

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

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

**BIOMASA E INTERCEPCION DE LA RADIACION EN
INTERCULTIVOS DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) y SORGO
SUDAN (*Sorghum sudanense*).**

FERNIOT, Santiago

DNI: 33538585

Director: Dr. Alfredo Ohanian

Co-Director: Lic. M. Sc. Telmo Pereyra

Río Cuarto – Córdoba

Diciembre 2018

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

Título del Trabajo Final: Biomasa e intercepción de la radiación en intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L) y Sorgo sudan (*Sorghum sudanense*).

Autor: **Ferniot Santiago.**

DNI: **33.538.585**

Director: **Ing. Agr. Dr. Alfredo Ohanian**

Co – Director: **Lic. M. Sc. Telmo Pereyra**

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. _____

Ing. Agr. _____

Ing. Agr. _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

INDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICADO DE APROBACION	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE CUADROS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	V
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
INTRODUCCION	
1.1 Planteo de la problemática.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
HIPOTESIS Y OBJETIVOS	
2.1 Hipótesis.....	9
2.1 Objetivos.....	9
MATERIALES Y METODOS	
3.1 Ubicación del ensayo	10
3.2 Características climáticas área de estudio.....	10
3.3 Características edáficas área de estudio.....	13
3.4 Diseño Experimental.....	14
3.5 Variables evaluadas	17
RESULTADOS Y DISCUSION	
4.1 Condiciones meteorológicas durante el ensayo.....	19
4.1.1 Temperatura.....	19
4.1.2 Precipitaciones.....	20
4.2 Producción de biomasa.....	22
4.3 Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada	26
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFIA	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Descripción del perfil de suelo del campo experimental UNRC.....	14
Cuadro 2: Producción de biomasa por corte y acumulado (Kg MS. ha ⁻¹) para cada uno de los tratamientos. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	22
Cuadro 3: Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) para cada uno de los tratamientos expresada en MJ.m ² .día ⁻¹ . Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital correspondiente a la ubicación del ensayo, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.	10
Figura 2: Valores normales mensuales de temperatura, correspondientes a la localidad Río Cuarto periodo 1981-2010.	11
Figura 3. Valores normales mensuales de precipitaciones, correspondientes a la localidad Río Cuarto periodo 1981-2010.	12
Figura 4: Esquema simplificado del ensayo, donde se detallan los tratamientos respectivos.....	16
Figura 5. Temperatura media histórica vs temperaturas medias durante periodo de ensayo.....	20
Figura 6. Precipitación media histórica vs precipitación periodo ensayo.....	21
Figura 7: Producción de biomasa expresada en kilogramos de materia seca por hectárea (Kg Ms.ha^{-1}) de cada tratamiento por corte. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	24
Figura 8: Producción de biomasa expresada en kilogramos de materia seca acumulada por hectárea (Kg Ms.ha^{-1}) de cada tratamiento. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	25
Figura 9: Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($\text{Mj.m}^2.\text{dia}^{-1}$) para cada uno de los tratamientos. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	27
Figura 10: Radiación fotosintéticamente activa interceptada promedio ($\text{Mj.m}^2.\text{dia}^{-1}$) para cada uno de los tratamientos. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	28

Figura 11: Porcentaje de Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($\text{Mj.m}^2.\text{dia}^{-1}$) por componentes del intercultivo Alfalfa – Sorgo (35 cm). Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 29

Figura 12: Porcentaje de Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($\text{Mj.m}^2.\text{dia}^{-1}$) por componentes del intercultivo Alfalfa – Sorgo (52 cm). Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 30

RESUMEN

El intercultivo corresponde a una técnica de agricultura mecanizada y constituye una forma de aumentar la producción por unidad de área y de tiempo. Se propone como una alternativa para eficientizar el uso del suelo, permitiendo en la misma área generar dos variables productivas, las cuales se complementan en lo que corresponde a demanda de recursos (agua y luz), competencia (inter e intra específica) y producción. Como objetivo del presente trabajo se planteo evaluar la eficiencia en la interceptación de la radiación de intercultivos en comparación con los respectivos monocultivos, en base a la producción de biomasa. El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, en un suelo Hapludol típico. Sobre una pastura de alfalfa (*Medicago sativa* L.) implantada en la primera quincena de marzo de 2012, se establecieron las siguientes situaciones, 1) testigo de alfalfa en cultivo puro 2) monocultivo de sorgo (*Sorghum sudanense*), con distancia entre líneas de siembra a 52 cm. 3) monocultivo de sorgo con distancia entre líneas de siembra a 35 cm. 4) Intercultivo alfalfa – sorgo con distanciamiento entre líneas de siembra a 52 cm. 5) Intercultivo alfalfa – sorgo con distanciamiento entre líneas de siembra a 35 cm. El cultivo de sorgo fue sembrado en diciembre del 2013. Se utilizó, un diseño aleatorizado dispuesto en bloque con dos repeticiones. Se determinó la producción de forraje (kg MS- ha⁻¹) durante el período comprendido entre el 01/12/2013 al 30/04/2014, realizándose cuatro cortes en todos los tratamientos. Se midió Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (RFAi), con mediciones quincenales, en el periodo correspondiente entre las fechas 22/02/2014 a 25/04/2014 para todos los tratamientos, utilizando un equipo marca LI-COR LI 1400 Datalogger, conjuntamente con el sensor lineal LI-191SA quantum- Lincoln- NE. USA. El intercultivo de alfalfa- sorgo forrajero tanto en el tratamiento a 52 cm como a 35 cm superó la producción de biomasa acumulada (kg MS. ha⁻¹) correspondiente a alfalfa pura, pero no difirieron de los tratamientos de sorgo puro obteniendo producciones similares para el año en que se realizó el ensayo. En lo referido a interceptación de la radiación, los valores de RFAi (Mj/m²/día) correspondientes a los intercultivos de alfalfa-sorgo en los dos tratamientos (52 cm y 35 cm) no superaron los valores correspondientes a los cultivos puros.

Palabras clave: Intersiembr, Alfalfa, Sorgo, Gramíneas, Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada.

SUMMARY

The intercrop corresponds to a technique of mechanized agriculture and is a way to increase production per unit area and time. It is analyzed as an alternative to make the use of land more efficient, allowing in the same area to generate two productive variables, which are complemented in what corresponds to the demand of resources (water and light), competition (inter and intra-specific) and production. The aim of the present work was to evaluate the interception efficiency of the interculture radiation in comparison with the respective monocultures, based on the production of biomass. The test was carried out in the experimental field of the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine of the National University of Río Cuarto, Córdoba, Argentina, in a Hapludol typical soil. On a pasture of alfalfa (*Medicago sativa* L.) implanted in the first half of March 2012, the following situations were established: 1) alfalfa control in pure culture 2) monoculture of sorghum (*Sorghum sudanense*), with distance between lines of sow at 52 cm. 3) monoculture of sorghum with distance between sowing lines at 35 cm. 4) Intercrop alfalfa - sorghum with distancing between sowing lines at 52 cm. 5) Intercrop alfalfa - sorghum with distance between planting lines at 35 cm. The sorghum crop planted in December 2013. A randomized design arranged in block with two repetitions was used. Treatments were: pure alfalfa, intercropping of sorghum and alfalfa and pure sorghum. The production of forage (kg MS ha⁻¹) was determined during the period between 01/12/2013 and 04/30/2014, with four cuts being made in all the treatments. At the same time intercepted Photosynthetically Active Radiation was measured, with biweekly measurements, in the corresponding period between the dates 02/22/2014 to 04/25/2014. Using a device marked LICOR LI 1400 Datalogger, together with the linear sensor LI-191SA quantum. Lincoln. NE. USES. The intercropping of forage alfalfa sorghum in both the 52 cm and 35 cm treatments exceeded the cumulative biomass production (kg MS / ha) corresponding to pure alfalfa, but did not differ from pure sorghum treatments obtaining similar productions for the year in which the test was performed. Regarding the interception of radiation, for the year that the test was carried out, the RFAi values (Mj / m² / day) corresponding to the alfalfa-sorghum intercrops in the two treatments (52 cm and 35 cm) did not exceed the values corresponding to pure crops.

Key words: Intercrops, Alfalfa, Sorghum, Gramineae, Photosynthetically Active Radiation intercepted.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteo de la problemática

El proceso de “agriculturización” es el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en lugar de usos ganaderos o mixtos. También se asocia a cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria hacia regiones extra-pampeanas y la tendencia de la agricultura hacia el desarrollo de producciones orientadas al monocultivo (principalmente soja o la combinación trigo-soja). Hacia finales de 1990 este proceso fue acelerado por el aumento de la demanda mundial de soja, el aumento de los precios internacionales y la irrupción de la soja y el maíz genéticamente modificados (transgénico). Los sistemas de producción en la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana transitaron en las últimas décadas un cambio hacia la agricultura continua, con el consecuente desplazamiento de la frontera agrícola hacia zonas tradicionalmente ganaderas (Michelena *et al.*, 2013).

En la última década, los productores argentinos aumentaron la productividad de sus campos a través de un fuerte incremento en la carga animal. Este fenómeno no se produjo por un aumento en el número de animales, sino por una disminución en la superficie destinada a la ganadería con el fin de aumentar la superficie agrícola (Melo, 2013).

La expansión de la soja en la región Pampeana ha ocurrido a expensas de la reducción de cultivos como el maíz y de la ganadería. Ante esta realidad es necesario evaluar cuantitativamente el impacto en los sistemas productivos, como así también establecer la sustentabilidad de los mismos (Michelena *et al.*, 2013).

Los sistemas productivos argentinos se encuentran en una incesante necesidad de intensificación para así lograr una mayor rentabilidad. Tradicionalmente, el incremento de la productividad estuvo asociado al aumento del rendimiento a través del mejoramiento genético y de las prácticas de manejo del cultivo. Sin embargo, si se considera la producción por unidad de área y de tiempo, los cultivos asociados pueden ser otra forma de mejorar la productividad (Calviño *et al.*, 2005).

Por su parte, Pereyra (2005) señala que en los sistemas mixtos de producción, la competencia que se genera entre agricultura y ganadería hace que se limite al máximo la superficie destinada a los cultivos anuales, ya que los mismos compiten en gran medida por el uso de la tierra con cultivos agrícolas debido a los tiempos prolongados de ocupación de los lotes desde la elección y preparación de los mismos, hasta el momento de la primera utilización.

Actualmente, el intercultivo se evalúa como una herramienta potencial, lo cual concierne a un sistema donde se cultivan dos o más especies en una misma área, en forma simultánea durante parte o todo su ciclo de vida (Ofori y Stern, 1987).

El intercultivo corresponde a una técnica de agricultura mecanizada y constituye una forma de aumentar la producción por unidad de área y de tiempo (Calviño *et al.*, 2005). Se analiza como una alternativa para efficientizar el uso del suelo, permitiendo en la misma área generar dos variables productivas, las cuales se complementan en lo que corresponde a demanda de recursos (agua y luz), competencia (inter e intra específica) y producción. Si se combinan las especies y cultivares adecuados se incrementa la captación y utilización de los diferentes recursos, logrando así mayor producción por unidad de área y tiempo (Caviglia *et al.*, 2004).

Otros autores han señalado que la siembra de un cultivo anual con especies perennes, además de las ventajas económicas, representa una contribución a la sustentabilidad ecológica debido a los menores requerimientos en labores, biocidas y un uso racional y eficiente del suelo (Fernández *et al.*, 1997).

El éxito de esta práctica se basa en el aprovechamiento diferencial de los recursos por parte de los cultivos integrantes. Esto sumado a las facilidades de manejo aportadas por la siembra directa en la producción de granos y cereales y a los avances en la implantación de praderas y cultivos forrajeros, justifican la evaluación de esta técnica (Tomasone *et al.*, 1996).

