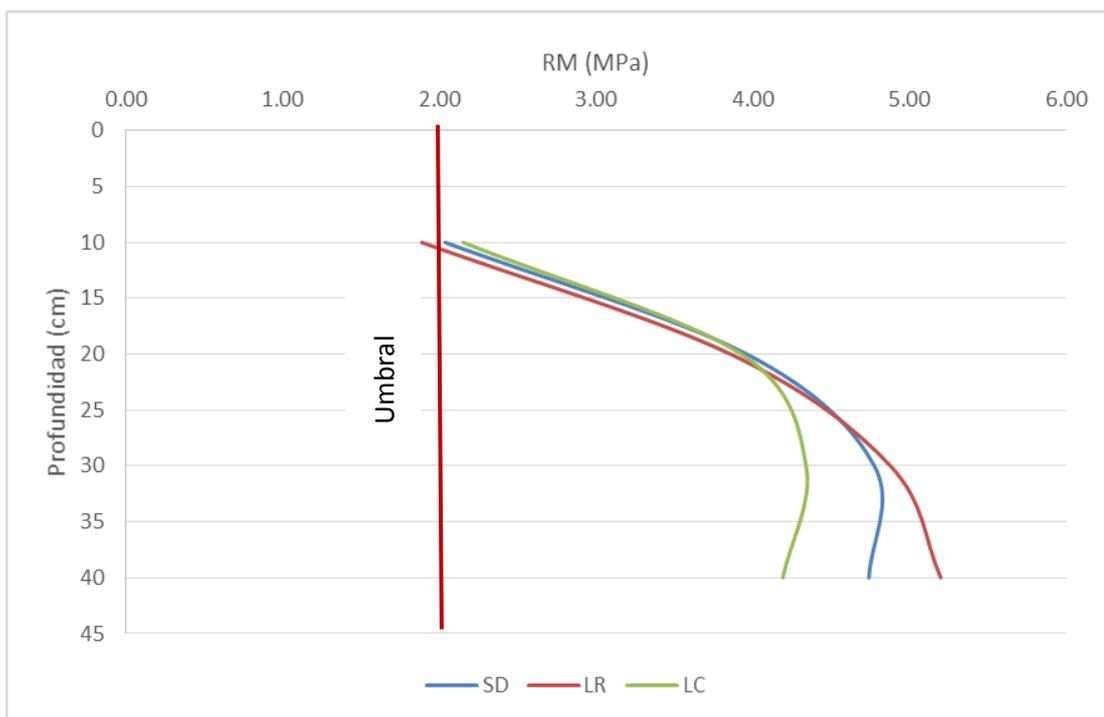


Figura N° 9. Resistencia mecánica del suelo previo a la siembra de alfalfa en cada tratamiento. La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Hasta los 20 cm de profundidad se puede observar en la Figura N° 9 que prácticamente entre tratamientos no hubo diferencias notables en cuanto a valores de resistencia, recién a partir de dicha profundidad se empezó a hacer más clara una tendencia de resistencia mecánica de $LR > SD > LC$.

Todos los valores hallados entre las profundidades de 15 cm y 40 cm superan los 2 MPa valor umbral que no permite a la planta un adecuado desarrollo radicular tal como lo expresa el INTA Gral. Villegas (2012). Razón por la cual, las raíces de las plantas de alfalfa encontraron condiciones físicas de suelo que no eran ideales para su correcto desarrollo, lo cual influyó el mismo e impidió al cultivo expresar su máximo potencial genético.

III.4. Relación hoja/tallo

Los valores de relación hoja/tallo promedios a los 225 DDS pertenecientes a cada tratamiento, se presentan en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9. Relación hoja/tallo observada a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| | | Relación hoja/tallo |
|----------------|-----------------|---------------------|
| Labranza | | 225DDS |
| | LC | 0,84 A |
| | LR | 0,78 B |
| | SD | 0,77 B |
| R ² | | 0,42 |
| CV (%) | | 5,11 |
| 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). R², coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación en %.

* indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

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

Los valores de tallo y hoja a partir de los cuales se calculó la relación hoja/tallo se presentan a continuación:

Tabla N° 10. Valores de hoja y tallo (gr/0,25m²) a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| LABRANZA | Hoja (gr/0,25m ²) | | | Tallo (gr/0,25m ²) | | |
|----------|-------------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|
| | SD | LR | LC | SD | LR | LC |
| BLOQUE 1 | 31.4 | 40.7 | 32.6 | 38.2 | 52.3 | 39.1 |
| | 29.6 | 29.1 | 49.7 | 36.2 | 38.1 | 59.8 |
| | 35.7 | 50.0 | 41.2 | 46.3 | 63.7 | 46.9 |
| | 21.2 | 28.8 | 33.7 | 30.6 | 41.3 | 39.2 |
| | 24.4 | 39.5 | 32.0 | 33.3 | 47.3 | 39.8 |
| BLOQUE 2 | 31.2 | 39.2 | 33.1 | 39.3 | 53.4 | 39.3 |
| | 24.1 | 43.3 | 49.2 | 32.7 | 55.0 | 57.9 |
| | 26.0 | 47.8 | 39.1 | 34.1 | 57.7 | 48.5 |
| | 27.2 | 50.0 | 43.5 | 37.3 | 63.7 | 50.5 |
| | 25.9 | 48.1 | 45.1 | 31.7 | 58.9 | 56.3 |
| PROMEDIO | 27.7 | 41.7 | 39.9 | 36.0 | 53.2 | 47.7 |

Al analizar los datos del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La Labranza Convencional presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a la Labranza Reducida y a la Siembra Directa. Entre estas últimas dos no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

La representación gráfica de relación hoja/tallo observada a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), en cada tratamiento, se presenta en la Figura N° 10.

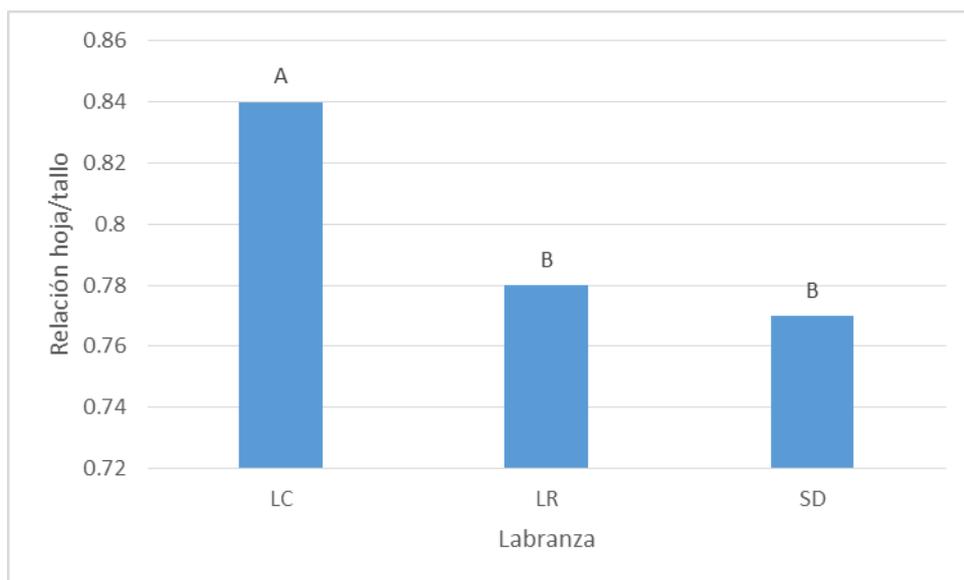


Figura N° 10. Relación hoja/ tallo a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Tal como se observa en la Figura N° 10 el tratamiento perteneciente a LC presentó la mayor relación hoja/tallo (0,84) seguida por la LR (0,78) y en último lugar la SD (0,77). Esto se explica por un mayor peso promedio de las hojas en LC (39,9 gr/0,25m²) con respecto a SD (27,7 gr/0,25m²) pero menor que LR (41,7 gr/0,25m²) y por un peso promedio de tallos en LC (47,7 gr/0,25m²) intermedio entre SD (36 gr/0,25m²) y LR (53.2 gr/0,25m²). Dichos valores obtenidos concuerdan con los datos expresados por el INTA Gral. Villegas (2013a) 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 los suelos previo a la siembra se logra un menor crecimiento inicial.

III.5. 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), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| | | Parte aérea/raíz |
|----------------|-----------------|------------------|
| Labranza | | 225DDS |
| | LC | 2,00 A |
| | SD | 1,65 B |
| | LR | 1,65 B |
| R ² | | 0,29 |
| CV (%) | | 15,93 |
| 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). R², coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación en porcentaje.

** indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.*

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

Al analizar los datos del ANOVA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La Labranza Convencional presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a la Labranza Reducida y a la Siembra Directa. Entre estas últimas dos, no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

La representación gráfica de los valores de relación parte aérea/raíz observada a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), en todos los tratamientos, se presenta en la Figura N° 11.

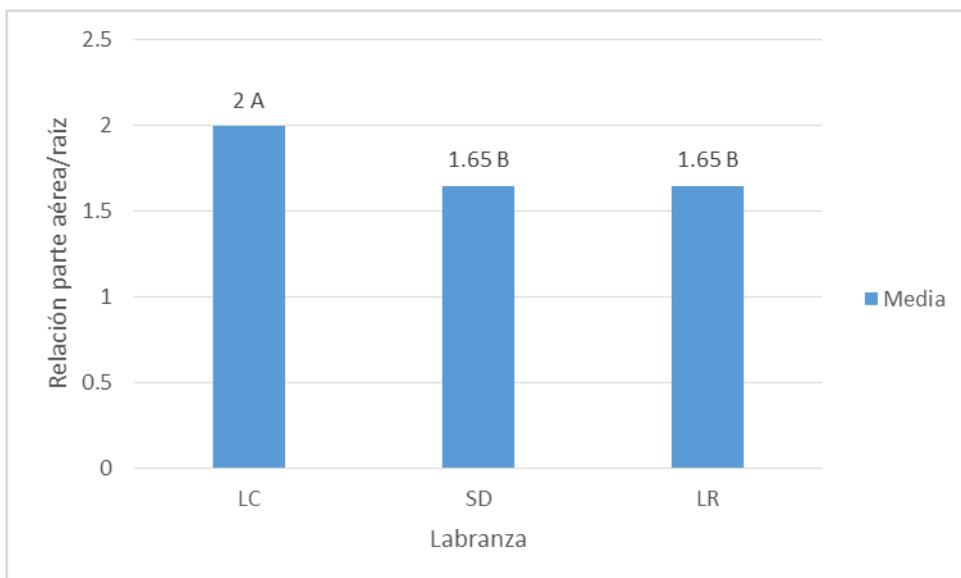


Figura N° 11. Relación parte aérea/ raíz a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Tal como se observa en la Figura N° 11, la LC presentó la mayor relación parte aérea/raíz (2,00) seguida por la LR y SD cuyos valores de relación parte aérea/raíz fueron iguales (1,65). Dichos valores son superiores a los encontrados por Romero *et al* (2001) quien para el mismo cultivar obtuvo una relación de 1,48.

El valor en la SD difiere mucho del encontrado por Sosa *et al* (2001) quien en un estudio en un alfalar con siembra directa en un Argiudol vértico en Santa Fe obtuvo una relación a los 210 DDS de 2,13 en el tratamiento fertilizado.

Dichos valores obtenidos concuerdan con los datos expresados por el INTA Gral. Villegas (2013a) 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 los suelos previo a la siembra, se logra un menor crecimiento inicial.

III.6. Peso de raíces

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

Tabla N° 12. Valores medios de peso de raíz (kg MS/ha) a los 30 DDS, 60 DDS y 225 DDS, para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| Labranza | | Peso de raíz (kg MS/ha) | | |
|----------|-----------------|-------------------------|--------|---------|
| | | 30 DDS | 60 DDS | 225 DDS |
| | SD | 5,03 | 78 | 2365 |
| | LR | 3,66 | 52 | 2664 |
| | LC | 5,26 | 44 | 2480 |
| | R2 | 0,74 | 0,81 | 0,11 |
| | CV (%) | 18,78 | 23,46 | 25,75 |
| Valor p | Labranza | ns | ns | ns |
| | Bloque | ns | ns | ns |
| | Labranza*Bloque | * | * | ns |

R^2 , coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación en%.

* indica diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013).

ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013).

Al analizar los datos del ANOVA no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

La representación gráfica del peso de raíces acumulado (kg MS ha⁻¹) a los 30 DDS, 60 DDS y 225 DDS para alfalfa, en todos los tratamientos, se presenta en la Figura N° 12.