En el presente proyecto se hace énfasis en la eficiencia en la interceptación de la luz, teniendo en cuenta que la radiación fotosintéticamente activa interceptada por los cultivos es directamente transformada en biomasa. La pendiente de la relación entre ambas variables se denomina eficiencia en el uso de la radiación, quedando expresada en gramos de biomasa por $Mj \cdot m^{-2}$ interceptado. La cantidad de radiación solar interceptada acumulada por un cultivo depende de la duración del ciclo del mismo, como así también de la dinámica de interceptación fuertemente ligada a la evolución del índice de área foliar y a las características del canopeo (Satorre *et al.*, 2003).

La finalidad del presente proyecto se basa en el contraste de cultivos puros con sistemas de intersembrado analizando la variante referida a biomasa e interceptación de la radiación, de esta manera se logran generar datos precisos que podrán reflejar puntos críticos.

1.2 Antecedentes

El creciente interés en la sustentabilidad de los sistemas agrícolas ha conducido, en los últimos años, a significativos desarrollos de las prácticas agrícolas en América del Norte (sistemas de cero y mínima labranza, reducciones en las prácticas agrícolas de verano, etc.). Existe también un creciente interés en las formas alternativas para el manejo de los nutrientes, particularmente el papel de las leguminosas en el abastecimiento de nitrógeno a otros cultivos mediante la rotación de estos y las técnicas de interseembra (Thiessen-Martens *et al.*, 2005).

Busqué y Herrero (1995) reportaron que las asociaciones entre leguminosas y gramíneas forrajeras ponen de manifiesto interacciones interespecíficas relacionadas con la mayor eficiencia en el uso de los recursos, especialmente la luz por parte de la gramínea y en mayor medida si es una C₄. Sánchez y Salinas (1981) reportaron que la magnitud de las interacciones interespecíficas, en asociaciones de cultivos forrajeros están reguladas por las condiciones del clima, la disponibilidad de nutrientes y el arreglo espacial de cada tipo de especie.

Por su parte Fernández (1997) señala que la siembra conjunta de un cultivo anual con especies forrajeras perennes no sólo ofrece ventajas económicas, sino que también representa una contribución a la sustentabilidad ecológica debido a los menores requerimientos de labores y biocidas y al uso racional y eficiente del suelo y los recursos ambientales.

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) 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, su excelente calidad forrajera y su gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (suelo, clima y manejo). Superada la implantación, etapa en la cual la disponibilidad de humedad es fundamental, la alfalfa está morfológica y fisiológicamente adaptada para tolerar períodos de deficiencia hídrica de cierta duración. Por otro lado, su capacidad para la fijación del nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con *Sinorhizobium meliloti* la convierten en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos (Basilagup *et al.*, 2007).

Tradicionalmente, la alfalfa fue una especie que se sembró como cultivo puro. Sin embargo, actualmente alrededor del 70 % de la superficie del país corresponde a siembras con otras especies forrajeras especialmente gramíneas (Romero *et al.*, 1995). Alfalfa es la principal especie integrante de las praderas, debido a que se trata de una leguminosa que produce cantidad

y calidad de forraje durante gran parte del año y bajo condiciones ambientales variables (Enrique *et al.*, 1989).

El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes. En Argentina, se adapta muy bien a la región pampeana de clima templado. Son muy variados sus posibles usos para la alimentación ganadera, pudiendo ser utilizado como verdeo de verano bajo pastoreo directo o diferido, como reservas en forma de silo de grano húmedo y de planta entera o como concentrado (Carrasco *et al.*, 2011).

El sorgo presenta un rol relevante por su capacidad de recuperar suelos degradados, aportar positivamente al balance de carbono y mejorar la calidad física del suelo. Se destaca además por su mayor adaptación y mejor respuesta en condiciones edafoclimáticas limitantes, dando estabilidad de rendimientos en situaciones productivas de menor potencialidad, donde presenta ventajas respecto al maíz (Cagnaz, 2012).

Históricamente, la superficie sembrada de sorgo en Argentina era menor que la de Brasil, pero en las dos últimas campañas se ha revertido la tendencia. La superficie sembrada en Argentina en las últimas seis campañas se ha duplicado, superando la siembra de Brasil que se ha mantenido estable (Carrasco *et al.*, 2011).

Ensayos realizados en la Universidad Nacional de Río Cuarto sobre intercultivo de sorgo sudan y mijo perla sobre cultivo de alfalfa (Pereyra *et al.*, 2013) concluyen que la producción de forraje de las intersembras fue mayor a la de alfalfa pura en todos los cortes y el total del ciclo, valores que difirieron estadísticamente. No obstante, las intersembras produjeron menos forraje que los verdeos puros, en los cortes de enero, febrero y en el total de ciclo arrojando diferencias significativas. Sólo en el corte de abril, las intersembras no difirieron estadísticamente de la producción de mijo y sorgo puros. La asociación alfalfa-sorgo sudan y alfalfa-mijo perla permite aumentar considerablemente la producción de forraje por unidad de superficie en relación a un cultivo de alfalfa puro, mejorando la distribución por corte y la producción estacional durante el período de crecimiento del verdeo. La asociación alfalfa-sorgo mostró que en una misma superficie se puede producir entre 120 y 150 % más de biomasa aérea que la producida por la alfalfa pura y un 75 % respecto a lo que produce el sorgo en monocultivo. La competencia inicial por la luz y los nutrientes durante la etapa de emergencia, causada por el rebrote de la alfalfa, podría explicar la menor producción de sorgo en el intercultivo en relación con el

monocultivo. Ello se debió a un crecimiento menos vigoroso de las plantas, lo que disminuyó la capacidad de producción de biomasa.

Sobre un ensayo realizado en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Gatti (2016) evaluó la producción de biomasa para un intercultivo de alfalfa y sorgo sudan, confrontando DEH (Distancia entre hileras). En el distanciamiento de 52 cm. entre líneas, el intercultivo de alfalfa – sorgo superó en producción al monocultivo de alfalfa diferenciándose estadísticamente, también arrojó valores superiores al cultivo de sorgo puro, pero sin diferencias estadísticas, teniendo en cuenta todos los cortes realizados. En la distancia de 35 cm. entre hileras la tendencia fue la misma, aunque las diferencias fueron más acotadas, donde el intercultivo superó a los monocultivos de alfalfa y sorgo respectivamente.

En el mismo ambiente, Giachero (2015) evaluó producción de biomasa en intercultivo de alfalfa sorgo sudan y alfalfa mijo perla, encontrando que el intercultivo alfalfa más mijo mejoró significativamente la producción de biomasa total al cultivo puro de alfalfa, pero no difirió del intercultivo de alfalfa más sorgo, obteniendo producciones similares para el año en que se realizó el ensayo. También se evaluó la EUA (eficiencia en el uso del agua), encontrando que el intercultivo alfalfa más mijo superó significativamente al cultivo de alfalfa pura en la eficiencia en el uso de agua (EUA) acumulada, no así el intercultivo de alfalfa más sorgo ya que no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los intercultivos fueron más eficientes en el uso del agua que la alfalfa pura en los últimos dos cortes, no así para los primeros cortes donde los cultivos de sorgo y mijo aún se están implantado y se encuentran en los primeros estadios fenológicos.

Un ensayo llevado a cabo en el Campo Experimental Pozo de Carril de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, donde se evaluó la intersiembra de alfalfa con verdeos anuales de invierno, mostró que las intersiembras en alfalfa con cereales forrajeros invernales de ciclo corto superaron en producción de forraje a las de alfalfa pura, con valores que difirieron significativamente. La producción total de alfalfa-cereal en intersiembra fue mayor a la de alfalfa pura sólo en las fechas de siembra temprana e intermedia con valores superiores de hasta un 20%, mientras que en fechas tardías no hubo diferencias significativas con relación a alfalfa pura (Pagliaricci y Pereyra 2006).

Otro ensayo que abordó esta temática fue llevado a cabo en el establecimiento Like, ubicado al sur del departamento San Martín (Córdoba, Argentina). Sobre una pradera de alfalfa

(*Medicago sativa* L.) implantada en otoño de 2004, se intersembraron el 24 de marzo de 2005 triticale (X *Triticosecale* Wittmack) y raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam), quedando establecidos tres tratamientos: 1) alfalfa-triticale, 2) alfalfa-raigrás anual y 3) alfalfa pura. Se encontró que el tratamiento de alfalfa pura produjo un 15% más de biomasa total anual (kg MS-ha⁻¹) -sumatoria de ocho cortes- que los tratamientos de interseembra, valor que difirió significativamente. Por su parte, la biomasa producida por los tratamientos de interseembra no difirió significativamente entre sí. El incremento en la producción de materia seca, en los tratamientos de interseembra en el corte de julio permitió mejorar la distribución de la producción de biomasa invernal de alfalfa. (Pereyra *et al.*, 2007).

Vergara (1996), trabajando con intersembrias de trigo en pasturas consociadas de alfalfa con trébol rojo en Balcarce con dos fechas de siembra, concluye que las siembras tempranas de trigo presentaron ventajas comparativas en la producción de biomasa del intercultivo con relación a las fechas tardías. Por su parte Heinrichs y Francelli (1999), en un intercultivo de avena y vicia, encontraron que mejoraba entre un 13 y 15 % la producción de biomasa y la calidad del forraje presente por el aporte de nitrógeno de la leguminosa.

En la Estación Experimental Agropecuaria de Paraná, se realizaron ensayos con intercultivos de soja y maíz para la producción de forraje, con el objetivo de hacer ensilaje. Se encontró que la asociación produjo un 75 % de lo obtenido en el monocultivo de maíz y duplicó la del monocultivo de soja. La intercepción de la radiación medida en el estado R1 del maíz y de la soja difirió significativamente. El tratamiento de soja pura alcanzó un 95 % de intercepción mientras que el maíz puro un 90,5 %. Con el reemplazo de surcos de soja por surcos de maíz la intercepción de la radiación fue menor. Los valores de eficiencia de conversión, promedio desde emergencia a R₄ del cultivo de maíz, fueron de 3,76 g Mj⁻¹ en maíz y de 2,21 g Mj⁻¹ en soja. En los demás tratamientos los valores resultaron intermedios, disminuyendo a medida que se incrementa la proporción de soja. Los rendimientos en grano tanto de soja como de maíz disminuyeron del cultivo puro a medida que se aumentaba la proporción del otro cultivo. Los resultados logrados no detectan ventajas productivas claras del intercultivo maíz-soja sobre los cultivos puros. (Díaz *et al.*, 2008).

En la misma estación experimental del INTA, se evaluó el intercultivo de maíz y soja para ensilaje, analizando las variables producción de biomasa total y calidad de la misma. La materia seca acumulada a floración difirió estadísticamente, siendo mayor en el maíz puro, disminuyendo a medida que se incrementa la proporción de soja. En cuanto a la calidad, la combinación maíz/soja incrementó el contenido de PB (Proteína bruta) del silaje respecto al

maíz puro, manteniendo adecuados volúmenes productivos. Todas las proporciones de maíz y soja en intercultivo evaluadas fueron aptas para ensilar, la elección de una u otra dependerá de los requerimientos del sistema ganadero a alimentar (Paparotti *et al.*, 2008).

En la EEA INTA Balcarce se realizó un trabajo donde se evaluó la eficiencia en el uso de la radiación en diferentes sistemas de intercultivo de soja, en periodo reproductivo. Como resumen de los resultados encontraron que la radiación total acumulada en soja pura fue de 1545 MJ m⁻², mientras que lo acumulado por soja-trigo y soja-maíz fue un 26 % y 44 % menor, respectivamente. La EUR (Eficiencia en el uso de la radiación) biomasa y la EUR grano, determinada para todo el ciclo fue similar entre soja pura y soja-trigo, y fue mayor a soja-maíz ($p < 0,05$) (Cambareri *et al.*, 2011). Esto refuerza conceptos previos que marcan que los cultivos presentan aspectos competitivos cuando crecen de forma simultánea, debido a la gran competencia que se genera por el recurso luz (Caviglia *et al.*, 2007).

En un intercultivo maíz-soja, el microclima al que está expuesto el cultivo de bajo porte (soja) puede ser altamente modificado en comparación con un cultivo puro (Cambareri *et al.*, 2009). En otro ensayo referido a soja-maíz en intercultivo en la zona productiva de Balcarce, Cambareri (*et al.*, 2009) encontró que la diferencia entre años (seco y húmedo) en la RFAs (radiación fotosintéticamente activa soja) acumulada a lo largo del ciclo no fue significativa. Sí fue diferente entre tratamientos: fue mayor en el cultivo puro de soja respecto de los sistemas de intercultivo (promedio de los dos años). La menor RFAs acumulada determinó menor producción de biomasa en intercultivos en los dos años de experimentación. El tratamiento de soja pura en el año seco produjo mayor biomasa en R₆ que cualquier otro tratamiento, seguido por soja pura en un año húmedo. El resto de los tratamientos no presentaron diferencias en biomasa a R₆. Las eficiencias de conversión de radiación incidente en biomasa siguieron el mismo ranking en ambos años (i.e. soja pura > intercultivo: 1 surco maíz, 2 surcos soja > intercultivo: 2 surcos maíz, 3surcos soja), aunque con valores más pequeños para los intercultivos en el año seco.

Rosso (2012), junto con un equipo multidisciplinario de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, sobre un ensayo de intercultivo maíz-maní en la zona de Río Cuarto, encontraron respuesta significativa en cuanto a la competencia entre ambas especies, evidenciada por la producción de rendimiento diferencial según posicionamiento de surcos. La interacción entre franjas favoreció al maíz, que incrementó todos los componentes y su rendimiento en grano en los surcos colindantes (1 al 2), con disminución en los intermedios (4 al 7) y estabilización en los centrales (8 y 9). La respuesta de maní fue

inversa con depresión del rendimiento en el surco colindante indicando un efecto marcado de competencia entre las especies.

Un ensayo similar llevado a cabo por Morla, *et al.*, 2014 en la provincia de La Pampa mostró que la ventaja en rendimiento del intercultivo en franjas de maíz-maní resultó del aumento en el rendimiento de los surcos linderos de ambos cultivos. Los efectos de borde del intercultivo sobre el rendimiento de ambas especies pueden atribuirse a diferencias en la habilidad competitiva y en particular al desfase temporal que existe entre sus respectivos periodos críticos para la determinación del rendimiento.

En la localidad 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires, se realizó un ensayo donde se evaluó el intercultivo entre girasol (*Helianthus annuus* L.) y dos especies: trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), sembrados estos dos últimos en línea y al voleo, con el objetivo de evaluar rendimiento en girasol y calidad del residuo de cosecha. La ausencia de diferencias significativas en el rendimiento y biomasa del girasol indica que la asociación con leguminosas no afectó negativamente el cultivo. Con respecto a los valores de proteína registrados en el residuo de cosecha, se aporta la cantidad necesaria para la mayoría de las categorías de producción de carne, de acuerdo con los requerimientos nutricionales señalados por el NRC (National Research Council) con un valor de 2 % superior en el intercultivo de girasol-trébol rojo sembrado en la línea con respecto al monocultivo (Eirin *et al.*, 2015).

De acuerdo a lo presentado, el uso de policultivos puede producir, a través de un aumento de la biodiversidad, numerosos beneficios en los agroecosistemas, tales como una menor fragilidad ecológica, una menor dependencia de insumos o una mayor estabilidad de los mismos. La mayor diversidad biológica de los policultivos también puede asociarse a un menor riesgo económico, a una mejor oferta nutricional y un mejor uso de recursos (Satorre *et al.*, 2003).

El sistema de intercultivo es una forma de incrementar la producción por unidad de área y de tiempo (Calviño *et al.*, 2005). Si se combinan las especies y cultivares adecuados, se incrementa la captación y utilización de recursos (Caviglia, *et al.*, 2004), logrando así mayor producción por unidad de área y tiempo (Calviño *et al.*, 2005).

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis:

La biomasa total producida en intercultivo es mayor que en el cultivo puro como consecuencia del incremento en la captura de la radiación fotosintéticamente activa.

2.2 Objetivos:

Objetivo general:

Evaluar la eficiencia en la intercepción de la radiación de intercultivos en comparación con los respectivos monocultivos, en base a la producción de biomasa.

Objetivos específicos:

Comparar la producción de biomasa estacional del intercultivo (sorgo – alfalfa) en relación al cultivo puro.

Evaluar la radiación solar interceptada en intercultivo (sorgo – alfalfa) y cultivos puros, en diferentes estratos.

Contrastar distanciamiento entre hileras a 35 cm y 52cm para el cultivo de sorgo, con respecto a las variables antes planteadas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, el mismo se encuentra frente al campus universitario, sobre ruta 36 a la altura del kilómetro 600, ubicado a los 32° 33' LS y 63° 10' LE, con una altura de 443 msn (Cantero *et al.*, 1986).



Figura 1. Imagen satelital correspondiente a la ubicación del ensayo, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Fuente: Google Earth 2016.

3.2 Características climáticas:

En lo que respecta al régimen térmico, la zona que enmarca el estudio conlleva características del tipo templado moderado con estaciones bien definidas (Seiler 1995).

La temperatura máxima promedio anual se encuentra en el orden de los 23°C, la media promedio anual en 16°C y la mínima promedio anual ronda los 9°C.

El mes más cálido corresponde a enero con temperaturas medias de 22,7°C, mientras que julio se sitúa como el de menor registro térmico con una temperatura media de 9,4°C. (Datos aportados por la cátedra de Agrometeorología de la Universidad Nacional de Río Cuarto, periodo comprendido entre 1981 y 2010).

Se considera para la zona de Río Cuarto un periodo libre de heladas que en promedio va desde el 11 de septiembre hasta el 11 de mayo, correspondiendo a 240 días (Seiler 1995).

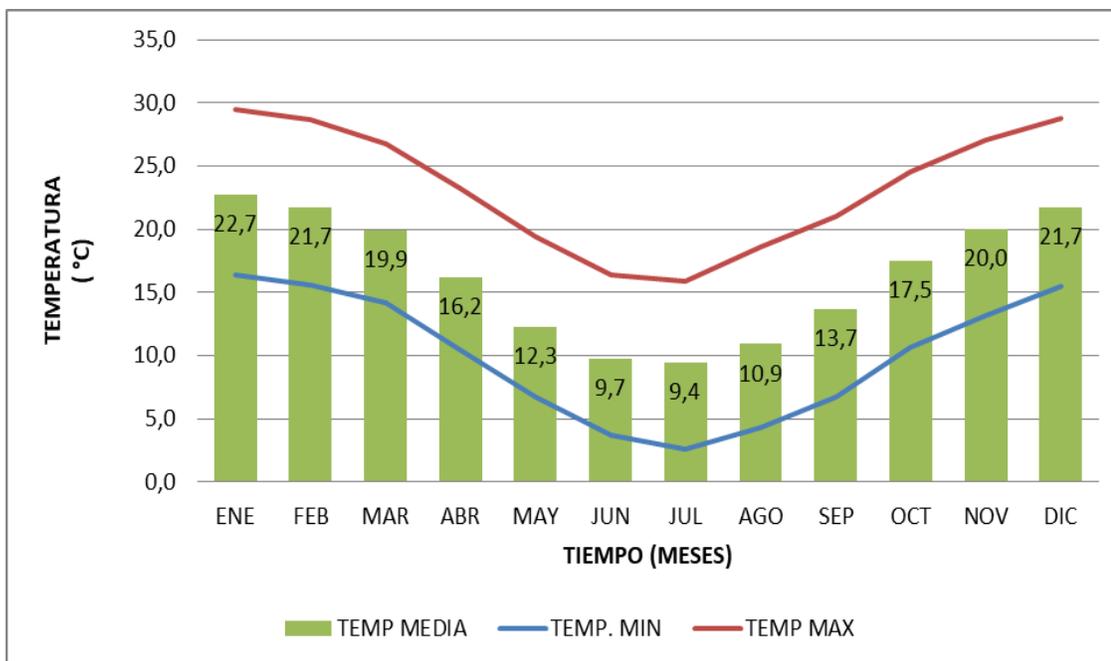


Figura 2: Valores normales mensuales de temperatura correspondientes a la localidad Río Cuarto período 1981-2010.

Fuente: Cátedra de Agrometeorología y Climatología agrícola de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

El régimen hídrico corresponde al tipo monzónico, concentrado el 80 % de las precipitaciones entre los meses de octubre y abril, predominando un clima sub húmedo con estación seca (Cantero *et al.*, 1986).

Para el periodo comprendido entre los años 1981 y 2010 el régimen anual de precipitación promedió los 782,5 mm. Los máximos registros mensuales se concentran en el mes de enero con valores promedios de 140 mm, seguido por diciembre con valores de 127 mm. El periodo comprendido entre junio, julio y agosto es el de mayor escasez, concentrando sólo el

4,48 % del promedio medio anual. (Datos aportados por la cátedra de Agrometeorología de la Universidad Nacional de Río Cuarto, periodo comprendido entre 1981 y 2010).

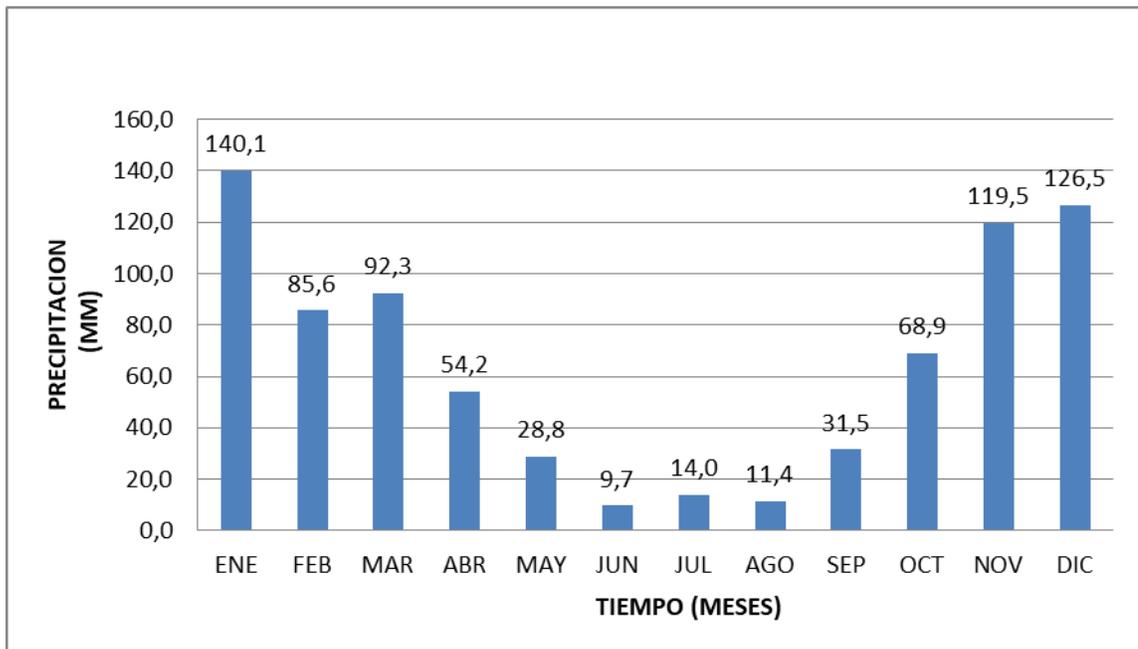


Figura 3. Valores normales mensuales de precipitación correspondientes a la localidad de Río Cuarto periodo 1981-2010.