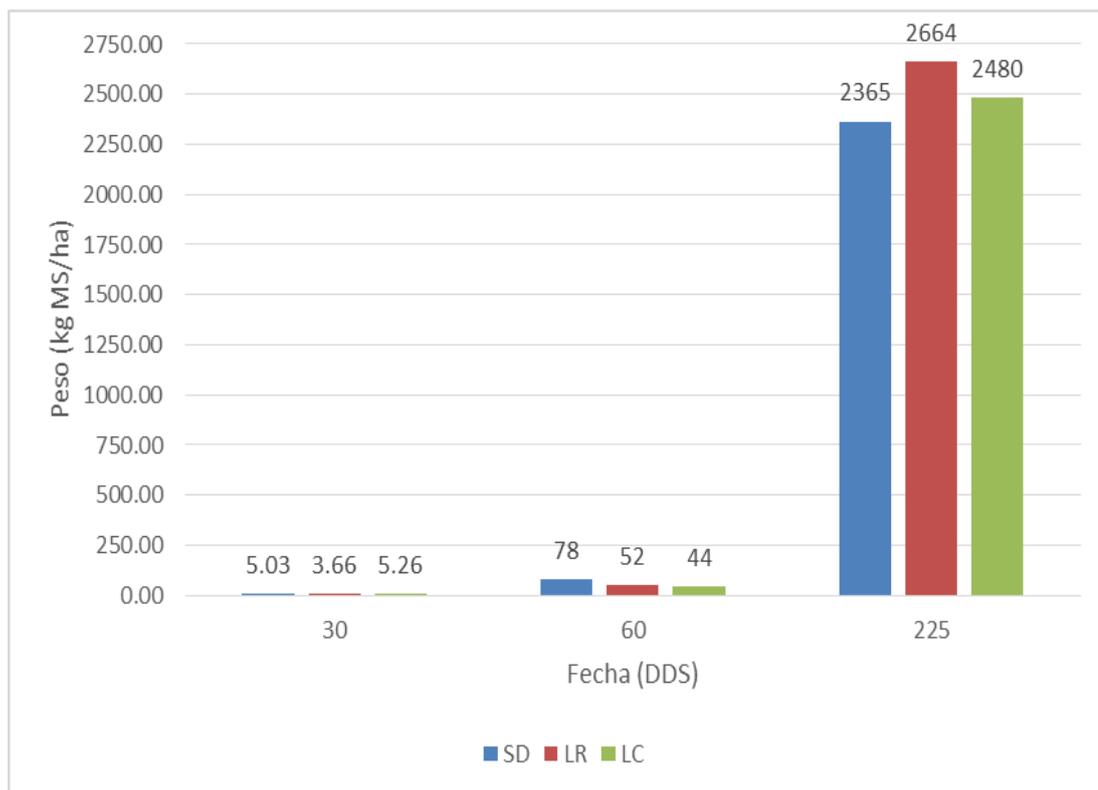


Figura N° 12. Peso de raíces acumulado (kg MS ha^{-1}) a los 30 DDS, 60 DDS y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

A los 30 DDS el mayor peso de raíces se obtuvo en la LC seguida por la SD y luego la LR. A los 60 DDS el mayor peso de raíces se encontró en la SD, seguida por la LR y luego la LC. Finalmente a los 225 DDS el mayor peso de raíces se obtuvo en la LR, seguida por la LC y luego la SD.

La razón por la cual a los 225 DDS el mayor peso de raíces se obtuvo en la LR seguida por la LC y la SD puede deberse a la menor resistencia mecánica que presentaba la LR con respecto a los otros dos tratamientos hasta los 10 cm de profundidad, profundidad hasta la cual se analizaban las raíces. Hasta dicha profundidad la LR presentó valores de RM por debajo del valor umbral (2 MPa) para un adecuado desarrollo radicular según INTA Gral Villegas (2012).

III.7. Producción de biomasa

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

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

| Labranza | | Biomasa (kg/ha) | |
|----------|-----------------|-----------------|---------|
| | | 120 DDS | 225 DDS |
| | SD | 1248 | 2545 |
| | LR | 1289 | 3792 |
| | LC | 962 | 3506 |
| | R2 | 0,54 | 0,60 |
| | CV (%) | 24,39 | 16,06 |
| Valor p | Labranza | ns | ns |
| | Bloque | ns | ns |
| | Labranza*Bloque | ns | ns |

*R*², coeficiente de determinación. *CV*, coeficiente de variación en %. *ns*, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013).

Al analizar los datos del ANOVA, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. 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 mayor producción de biomasa en esta fecha en la LR y la menor en SD.

La representación gráfica de los valores observados de biomasa acumulada (kg MS ha⁻¹) a los 120 y 225 DDS para alfalfa, en cada tratamiento, se presenta en la Figura N° 13.

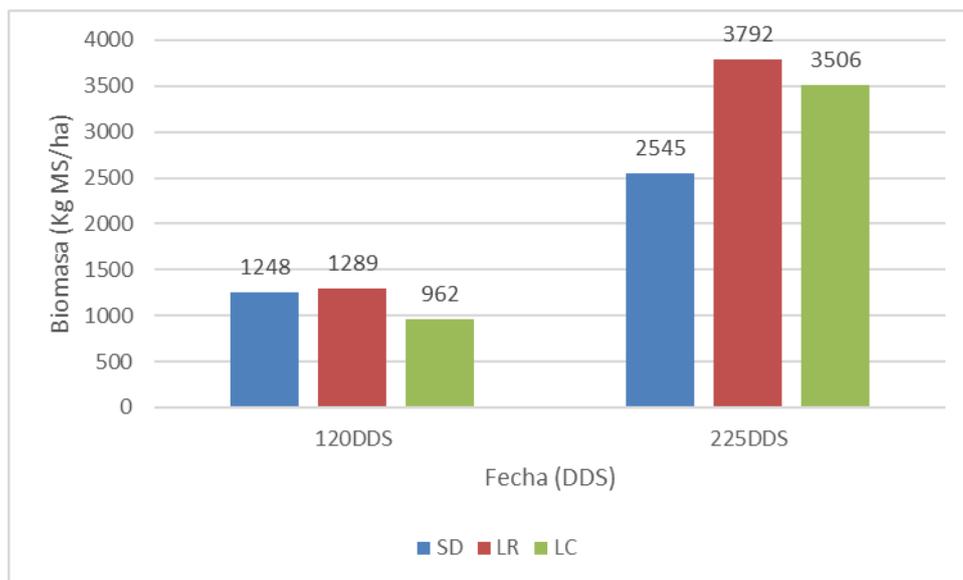


Figura N° 13. Biomasa acumulada (kg MS ha⁻¹) a los 120 y 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

A los 120 DDS la mayor producción de biomasa se obtuvo en la LR seguida por SD y en último lugar la LC. A los 225 DDS la mayor producción de biomasa se obtuvo en la LR, seguida por LC y finalmente SD.

El valor de biomasa obtenido a los 120 DDS en la Labranza Convencional es superior al obtenido por Mattered *et al* (2009) en un estudio a los 140 DDS, 800 kg Ms/ha, bajo el mismo sistema de labranza, igual distancia entre hileras, mismo cultivar con la excepción que este último fue llevado a cabo en Rafaela.

El valor de biomasa a los 225 DDS obtenidos en SD se aproximan 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 kg MS/ha) y al de Montesano (2001) para el mismo cultivar en un ensayo bajo un sistema de labranza mínima llevado a cabo en la localidad de Rodeo Viejo, departamento Río Cuarto (correspondiente a la misma zona agroecológica que en donde se desarrolló el presente estudio), quien al primer corte en Noviembre logró una producción de 2880 kg MS/ha.

A su vez se encuentra muy por encima 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 Fé obtuvo a los 210 DDS una producción de 42,4 kg Ms/ha.

III.8. 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^{-1}) a los 225 DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

| | | EUA (Kg MS/mm) |
|----------|-----------------|----------------|
| Labranza | | 225 DDS |
| | SD | 19,13 |
| | LR | 17,99 |
| | LC | 26,22 |
| | R ² | 68 |
| | CV (%) | 16,84 |
| Valor p | Labranza | ns |
| | Bloque | ns |
| | Labranza*Bloque | ns |

R², coeficiente de determinación. CV, coeficiente de variación en %. ns, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad según Test de Duncan (Balzarini, 2013).

Al analizar los datos del ANOVA no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. La tendencia de eficiencia en el uso del agua que se observó es la siguiente: LR>SD>LC.

La representación gráfica de los valores de eficiencia en el uso del agua a los 225 DDS promedios en cada tratamiento, se presenta en la Figura N° 14.

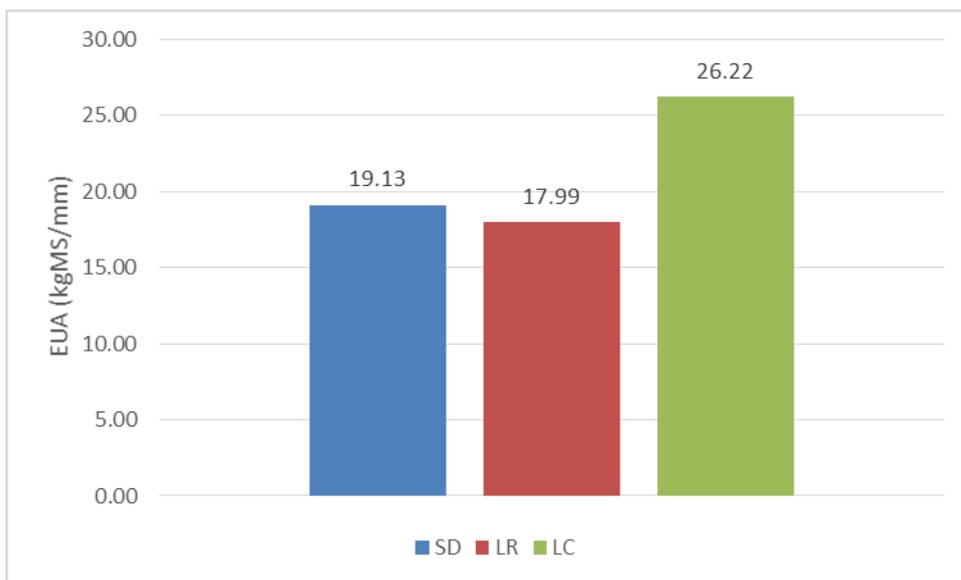


Figura N° 14. Eficiencia en el uso del agua (kg MS mm⁻¹) a los 225DDS para alfalfa (Victoria SP INTA), durante el año 2014 en La Aguada, Dpto. Río Cuarto, Pcia. de Córdoba.