Fuente: Cátedra de Agrometeorología y Climatología agrícola de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Los principales procesos productores de lluvias en el área de estudio corresponden a procesos frontales entre masas de aire cálido y húmedo del noreste y masas de aire del sur y suroeste, más frías y secas. Como así también masas de aire caliente y húmedo, inestables por procesos autoconvectivos excitados orográficamente, producen lluvias intensas, acompañadas de viento y granizo (proceso exclusivo del periodo estival) (Seiler, 1995).

En relación a los vientos, se pueden mencionar las direcciones predominantes para la secuencia anual, de julio a noviembre predominio del NE-SO, en menor frecuencia del S-N y del SO-NE, de diciembre a junio predominio del N-S, menos del NE-SO, S-N y del SO-NE (Seiler, 1995).

3.3 Características edáficas:

La llanura del Departamento de Río Cuarto es una planicie elevada con suave pendiente que aumenta en forma gradual hasta colindar con el ecosistema de la sierras en el oeste (Alliney, 2007).

El relieve es normal, de ondulado a suavemente ondulado, con pendientes medias y largas con distinto grado de complejidad y gradientes del 1-3 % (Cantero *et al.*, 1986).

La llanura es una pampa formada por materiales de origen volcánico (loessicos). El sur de Córdoba se caracteriza por poseer partículas de tamaño intermedio, con una textura franco arenosa con partes menores de limo y arcilla. La mezcla de texturas se depositó y cubrió la superficie hasta formar un manto de uno y hasta un metro y medio de profundidad, debajo de la cual quedó sepultado el material original. Si se hace un corte vertical al depósito eólico para estudiar el perfil, se observa, en la mayoría de los casos, que el mismo presenta un reducido número de horizontes (Alliney, 2007).

El perfil edáfico corresponde mayoritariamente a un Hapludol típico, se trata de suelos profundos y bien drenados, de textura franco arenosa en superficie y franca en el subsuelo, que no presentan impedimentos fisicoquímicos para el desarrollo de las plantas, atributos que los hacen de aptitud agrícola. Sin embargo, presentan una capacidad de retención de humedad algo baja, por lo que son susceptibles al estrés hídrico en las épocas de seca. Son, además, propensos a ser erosionados, lo que debe ser contemplado en su manejo. (Jarsun *et al.*, 2003). Son suelos de producción irregular que integran complejos por microrelieve, con vegetación natural totalmente modificada por usos ganadero-agrícola. Poseen buena fertilidad natural, modificada por uso, con rendimientos irregulares por déficit hídrico e irregularidad climática, perfiles poco evolucionados (Panigatti, 2010).

La textura medianamente gruesa y los poros formados por la materia orgánica facilitan el movimiento del agua y el aire, y a la vez, tanto la arcilla, como la materia orgánica, ofrecen alta capacidad para retener nutrientes y cederlos a las raíces. Esta combinación crea un asiento apto para la agricultura, principalmente para cultivos estivales, que si bien en algunos años pueden sufrir déficit hídrico, en condiciones normales ningún mes de verano sería seco, en cambio, lo contrario ocurre en meses invernales donde el régimen de precipitaciones decae notoriamente (Alliney, 2007).

Puntualmente el área del ensayo se caracteriza por un Hapludol típico franco arenoso muy fino. El contenido de materia orgánica en los primeros centímetros es de 2,5 %, posee un pH de 6,6, el contenido de P (fósforo) es de 7 mg- kg⁻¹ según el método Bray de extracción. (Lucero, 2012).

Cuadro 1: Descripción del perfil de suelo del campo experimental UNRC. (Fuente Lucero, 2012)

HORIZONTE	PROFUNDIDAD. (cm)	DENSIDAD APARENTE (g.cm ³)	LIMITE	ESTRUCTURA
Ap	0-7	1,1	Abrupto suave	Bloque sub angulares, medio, moderado.
Ad	7-19	1,4	Abrupto suave	Bloque sub angulares, medio, moderado.
A₃	19-29	1,2	Abrupto suave	Bloque sub angulares, medio, moderado.
Bw	29-44	1,2	Claro suave	Bloque sub angulares, medio, moderado.
Bc	44-74	1,3	Abrupto ondulado	Bloque sub angulares, medio, débiles.
C	74	1,3		Bloque sub angulares, fino, débiles.

3.4 Diseño experimental:

Para la realización de la evaluación se estableció un diseño experimental en bloques aleatorizados con dos repeticiones, quedando representadas tres situaciones: 1) siembra de alfalfa para la evaluación de cultivo puro 2) intercultivos alfalfa y gramínea anual de verano 2) cultivo anual de verano puro.

El tamaño de parcela correspondió a 12,5 m ancho y 36,6 m de largo, con un superficie total de 458 m².

Se utilizó el cultivar de alfalfa “Mayaco” del semillero Los Prados S.A, grado de reposo invernal 7 (GRI 7), sembrada la primera quincena de marzo de 2012, con una densidad de 12 kg/ha y fertilizada a la siembra con 50 kg-ha⁻¹ de fosfato di amónico (18:46:00).

El cultivo anual estival evaluado fue sorgo sudan (*Sorghum sudanense*). El mismo corresponde a la variedad F 700 del semillero GAPP, forrajero de ciclo corto y rápido crecimiento inicial, la densidad de siembra fue de 15 kg-ha⁻¹ de semilla viable (PG: 82 %, Vigor: 76%), el mismo fue sembrado el 10/12/13 mediante la técnica de siembra directa, estableciendo dos distancias entre hileras (DEH) 52 cm y 35 cm. Previo a la siembra del mismo, en la superficie asignada al tratamiento de sorgo puro, se realizó un control con agroquímicos, utilizándose el herbicida 2,4-D, y posteriormente se realizó una limpieza manual de las plantas remanentes que no fueron totalmente controladas con el producto químico mencionado.

Los tratamientos fueron cinco, los mismos repetidos en dos bloques:

- Alfalfa monocultivo
- Sorgo monocultivo con distancia entre líneas de siembra a 52 cm
- Sorgo monocultivo con distancia entre líneas de siembra a 35 cm
- Intercultivo alfalfa-sorgo con distanciamiento entre líneas de siembra a 52 cm
- Intercultivo alfalfa-sorgo con distanciamiento entre líneas de siembra a 35 cm

Esquema simplificado del ensayo:

BLOQUE I		BLOQUE II	
Sorgo puro 35 cm	Sorgo puro 52 cm	Sorgo puro 52 cm	Sorgo puro 35 cm
Alfalfa pura		Alfalfa pura	
Intercultivo 35 cm	Intercultivo 52cm	Intercultivo 52cm	Intercultivo 35cm



Figura 4: Esquema simplificado del ensayo, donde se detallan los tratamientos respectivos.

3.5 Variables evaluadas:

-Determinación de biomasa:

La evaluación de la biomasa se realizó mediante muestreos de 0,25 m², obtenidos con corte a ras del suelo. Se realizaron 4 muestras por tratamientos y las mismas fueron procesadas en laboratorio para separar sus componentes en especies forrajeras y malezas. Luego se llevaron a estufa de ventilación forzada hasta peso constante para su pesada y determinación de la materia seca.

Los momentos de corte se determinaron por estadios fenológicos de alfalfa, porcentaje de floración (10 %) o aparición de brotes basales en la corona y en el caso de los cultivos anuales, se tomó como criterio 0,60 a 0,70 m de altura del canopeo.

Seguidamente al muestreo, se cortó con una segadora el forraje remanente de cada parcela para promover un rebrote uniforme.

La variable respuesta obtenida correspondió a la producción de biomasa expresada en Kg MS ha⁻¹ para cada componente de la interseembra, cultivos puros de alfalfa y gramíneas anuales de verano.

El periodo de estudio fue durante el ciclo de crecimiento del sorgo, realizándose cuatro cortes: el primer corte fue previo a la siembra del cultivo anual, el 05/12/2013 el segundo corte 07/01/2014, el tercer corte 10/02/2014, y el cuarto corte 03/04/2014.

-Determinación de la radiación solar interceptada:

La intercepción de la radiación (RFAi) se midió en intervalos regulares de quince días, a partir del mes de febrero 2014, utilizando un equipo marca LI-COR LI 1400 Datalogger, conjuntamente con el sensor lineal LI-191SA quantum. Lincoln. NE. USA. En cada tratamiento de monocultivos, se realizó una medición a cielo abierto (I0) y tres debajo del dosel en forma transversal a las líneas de siembra (I). Mientras que en los tratamientos de intercultivos se realizó una medición de (I0), tres a nivel de canopeo en cada uno de los componentes y tres a ras del suelo. Las fechas de medición correspondieron: la primera el 22/02/2014, la segunda 07/03/2014, la tercera el 25/03/2014, la cuarta el 15/04//2014 y la quinta el 25/04/2014.

-La intercepción de la radiación:

Se determino de la siguiente forma:

$$IR (\%) = (1 - (I_0/I)) \times 100$$

Los valores de % IR fueron utilizados para obtener la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) mediante la siguiente ecuación:

$$RFAi = IR \% \times RAD$$

Donde RAD es la radiación fotosintéticamente activa incidente, la cual fue obtenida afectando a la radiación global (RG) por 0,48. La RG fue obtenida de la estación meteorológica automática que se encuentra instalada en el campo experimental donde se realizó el estudio.

$$RAD = 0,48 \times RG$$

Los datos obtenidos fueron sometidos a ANAVA y en los casos en que los valores de F indicaron diferencias estadísticamente significativas, los promedios se compararon a través de la prueba de LSD Fisher. Se determinó la distribución normal de los residuales y la homogeneidad de las varianzas. (*Infostat, 2008*)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE EL PERIODO

4.1.1 Temperatura

Las mediciones correspondientes al ensayo se enmarcan dentro de los meses de octubre 2013 a mayo 2014. Durante ese período se destaca una temperatura media máxima de 33,7 °C en el mes de diciembre 2013, encontrándonos en ese punto con el mes más cálido del ciclo del ensayo con una media de 24,9 °C. La media mínima se posicionó en el mes de mayo 2014, con un valor de 8 °C correspondiendo en valores medios de igual manera al mes más frío con una temperatura media de 12,9 °C . Se puede interpretar entonces que entre estos valores se encuadra la oscilación térmica del período en cuanto a temperaturas medias. Los valores absolutos máximos se encuentran en valor de 44,2 °C para el mes de diciembre y los absolutos mínimos en valor de -0,4 °C para el mes de mayo, posicionando los extremos absolutos de dicho ensayo.

Comparando los valores medios históricos con las temperaturas medias de los meses correspondientes al ensayo, podemos dividir al ciclo en dos fases. La primera corresponde al periodo de octubre 2013 a febrero 2014, donde las temperaturas medias del ciclo superaron las medias históricas. En febrero encontramos un punto de inflexión donde se invierte este comportamiento hasta llegar al mes de mayo, en este las temperaturas medias del ensayo estuvieron por debajo de las medias históricas (Figura 5).

En líneas generales, podemos decir que las temperaturas durante el periodo fueron normales en comparación con las históricas, permitiéndonos encuadrar el ensayo dentro de un año típico en cuanto al régimen térmico.