Valores similares a los obtenidos en la eficiencia en el uso del agua en LC (26,22 kg MS 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 kg MS 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 un tratamiento fertilizado obtuvo un valor de eficiencia de 14 kg MS ha⁻¹ por mm. A este valor se encuentran próximos los obtenidos en el presente estudio en los tratamientos de LR (17,99 kg MS ha⁻¹ por mm) y SD (19,13 kg MS ha⁻¹ por mm) siendo todos tratamientos fertilizados.

CONCLUSIONES

- A pesar de las diferentes condiciones del suelo producto de los diferentes sistemas de labranza aplicados en años anteriores a la siembra, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la germinación, emergencia e implantación del cultivo de alfalfa entre los diversos tratamientos.
- 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 aérea 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 sí 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 en el presente estudio.
- La Labranza Convencional favorece el desarrollo inicial de plantas de alfalfa, siendo en este tipo de laboreo 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 dicho umbral.
- El tratamiento que provenía de años anteriores con Labranza Convencional fue 45,7% y 37 % más eficiente en el uso del agua respecto al que provenía con Labranza Reducida y Siembra Directa respectivamente.
- Altos niveles de Fósforo pueden asociarse con un exitoso establecimiento de las plantas de alfalfa así como con un mayor crecimiento radical durante el ciclo del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 Río 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 Río 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 Río 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. Río Cuarto, Talleres Gráficos de la UNRC, Adhesión del Bicentenario de la Fundación de la ciudad de Río 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**, Río 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. Río Cuarto, provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 376pp.
- 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.forrattec.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, 2013a. 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, 2013b. 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.

- 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, Y.; 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.
- 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.

ANEXO

Tabla N° 1. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 10 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.42 | 0.30 | 22.00 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|--------------------------|
| Modelo. | 47126.57 | 5 | 9425.31 | 3.54 | 0.0155 |
| Bloque | 1092.03 | 1 | 1092.03 | 0.06 | 0.8329 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 8034.47 | 2 | 4017.23 | 0.21 | 0.8255 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 38000.07 | 2 | 19000.03 | 7.13 | 0.0037 |
| Error | 63946.40 | 24 | 2664.43 | | |
| Total | 111072.97 | 29 | | | |

Tabla N° 2. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 17 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.32 | 0.18 | 21.32 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|-----------|----|---------|------|--------------------------|
| Modelo. | 34492.57 | 5 | 6898.51 | 2.28 | 0.0787 |
| Bloque | 5306.70 | 1 | 5306.70 | 0.56 | 0.5321 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 10250.87 | 2 | 5125.43 | 0.54 | 0.6488 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 18935.00 | 2 | 9467.50 | 3.13 | 0.0620 |
| Error | 72596.40 | 24 | 3024.85 | | |
| Total | 107088.97 | 29 | | | |

Tabla N° 3. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 24 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.25 | 0.09 | 21.56 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|--------------------------|
| Modelo. | 27609.20 | 5 | 5521.84 | 1.61 | 0.1968 |
| Bloque | 1387.20 | 1 | 1387.20 | 0.62 | 0.5144 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 21726.60 | 2 | 10863.30 | 4.83 | 0.1714 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 4495.40 | 2 | 2247.70 | 0.65 | 0.5293 |
| Error | 82554.80 | 24 | 3439.78 | | |
| Total | 110164.00 | 29 | | | |

Tabla N° 4. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 30 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.42 | 0.30 | 18.39 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 42907.07 | 5 | 8581.41 | 3.50 | 0.0162 | |
| Labranza | 33352.07 | 2 | 16676.03 | 9.36 | 0.0965 | (Labranza*Bloque) |
| Bloque | 5992.53 | 1 | 5992.53 | 3.36 | 0.2081 | (Labranza*Bloque) |
| Labranza*Bloque | 3562.47 | 2 | 1781.23 | 0.73 | 0.4939 | |
| Error | 58844.80 | 24 | 2451.87 | | | |
| Total | 101751.87 | 29 | | | | |

Tabla N° 5. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 45 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.43 | 0.31 | 20.14 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 51220.40 | 5 | 10244.08 | 3.62 | 0.0139 | |
| Bloque | 13230.00 | 1 | 13230.00 | 3.41 | 0.2060 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 30234.20 | 2 | 15117.10 | 3.90 | 0.2042 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 7756.20 | 2 | 3878.10 | 1.37 | 0.2728 | |
| Error | 67835.60 | 24 | 2826.48 | | | |
| Total | 119056.00 | 29 | | | | |

Tabla N° 6. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 60 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.36 | 0.22 | 20.99 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 36698.57 | 5 | 7339.71 | 2.64 | 0.0484 | |
| Bloque | 7394.70 | 1 | 7394.70 | 2.82 | 0.2353 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 24052.47 | 2 | 12026.23 | 4.58 | 0.1792 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 5251.40 | 2 | 2625.70 | 0.95 | 0.4023 | |
| Error | 66610.40 | 24 | 2775.43 | | | |
| Total | 103308.97 | 29 | | | | |

Tabla N° 7. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 90 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| LN_Stand | 30 | 0.24 | 0.08 | 4.19 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|------|----|------|------|--------------------------|
| Modelo. | 0.40 | 5 | 0.08 | 1.51 | 0.2237 |
| Bloque | 0.05 | 1 | 0.05 | 2.01 | 0.2924 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 0.30 | 2 | 0.15 | 6.30 | 0.1371 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 0.05 | 2 | 0.02 | 0.46 | 0.6397 |
| Error | 1.26 | 24 | 0.05 | | |
| Total | 1.65 | 29 | | | |

Tabla N° 8. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 120 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------|----|----------------|-------------------|-------|
| RAIZ_Stand | 30 | 0.28 | 0.13 | 11.48 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|--------|----|-------|------|--------------------------|
| Modelo. | 28.52 | 5 | 5.70 | 1.87 | 0.1367 |
| Bloque | 1.89 | 1 | 1.89 | 0.94 | 0.4341 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 22.62 | 2 | 11.31 | 5.64 | 0.1506 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 4.01 | 2 | 2.01 | 0.66 | 0.5267 |
| Error | 73.10 | 24 | 3.05 | | |
| Total | 101.62 | 29 | | | |

Tabla N° 9. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 150 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.31 | 0.17 | 23.97 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|--------------------------|
| Modelo. | 32245.47 | 5 | 6449.09 | 2.15 | 0.0939 |
| Bloque | 2960.13 | 1 | 2960.13 | 1.72 | 0.3205 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 25834.47 | 2 | 12917.23 | 7.49 | 0.1178 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 3450.87 | 2 | 1725.43 | 0.58 | 0.5702 |
| Error | 72008.00 | 24 | 3000.33 | | |
| Total | 104253.47 | 29 | | | |

Tabla N° 10. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 180 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.31 | 0.17 | 23.97 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 32245.47 | 5 | 6449.09 | 2.15 | 0.0939 | |
| Bloque | 2960.13 | 1 | 2960.13 | 1.72 | 0.3205 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 25834.47 | 2 | 12917.23 | 7.49 | 0.1178 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 3450.87 | 2 | 1725.43 | 0.58 | 0.5702 | |
| Error | 72008.00 | 24 | 3000.33 | | | |
| Total | 104253.47 | 29 | | | | |

Tabla N° 11. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 210 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.33 | 0.19 | 24.49 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 34414.27 | 5 | 6882.85 | 2.32 | 0.0748 | |
| Bloque | 2502.53 | 1 | 2502.53 | 1.26 | 0.3786 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 27933.87 | 2 | 13966.93 | 7.02 | 0.1247 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 3977.87 | 2 | 1988.93 | 0.67 | 0.5211 | |
| Error | 71257.20 | 24 | 2969.05 | | | |
| Total | 105671.47 | 29 | | | | |

Tabla N° 12. ANOVA de la variable “stand de plantas de alfalfa 225 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.36 | 0.23 | 23.84 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-----------|----|----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 37553.87 | 5 | 7510.77 | 2.74 | 0.0426 | |
| Bloque | 2539.20 | 1 | 2539.20 | 1.14 | 0.3968 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 30574.07 | 2 | 15287.03 | 6.89 | 0.1268 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 4440.60 | 2 | 2220.30 | 0.81 | 0.4563 | |
| Error | 65715.60 | 24 | 2738.15 | | | |
| Total | 103269.47 | 29 | | | | |

Tabla N° 13. ANOVA de la variable “biomasa de plantas de alfalfa 120 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Biomasa | 30 | 0.54 | 0.44 | 24.39 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|------------|----|------------|------|--------------------------|
| Modelo. | 2252733.87 | 5 | 450546.77 | 5.57 | 0.0015 |
| Bloque | 1070874.13 | 1 | 1070874.13 | 3.93 | 0.1860 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 636649.87 | 2 | 318324.93 | 1.17 | 0.4613 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 545209.87 | 2 | 272604.93 | 3.37 | 0.0514 |
| Error | 1942568.00 | 24 | 80940.33 | | |
| Total | 4195301.87 | 29 | | | |

Tabla N° 14. ANOVA de la variable “biomasa de plantas de alfalfa 225 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Biomasa | 30 | 0.60 | 0.52 | 16.06 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|-------------|----|------------|------|--------------------------|
| Modelo. | 10156093.74 | 5 | 2031218.75 | 7.31 | 0.0003 |
| Bloque | 737587.20 | 1 | 737587.20 | 1.68 | 0.3248 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 8537969.48 | 2 | 4268984.74 | 9.70 | 0.0935 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 880537.06 | 2 | 440268.53 | 1.58 | 0.2257 |
| Error | 6666785.28 | 24 | 277782.72 | | |
| Total | 16822879.02 | 29 | | | |