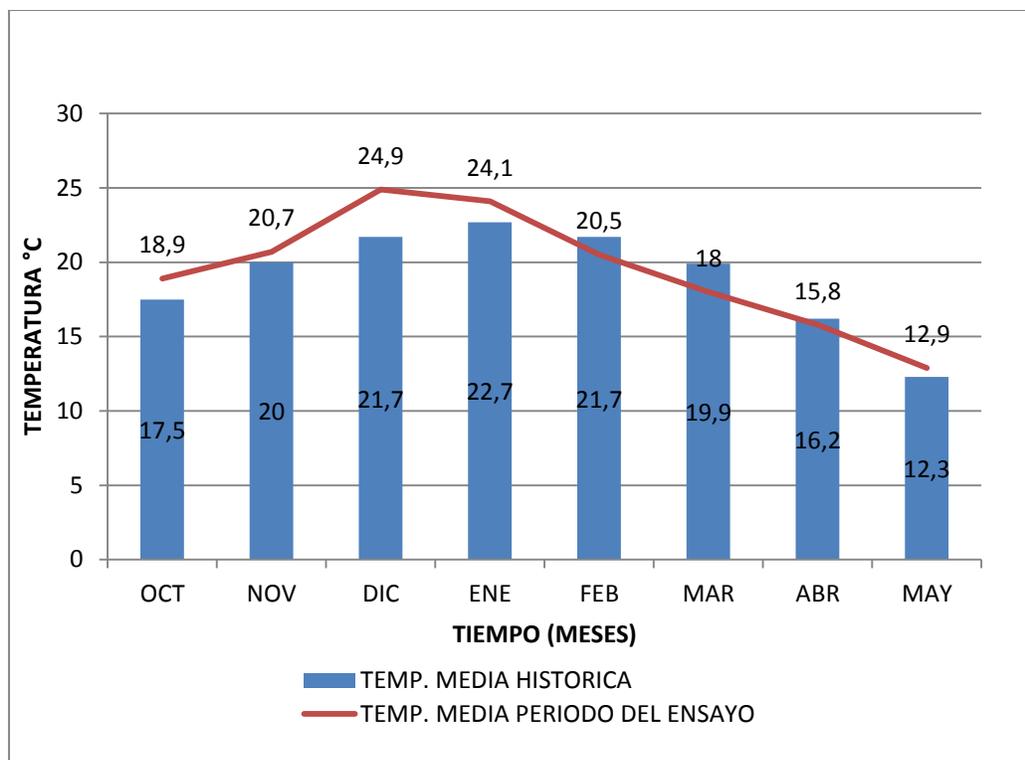


Figura 5. Temperatura media histórica vs temperaturas medias durante periodo de ensayo.

Fuente: Cátedra de Agrometeorología y Climatología agrícola de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

4.1.2 Precipitaciones

Teniendo en cuenta la sumatoria de las precipitaciones mensuales comprendidas en el periodo de octubre 2013 a mayo 2014 se registraron un total de 731mm. El promedio histórico para dicho espacio corresponde a 715,9 mm. En relación a los mm totales, el periodo del ensayo estuvo por encima del promedio histórico con una diferencia de 15,1mm.

Analizando el comportamiento mensual, se puede decir que la mayor disparidad entre el periodo del ensayo y el histórico se encuentra en el mes de febrero, donde los valores medios marcaban un total de 85,6 y durante el ensayo se registraron 167 mm para dicho mes. Otros puntos de diferenciación se encontraron en el mes de diciembre donde el periodo del ensayo superó a la precipitación histórica por 33,5 mm. En el mes de marzo, por el contrario, la precipitación en el periodo del ensayo se viò reducida en 36,3 mm con respecto a la histórica (Figura 6).

Como conclusión se determina que el año siguió relativamente el comportamiento histórico, teniendo como punto de análisis el mes de febrero donde sí se encontró un comportamiento diferencial superando la media histórica con valores contundentes desde el punto de vista práctico.

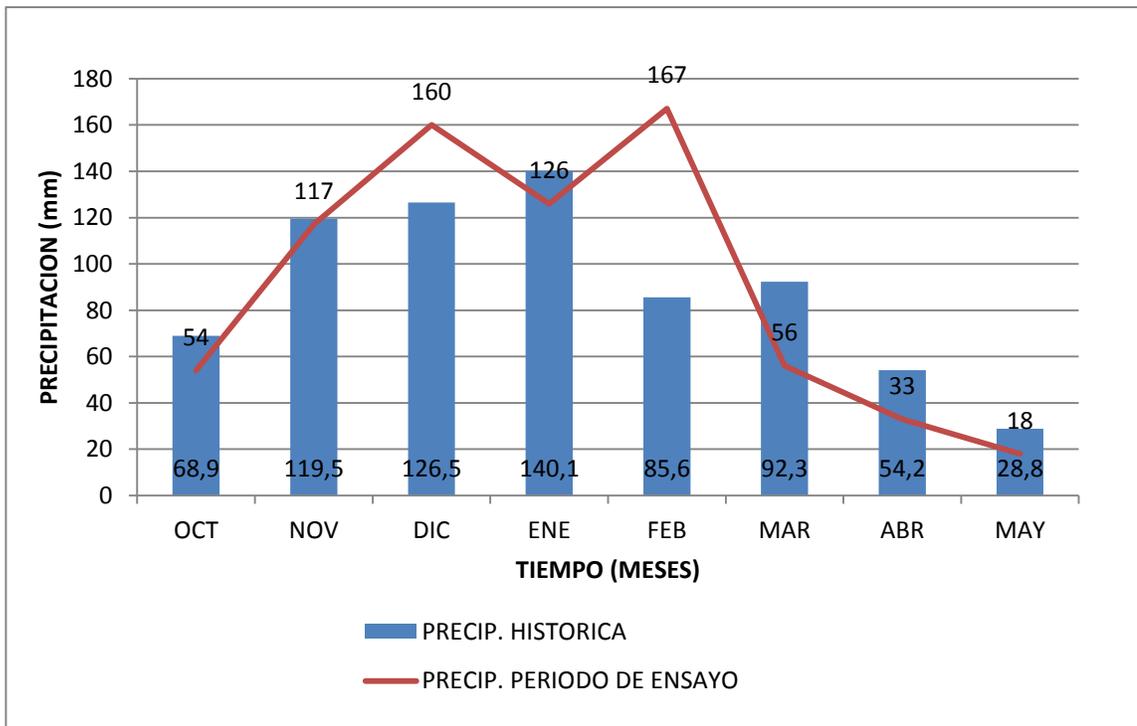


Figura 6. Precipitación media histórica vs precipitación periodo ensayo.

Fuente: Cátedra de agrometeorología y climatología agrícola de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

4.2 PRODUCCIÓN DE BIOMASA

En el Cuadro 2 se puede observar para cada fecha de corte la producción de biomasa en kilogramos de materia seca por hectárea para cada uno de los tratamientos. En la última columna se observa el total acumulado para cada una de las situaciones.

Cuadro 2: Producción de biomasa por corte y acumulado (Kg MS. Ha⁻¹) para cada uno de los tratamientos. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

TRATAMIENTO	1er CORTE	2do CORTE	3er CORTE	4to CORTE	ACUMULADO
Alfalfa + Sorgo 35 cm.	1834,90	2308,75	2149,80 b	5355,65 b	11649,1 b
Alfalfa + Sorgo 52 cm.	2295,60	2110,15	2114 b	6838,05 b	13357,8 b
Alfalfa pura.	2080,80	1690,40	924,35 a	1188,35 a	5887,9 a
Sorgo puro 35 cm.		1760,50	4139,1 c	5613,65 b	11513,25 b
Sorgo puro 52 cm.		1734,50	3997,6 c	6132,95 b	11865,1 b
P valor.	ns	ns	0,0001	0,0001	0,041
CV (%)	28,77	28,61	33,19	41,94	57,14

Letras diferentes indican diferencias significativas, según test LSD de Fisher (P≤0,05).

En el primer corte, sólo se detallan los valores para los tratamientos de alfalfa, debido a que la siembra del verdeo anual (sorgo) fue posterior a esta fecha. (Fecha de primer corte: 5/12/13, fecha siembra sorgo: 10/12/13).

En el segundo corte (07/01/14), ya con el aporte de la gramínea anual, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los tratamientos expuestos. Puede observarse un periodo entre siembra y primer corte del sorgo de 27 días.

En el tercer corte (10/02/14), los cultivos puros de sorgo tanto a 35 cm como a 52 cm mostraron los mayores valores productivos (kilogramos materia seca por hectárea). Por otro lado, aparecen ambos tratamientos de intercultivos y encontramos el menor valor en la alfalfa pura, todos estos con diferencias estadísticamente significativas.

Para el cuarto corte (03/04/14), no se encontraron resultados estadísticamente significativos para comparar los tratamientos de sorgo puro con los de intercultivos, pero sí

ambos con alfalfa pura, ya que la misma presentó los menores registros productivos difiriendo estadísticamente.

Ambos sistemas de intercultivos superaron la producción de forraje en comparación con el tratamiento de alfalfa pura, en el segundo corte alfalfa – sorgo 35 cm produjo 618,75 kg MS/ha más que el tratamiento alfalfa pura y alfalfa – sorgo 52 cm lo supero por 420,15 kg MS/ha. Para el tercer corte correspondió a 1190,05 kg MS ha⁻¹ más para alfalfa – sorgo 52 cm y 1225,45 kg MS ha⁻¹ más para alfalfa – sorgo 35 cm. En el cuarto corte se observa un incremento sobre alfalfa pura de 4167,3 kg MS ha⁻¹ para alfalfa – sorgo 35 cm y 5649,7 kg MS ha⁻¹ para alfalfa – sorgo 52 cm. La incorporación de Sorgo sudan genera un incremento en la oferta de forraje, ya que posee una alta tasa de fijación de carbono por tratarse de una gramínea C₄, generando altas tasas del crecimiento mayormente en el periodo estival, que se reflejan en una elevada producción de biomasa a partir de los meses de enero y febrero.

Se aprecia el comportamiento estacional del sistema, posterior al segundo corte, se observa una merma en la producción de biomasa en el tratamiento puro de alfalfa, dado por el típico comportamiento de una alfalfa con reposo invernal intermedio, donde el pico máximo de producción se obtiene en primavera, en los meses de verano decae, genera un nuevo pico a comienzos de otoño y merma notoriamente su producción cuando transcurren los meses invernales. Por el contrario en los sistemas evaluados de sorgo puro se observa un incremento notorio en la producción de biomasa a partir del segundo corte, esto generado por un comportamiento diferencial del sorgo, donde la mayor tasa de crecimiento se posiciona en los meses estivales. En el intercultivo encontramos la combinación de estos dos comportamientos, viéndose beneficiado el sistema en los meses primaverales por el aporte de la alfalfa y posteriormente en los meses estivales el sorgo es el que aporta la cantidad mayoritaria de materia seca, esto genera mejoras tanto en estacionalidad como en cantidad de forraje ofrecido en comparación a los sistemas puros de alfalfa.

Similares resultados se encontraron en otros trabajos referidos al tema, ensayos realizados en la Universidad Nacional de Río Cuarto sobre intercultivo de sorgo sudan y mijo perla sobre cultivo de alfalfa (Pereyra *et al.*, 2013) concluyen que la producción de forraje (kg MS/ha) de las intersembras fue mayor a la de alfalfa pura en todos los cortes y el total del ciclo, valores que difirieron estadísticamente ($p \leq 0,05$). No obstante, las intersembras produjeron menos forraje que los verdeos puros, en los cortes de enero, febrero y en el total de ciclo arrojando diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Sólo en el corte de abril, las intersembras no difirieron estadísticamente de la producción de mijo y sorgo puros.

Pereyra *et al.*, 2013 concluyeron que la asociación alfalfa-sorgo sudan y alfalfa-mijo perla permite aumentar considerablemente la producción de forraje por unidad de superficie en relación a un cultivo de alfalfa puro, mejorando la distribución por corte y la producción estacional durante el período de crecimiento del verdeo.

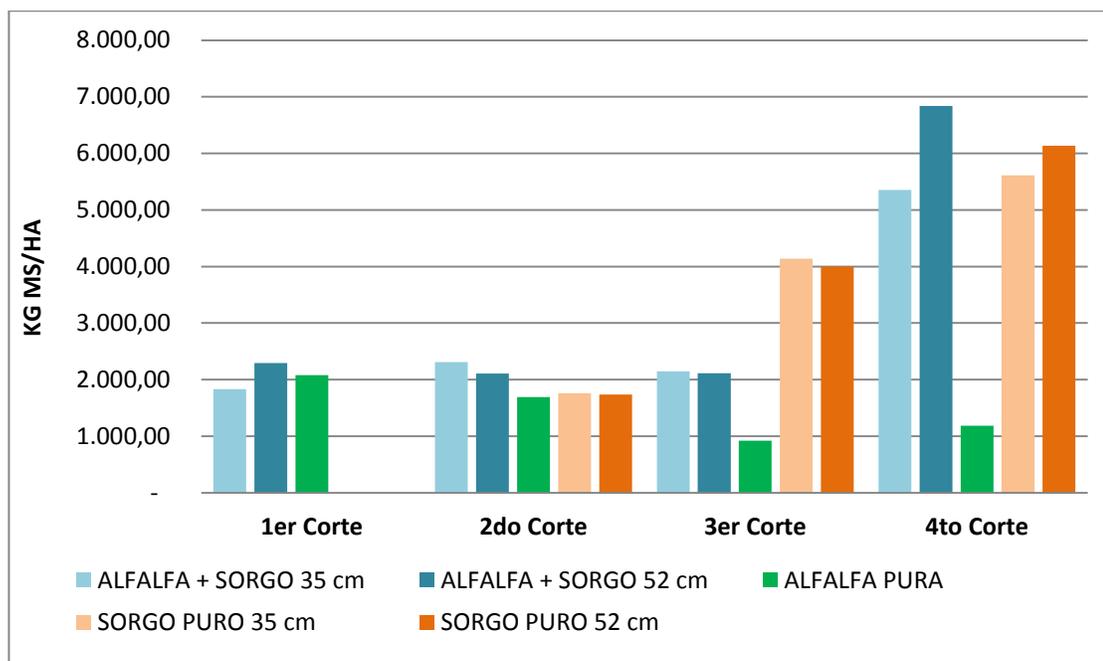


Figura 7: Producción de biomasa expresada en kilogramos de materia seca por hectárea de cada tratamiento por corte. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Finalmente, evaluando la materia seca acumulada durante el periodo de estudio, se encontro que alfalfa pura arrojó los menores valores, difiriendo estadísticamente tanto con los tratamientos de intercultivo como con los de sorgo puro. Comparando intercultivos con sorgo puro, no se encontraron valores estadísticamente significativos para producción de biomasa acumulada.

El tratamiento de alfalfa pura fue superado en el total acumulado por ambos sistemas de intercultivos, alfalfa – sorgo 35 cm sobrepaso su producción en 5761,1 kg MS ha⁻¹. Mientras que alfalfa – sorgo 52 cm 7469,1 kg MS ha⁻¹ por encima de la leguminosa pura.

Alfalfa pura produjo como acumulado en el ciclo 5887,9 kg MS ha⁻¹, lo que fue prácticamente duplicado por ambos sistemas de intercultivo, para una misma superficie productiva, esto genera una marcada mejora en la oferta forrajera por unidad de área (Figura 7).

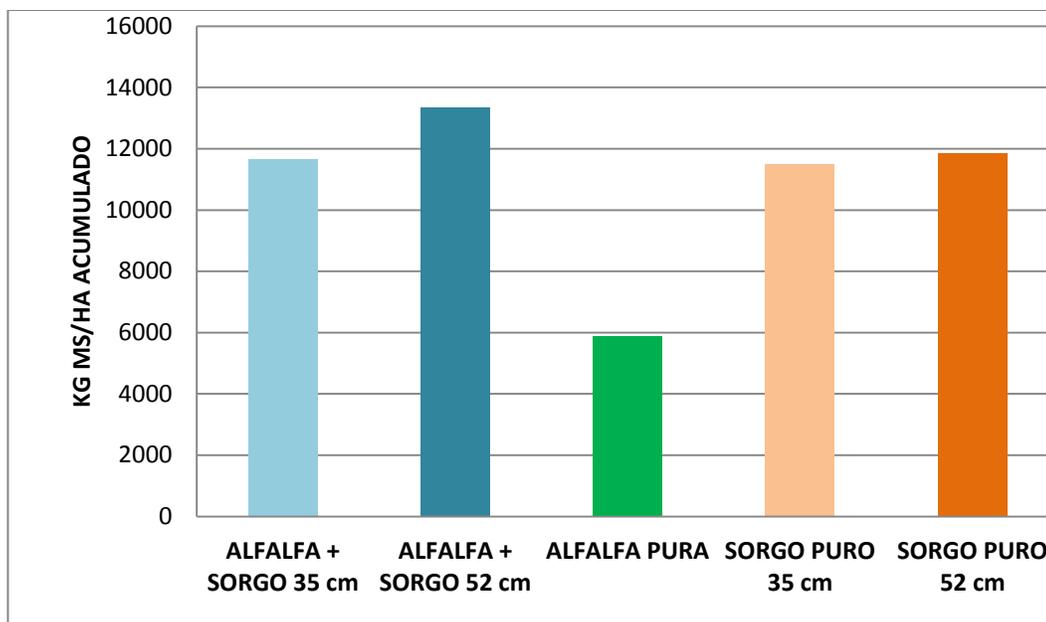


Figura 8: Producción de biomasa expresada en kilogramos de materia seca acumulada por hectárea de cada tratamiento. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Resultados similares encontró Giachero (2015) en un ensayo en el mismo ambiente, en este caso el intercultivo correspondía a alfalfa mijo perla y alfalfa sorgo sudan, ambas combinaciones superaron en lo que respecta a biomasa total acumulada al cultivo de alfalfa pura, pero no difirieron estadísticamente entre ellos ni con los cultivos puros respectivos.

Gatti (2016) para el mismo ambiente encontró que el intercultivo de alfalfa sorgo supero la producción acumulada del monocultivo de alfalfa, arrojando una diferencia de 7441 kg MS ha⁻¹ para el distanciamiento a 52 cm, y unos 5894 kg MS ha⁻¹ para el distanciamiento de 35 cm. La diferencia entre intercultivo y sorgo puro no difirió estadísticamente.

De igual manera, Pagliaricci y Pereyra (2006) en un ensayo llevado a cabo en el Campo Experimental Pozo del Carril, encontraron que la intersembra de alfalfa con cereales de invierno fue mayor en lo que respecta a total acumulado al de alfalfa pura.

Heinrichs y Franecelli (1999) encontraron una mejora entre un 13% y 15% de la producción de biomasa acumulada total comparando intercultivo de avena y vicia con el cultivo leguminoso en forma pura, mejorando no solo la cantidad sino que también la distribución temporal de forraje.

4.3 RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA INTERCEPTADA

Valores correspondientes a radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) expresada en $Mj.m^2.dia^{-1}$ se pueden observar en el cuadro 3, para cada uno de los tratamientos y un promedio general de dichos valores.

Cuadro 3: Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) para cada uno de los tratamientos expresada en $MJ.m^2.dia^{-1}$. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

TRATAMIENTO	FECHA					
	22/02/14	07/03/14	25/03/14	15/04/14	25/04/14	\bar{X}
Alfalfa + Sorgo 35 cm.	0,83	5,6 b	8,48	6,05	5,92	5,38
Alfalfa + Sorgo 52 cm.	1,56	3,8 a	8,06	5,85	5,85	5,02
Alfalfa pura.	1,95	6,45 b	7,58	5,95	6,07	5,6
Sorgo puro 35 cm.	1,2	2,75 a	8,2	5,69	6,04	4,71
Sorgo puro 52 cm.	1,16	2,91 a	7,6	5,22	5,88	4,93
<i>P</i> valor	ns	0,0001	ns	ns	ns	ns
CV (%)	51,78	30,1	15,14	10,99	3,03	47,8

Letras diferentes indican diferencias significativas, según test LSD de Fisher ($P \leq 0,05$).

Se puede observar que solamente en la muestra dos con fecha 07/03/14 los datos arrojan valores estadísticamente significativos a favor de los tratamientos de alfalfa pura y alfalfa sorgo a 35cm en segundo lugar.

En el resto de las mediciones y en el promedio general no se observan valores estadísticamente significativos referidos a RFAi entre los diferentes tratamientos evaluados.

Se observa un incremento de la RFAi general desde la fecha 1 (22/02/14) a la fecha 3 (25/03/14) y luego un descenso en lo que corresponde a la fecha 4 (15/04/14) y 5 (25/04/14), eso corresponde a que posterior a la medición 3 con fecha de 25/03/14 se realizó un corte (03/04/2014) para la medición de biomasa, por lo tanto las mediciones 4 y 5 son tomadas a partir de un nuevo rebrote del complejo forrajero (Figura 8).

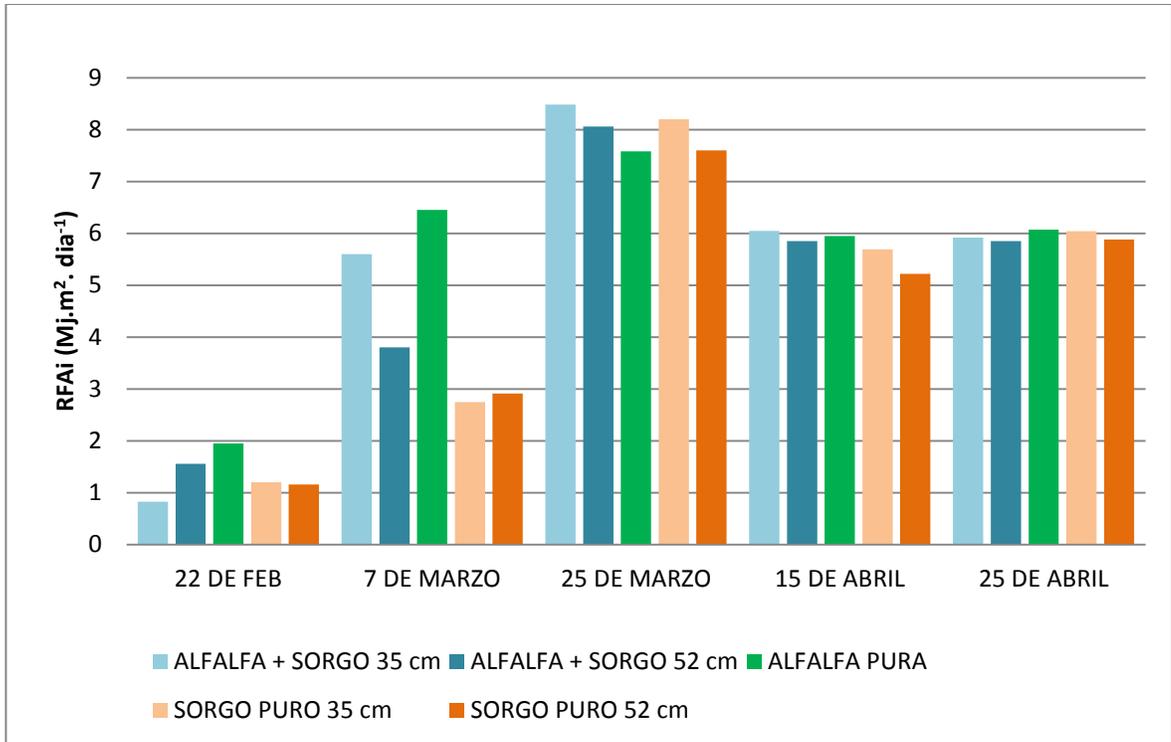


Figura 9: Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($\text{Mj.m}^2.\text{dia}^{-1}$) para cada uno de los tratamientos evaluados. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Analizando el promedio general de Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) para cada tratamiento se observa una mayor interceptación en el cultivo de alfalfa pura, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa para el ensayo ($P \geq 0,05$) (Figura 10).