Tabla N° 15. ANOVA de la variable “relación hoja/tallo de plantas de alfalfa 225 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------|----|----------------|-------------------|------|
| Hoja/tallo | 30 | 0.42 | 0.30 | 5.11 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|---------|----|---------|-------|--------------------------|
| Modelo. | 0.03 | 5 | 0.01 | 3.45 | 0.0173 |
| Bloque | 8.0E-05 | 1 | 8.0E-05 | 0.17 | 0.7204 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 0.03 | 2 | 0.01 | 29.07 | 0.0333 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 9.4E-04 | 2 | 4.7E-04 | 0.29 | 0.7540 |
| Error | 0.04 | 24 | 1.7E-03 | | |
| Total | 0.07 | 29 | | | |

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0015 gl: 27

| Labranza | Medias n | E.E. |
|----------|----------|--------|
| 3 | 0.84 10 | 0.01 A |
| 2 | 0.78 10 | 0.01 B |
| 1 | 0.77 10 | 0.01 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla N° 16. ANOVA de la variable “peso de raíz de plantas de alfalfa 30 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Peso Raices | 30 | 0.74 | 0.68 | 18.78 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-------|----|-------|-------|---------|-------------------|
| Modelo. | 51.49 | 5 | 10.30 | 13.52 | <0.0001 | |
| Bloque | 0.70 | 1 | 0.70 | 0.04 | 0.8616 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 14.97 | 2 | 7.48 | 0.42 | 0.7053 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 35.83 | 2 | 17.91 | 23.52 | <0.0001 | |
| Error | 18.28 | 24 | 0.76 | | | |
| Total | 69.77 | 29 | | | | |

Tabla N° 17. ANOVA de la variable “peso de raíz de plantas de alfalfa 60 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Peso raiz | 30 | 0.81 | 0.77 | 23.46 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|----------|----|---------|-------|---------|-------------------|
| Modelo. | 18224.30 | 5 | 3644.86 | 19.89 | <0.0001 | |
| Bloque | 2201.63 | 1 | 2201.63 | 0.47 | 0.5655 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 6562.40 | 2 | 3281.20 | 0.69 | 0.5904 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 9460.27 | 2 | 4730.13 | 25.81 | <0.0001 | |
| Error | 4398.00 | 24 | 183.25 | | | |
| Total | 22622.30 | 29 | | | | |

Tabla N° 18. ANOVA de la variable “peso de raíz de plantas de alfalfa 225 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Stand | 30 | 0.11 | 0.00 | 25.75 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|-----------------|-------------|----|-----------|------|---------|-------------------|
| Modelo. | 1263937.00 | 5 | 252787.40 | 0.61 | 0.6940 | |
| Bloque | 37251.70 | 1 | 37251.70 | 0.10 | 0.7853 | (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 455865.03 | 2 | 227932.52 | 0.59 | 0.6284 | (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 770820.27 | 2 | 385410.13 | 0.93 | 0.4090 | |
| Error | 9966551.77 | 24 | 415272.99 | | | |
| Total | 11230488.77 | 29 | | | | |

Tabla N° 19. ANOVA de la variable “relación parte aérea/raíz de plantas de alfalfa 225 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Rel. Aerea/raiz | 30 | 0.29 | 0.15 | 15.93 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|---------|----|---------|--------|--------------------------|
| Modelo. | 0.79 | 5 | 0.16 | 1.99 | 0.1165 |
| Bloque | 0.01 | 1 | 0.01 | 8.98 | 0.0956 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 0.78 | 2 | 0.39 | 387.45 | 0.0026 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 2.0E-03 | 2 | 1.0E-03 | 0.01 | 0.9874 |
| Error | 1.90 | 24 | 0.08 | | |
| Total | 2.69 | 29 | | | |

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0708 gl: 27

| Labranza | Medias n | E.E. |
|----------|----------|--------|
| 3 | 2.00 10 | 0.08 A |
| 1 | 1.65 10 | 0.08 B |
| 2 | 1.65 10 | 0.08 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla N° 20. ANOVA de la variable “eficiencia en el uso del agua 225 DDS”

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| EUA | 30 | 0.68 | 0.62 | 16.84 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor (Error) |
|-----------------|--------|----|--------|-------|--------------------------|
| Modelo. | 652.71 | 5 | 130.54 | 10.32 | <0.0001 |
| Bloque | 190.31 | 1 | 190.31 | 5.95 | 0.1348 (Bloque*Labranza) |
| Labranza | 398.47 | 2 | 199.23 | 6.23 | 0.1383 (Bloque*Labranza) |
| Bloque*Labranza | 63.93 | 2 | 31.97 | 2.53 | 0.1008 |
| Error | 303.46 | 24 | 12.64 | | |
| Total | 956.17 | 29 | | | |