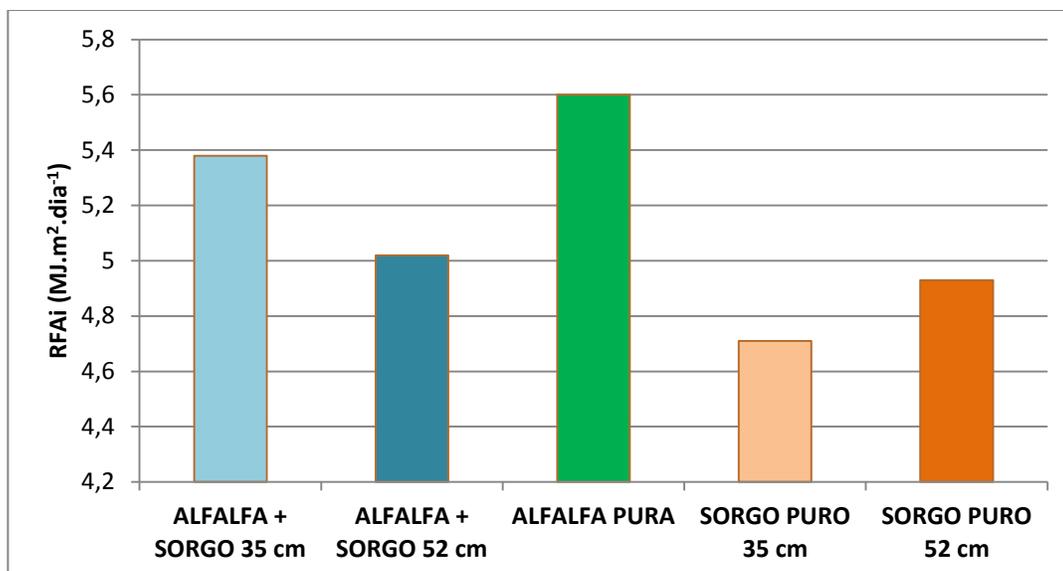


Figura 10: Radiación fotosintéticamente activa interceptada promedio (Mj.m².dia⁻¹) para cada uno de los tratamientos evaluados. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Díaz *et al.* (2008) encontró, en ensayos realizados en Paraná sobre intercultivos entre una leguminosa y una gramínea en este caso maíz y soja en surcos, que la interceptación de la radiación medida en el estado R1 del maíz y de la soja difirió significativamente ($p \leq 0.05$). El tratamiento de soja pura alcanzó un 95 % de interceptación mientras que el maíz puro un 90.5 %. Con el reemplazo de surcos de soja por surcos de maíz la interceptación de la radiación fue menor.

Cambareri *et al.* (2011) extendió un trabajo en la EEA INTA Balcarce donde evaluó intercultivos de soja. Como resultado encontraron que la radiación total acumulada en soja pura fue de 1545 MJ/ m², mientras que lo acumulado por soja – trigo y soja – maíz fue un 26 % y 44 % menor, respectivamente.

Cambareri *et al.* (2009), en ensayos realizados en Balcarce, evaluó intercultivos de soja-maíz comparando resultados entre año seco y año húmedo encontrando que la diferencia entre años en la RFAs (Radiación Fotosintéticamente Activa Soja) acumulada a lo largo del ciclo no fue significativa, sí fue diferente estadísticamente entre tratamientos, siendo mayor en el cultivo puro de soja respecto de los sistemas de intercultivo.

A pesar que el ensayo no presentó diferencias significativas a nivel estadístico, la tendencia se corresponde con los trabajos citados anteriormente, en los cuales se observa una mayor Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (RFAi) para el cultivo de leguminosa

pura, a medida que aumenta en el sistema la proporción intercultivada con gramínea los índices de intercepción se reducen.

Un cultivo intercepta radiación solar directa y radiación indirecta o difusa, las hojas superiores del canopeo reciben mayoritariamente luz directa, mientras que las inferiores solo una pequeña proporción. A medida que se profundiza en el canopeo la radiación indirecta se torna más importante debido al aumento de la radiación transmitida por el follaje y reflejada por las hojas. En un intercultivo gramínea – leguminosa (alfalfa – sorgo) por lo general el cultivo gramínea, por su mayor porte vegetativo, predomina en los estratos superiores, aprovechando mayoritariamente la radiación solar directa, mientras que la leguminosa de menor porte, queda reducida a estratos intermedios y bajos, en los cuales predomina la radiación indirecta o difusa.

En la figura 10 y 11 se observa el porcentaje de RFAi (Radiación fotosintéticamente activa interceptada) para cada uno de los componentes dentro del intercultivo, tomada como porcentaje del total interceptado.

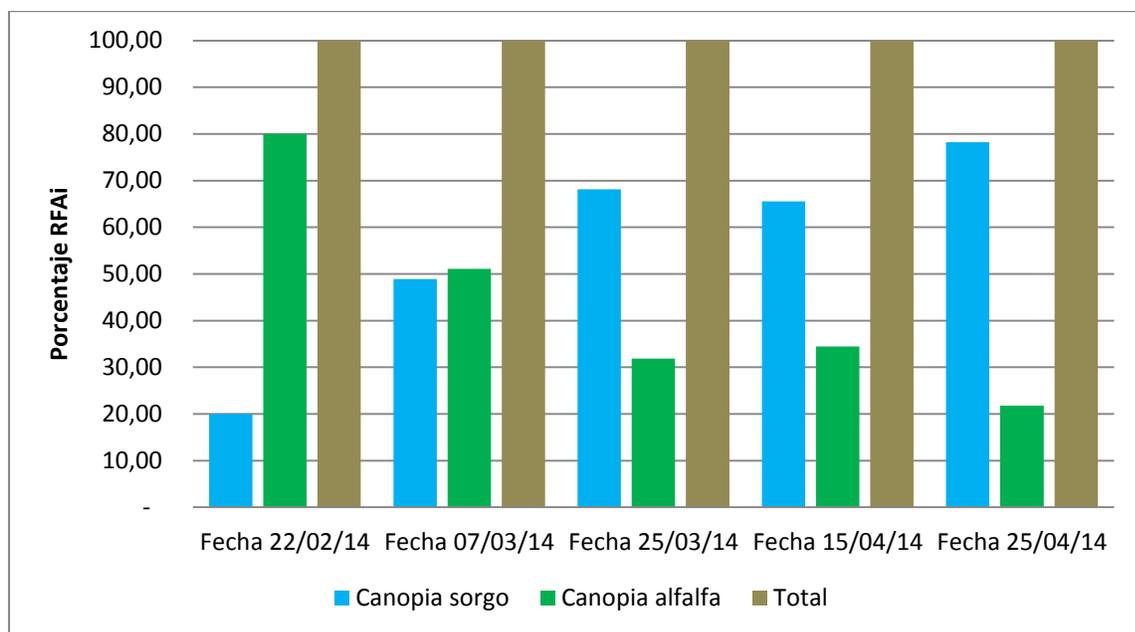


Figura 11: Porcentaje de Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($Mj.m^2.dia^{-1}$) por componentes del intercultivo Alfalfa – Sorgo 35 cm. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

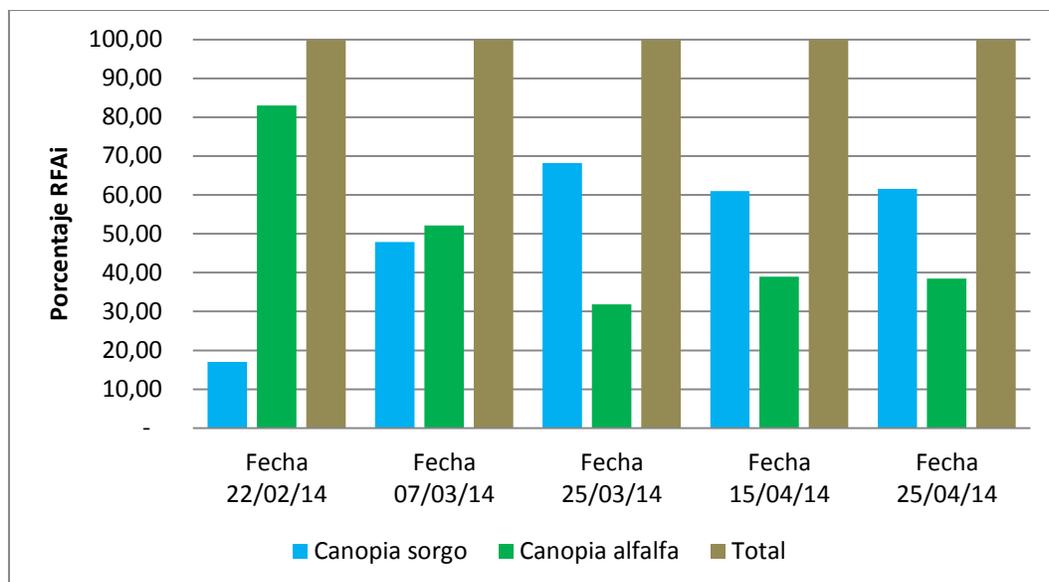


Figura 12: Porcentaje de Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($Mj.m^2.dia^{-1}$) por componentes del intercultivo Alfalfa – Sorgo 52 cm. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Analizando el comportamiento individual de cada componente dentro del intercultivo, se encontró que en la primera medición con fecha de 22/02/14, la cual fue tomada diez días posteriores al corte del complejo forrajero, alfalfa muestra un mayor valor porcentual de RFAi (Radiación fotosintéticamente activa interceptada) en comparación con sorgo, esto puede estar explicado debido a que alfalfa posee una estructura foliar del tipo planofila, la cual necesita menor área foliar para interceptar la misma radiación solar que un gramínea, en este caso sorgo, con un perfil foliar del tipo erectófilo. Esto le otorga a alfalfa ventajas competitivas en las primeras instancias de crecimiento posteriores a un corte o pastoreo.

A la inversa sucede a medida que avanzamos en las mediciones, sorgo empieza a mostrar un aumento considerable en los valores de RFAi (Radiación fotosintéticamente activa interceptada) ya que a valores elevados de IAF (Índice de área foliar) las hojas verticales tienen ventajas, la luz ingresa con una distribución más uniforme en la canopia, menor intercepción de hojas superiores permiten que la misma sea interceptada por las hojas inferiores, generando un comportamiento diferencial en la atenuación de la radiación dentro del canopeo. Otorgando ventajas competitivas a la gramínea a medida que se incrementa el volumen foliar del complejo forrajero.

Gatti (2016) sobre el mismo ensayo y para el mismo año, encontró una reducción en la biomasa de malezas en el orden del 9,27% y 15,19% para alfalfa – sorgo 35 cm y alfalfa –

sorgo 52 cm respectivamente, comparados con el cultivo de alfalfa puro. Esto refuerza el concepto previamente analizado y nos permite ver reflejado esta característica diferencial de competencia, generada por alfalfa en los primeros estadios de crecimiento y sorgo en los posteriores, generando una ventaja competitiva, disminuyendo la cantidad de luz que queda disponible para el crecimiento de malezas en los estratos inferiores del conopeo, siendo esto un punto crítico en un sistema de pasturas.

Esto refuerza conceptos previos que marcan que los cultivos presentan aspectos competitivos cuando crecen en forma simultánea, debido a la gran competencia que se genera por el recurso luz (Caviglia *et al.*, 2007).

5. CONCLUSIONES

El intercultivo de alfalfa- sorgo forrajero tanto en el tratamiento a 52 cm como a 35 cm superó la producción de biomasa acumulada (kg MS ha^{-1}) correspondiente a alfalfa pura, pero no difirieron de los tratamientos de sorgo puro obteniendo producciones similares para el año en que se realizó el ensayo.

El intercultivo presentò no solo ventajas en el volumen total de materia seca ofrecido con respecto a la leguminosa pura, sino que también mostro beneficios referidos a la estacionalidad de producción, mejorando la oferta de forraje en los meses estivales, donde normalmente alfalfa presenta una merma en la producción.

En lo referido a interceptación de la radiación, para el año que se realizó el ensayo, los valores de RFAi ($\text{Mj m}^2 \text{ d}^{-1}$) correspondientes a los intercultivos de alfalfa-sorgo en los dos tratamientos (52 cm y 35 cm) no superaron los valores correspondientes a los cultivos puros.

Se observó un comportamiento de interés dentro del intercultivo que corresponde a la captación de la luz diferenciada, en etapas tempranas del rebrote del complejo forrajero, alfalfa ejerce la mayor intercepción a causa de su disposición foliar planofila, eficientizando el complejo forrajero a etapas iniciales de rebrote. A su vez sorgo en etapas avanzadas, cuando aumenta el área foliar, se comporta de forma más eficiente a causa de su disposición erectofila.

Esta ventaja no se reflejó en los resultados finales de biomasa, tal vez a causa de una relación desfavorable de competencia, que se genera en etapas avanzadas del desarrollo foliar del complejo forrajero, donde sorgo, dadas sus características vegetativas (porte), intercepta la mayor cantidad de radiación solar directa, generando en alfalfa un efecto negativo.

Lo anteriormente analizado deja en claro la necesidad de generar nuevas líneas de investigación referidas a la dinámica de los intercultivos leguminosas – gramíneas, que permita analizar no solo sus ventajas productivas sino también la competencia interespecifica que se genera entre ambos.

Como factores de evaluación a futuro se podrían analizar fechas de siembra del recuso gramínea sobre alfalfa, grado de reposo invernal de la leguminosa, densidad de siembra de los diferentes recursos, distancia entre hileras, biomasa de malezas.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALLINEY, J. 2007. Los suelos de la llanura de Río Cuarto. Puntal, Sec. Tranquera Abierta, Río Cuarto, 22.12.07: 2p.

BASIGALUP D. H., ROSSANIGO R. y BALLARIO M. V. 2007. El cultivo de la alfalfa en la Argentina. Ediciones INTA, 2007. Cap. 1. Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. 13p.

BUSQUÈ, J. y M. HERRERO. 1995. Atributos funcionales de las plantas y su implicación para el manejo de pasturas tropicales. En: Manejo y utilización de pasturas tropicales. Pasturas Tropicales. Volumen especial. (Eds. M. Herrero y A. Ramírez). CIAT, Colombia. Calviño, P.; Cirilo.

CALVIÑO P.; CIRILO A.G.;CAVIGLIA O. y MONZON J.P. 2005. Resultados de intercultivo de maíz y soja en tres regiones maiceras argentinas. VIII Congreso Nacional de Maíz. Rosario, Argentina.

CAMBARERI, M., BOLTON, A., DELLA MAGGIORA, A. y ECHARTE, L. 2009. Microambiente y producción de biomasa en soja intercultivada con maíz: año seco vs año húmedo. Unidad Integrada Balcarce. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP - EEA INTA Balcarce.

CAMBARERI, M., ECHARTE, L., DELLA MAGGIORA, A. y ABBATE, P. 2011. Eficiencia de uso de la radiación durante el período reproductivo en soja en sistemas de intercultivo. Unidad Integrada Balcarce (Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP - EEA INTA; Balcarce), Balcarce, Argentina.

CANTERO G.A., BRICCHI E., BECERRA V. H., CISNEROS J. M. y GIL H. 1986. Descripción y zonificación de las tierras del departamento Río Cuarto. 1 carta 1:250.000. FAV, UNRC, Río Cuarto.

CARRASCO, N., ZAMORA M. y MELIN A. 2011. *Manual de sorgo*. Ediciones INTA. Cap. 1. Importancia del cultivo de sorgo. 5p.

CAVIGLIA, O.P., PAPANOTTI, O.F. y M.C. NASAL. 2007. La contribución de los cultivos múltiples a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas en Entre Ríos. Agricultura Sustentable en Entre Ríos. Ediciones INTA 2007. 139-148p.

CAVIGLIA O.P., SABRAS V.O. and ANDRADE F.H. 2004. Intensification of agriculture in the southeastern Pampas I. Caputre and efficiency in the use of water and radiation in doublecropped wheatsoybean. Field Crops Res., 87,117-129.

CRAGNAZ, A. 2012. La intensificación de la ganadería de la mano del sorgo. Producir XXI, Bs. As., 20(248):47-51.

DIAZ, M.G., KOOTEL, W., LOPEZ, R., CAVIGLIA, O., PELTZER, H. y BLANZACO, E. 2008. Evaluación de diferentes proporciones de maíz-soja en intercultivo en surcos. INTA. EEA Parana. Parana, 22 de agosto de 2008.

EIRIN, M., SANCHEZ VALLDUVI, G. y TAMAGNO, N. 2015. Intercultivo de girasol con *Trifolium pratense* o *Trifolium repens*: productividad del cultivo y calidad forrajera del rastrojo.1Rev. Fac. Agron. Vol 114 (1): 100-105p.

ENRIQUE, M.; BECKER, G. y GARCIA, J. 1989. Evaluacion de cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L) bajo riego. Congreso Argentino de Produccion Animal, 12; San Martin de los Andes, Nequen; AAPA, Asociacion Argentina de Produccion Animal; 19 – 21 de junio 1986. En: *Revista Argetina de Produccion Animal* Vol. 9(6): 439-445.

FERNANDEZ, O.N; VERGARA, O.; VIRNOLO, O.R. y LATERRA, P. 1997. Producción de una pastura polifítica en siembra consociada con verdeo de invierno. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17 (sup. 1):96. Keating, B. & Carberry, P. 1993.

GATTI, F. 2016. Producción de biomasa en intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo sudan (*Sorghum sudanense*), en Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Tesis de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 32p.

GIACHERO, E. 2015. Eficiencia en el uso del agua de intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) y mijo perla (*Pennisetum americanum*). Tesis de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 21p.

GOOGLE EARTH 2016. En: <http://www.google.com/earth/index.html>. Consultado: 10/09/2017.

HEINRICHS, R. and A.L. FRANCELLI. 1999. Influence of intercropped common vetch (*Vicia sativa* L.) and naked oat (*Avena strigosa*) on biomass production and nitrogen addition. *Scientia Agricola* 56:56-70.

INFOSTAT 2008, Infostat, versión 2005.1. Grupo infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, Editorial Brujas, Argentina.

JARSÚN, B., GORGAS J. A., ZAMORA E., ESMERBOSNERO, E. L., RAVELO, A. y TASSILE, J. L. 2003. Recursos Naturales de la provincia de Córdoba: Los suelos. Agencia Córdoba D.A.C.y T.S.E.M Dirección de Ambiente, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Manfredi, Córdoba.

LUCERO BLANGETTI, M.F. 2012. Caracterización del crecimiento y producción de biomasa de Cebadilla criolla (*Bromus catharticus* (Vahl)) en la región de Río Cuarto. Tesis de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 14p.

MELO E.O., 2013. Análisis crítico de la ganadería bovina argentina. En: www.ipcva.com.ar/files/escrito%20manfredi%20%20melo%202004.doc. Consultado 10/2/2014.

MICHELENA R., M. EIZA. Y CARFAGNO P. 2013. Los suelos, la soja y la agriculturización. Instituto de Suelos CIRN INTA Castelar.

MORLA, F.D., GIAYETTO, O., FERNANDEZ, E.M., CERIONI, G.A., KEARNEY, M.I.T., PRACK MCCORMICK, I., VIOLANTE, M.G. y ROSSO, M.B. 2014. Intercultivos en franjas de maní y maíz en la provincia de la Pampa. Departamento de Producción Vegetal - FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto.

OFORI, F. and W.R. STERN. 1987. Cereal- legume intercropping systems. Adv. Argon. 41:49 – 90p

PAGLIARICCI H.R. y T. PEREYRA. 2006. Producción y distribución de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) intersebrada con cereales de invierno. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2006. Vol. 14 (4): 115-119p.

PANIGATTI, J.L. 2010. Argentina 200 años, 200 suelos. Ed. INTA Buenos Aires. 345 pp.

PAPAROTTI, O., MELCHIORI, R., CAVIGLIA, O. y BARBAGELATA, P. 2008.

Maíz y soja en intercultivo en surcos: una tecnología a considerar para ensilar. INTA. EEA Paraná. Paraná, lunes 15 de septiembre de 2008.

PEREYRA T.W. 2005. *Rendimiento relativo de biomasa en intercultivos de alfalfa con cereales forrajeros de invierno*. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

PEREYRA, T., PAGLIARICCI, H.R., GUILLERMON, C. y GRASSI, E. 2007. Producción y distribución de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) intersebrada con triticale (*X Triticosecale* Wittmack) y Raigras anual (*Lolium multiflorum* Lam.). Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. Argentina.

PEREYRA T.W., PAGLIARICCI H.R. y OHANIAN A.E. 2013. Intersiembrado de sorgo sudanés (*sorghum sudanense*) y mijo perla (*Penisetum americanum*) en alfalfa (*Medicago sativa* L.) Revista archivos Latinoamericanos de Producción animal. Vol 21, número 3: 143-148.

ROMERO N. A., COMERÓN E. A. y USTARROZ E. 1995. *La alfalfa en la Argentina*. Manejo y utilización de la alfalfa. Ediciones INTA. 150-170p.

ROSSO, M.B., CERIONI, G.A., GIAYETTO, O., FERNANDEZ, E.M., MORLA, F.D., KEARNEY, M., VIOLANTE, M.G y V. BARBERO. 2012. Intercultivos en franjas de maní y maíz en secano y bajo riego en Río Cuarto, Córdoba. Departamento Producción Vegetal. Departamento Biología Agrícola, FAV-UNRC. Actividad privada.

SANCHEZ, P. and J. G. SALINAS. 1981. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. *Adv. Agron.* 34:279-406p.

SATORRE E. H.; BENECH R.L.; SLATER G.A.; DE LA FUENTE E.B.; MIRALLES D.J.; OTEGUI M.E. y SAVIN R. – 2003 - Producción de granos, bases funcionales para su manejo.

SEILER, R., R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. VINOCUR. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto – 1974 / 1993. Volumen I. UNRC. 41p.

THIESSEN MARTENS, J. R., M. H. ENTZ, and J. W. HOEPPNER. 2005. Legume cover crops with winter cereals in southern Manitoba: Fertilizer replacement values for oat. *Canadian Journal of Plant Science* 85: 645-648.

TOMASONE F., REY J.L., TROSSERO T. y KUHLMAN R., 1996. Pasturas y verdesos en siembra directa. Actas IV Congreso Nacional de siembra directa, Rosario, Argentina. 10-13 agosto de 1996. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) 2: 154-166

VERGARA, P.A. 1996. Producción de pasturas en siembras consociadas con cereales de invierno. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Mar del Plata, Argentina. 219p.