

**Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria**

Trabajo Final para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo
Modalidad: Proyecto

**Eficiencia en el uso del agua de intercultivos de alfalfa
(*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) y
mijo perla (*Pennisetum americanum*)**

**ALUMNO: Giachero, Emiliano M.
DNI: 31.405.500**

**DIRECTOR: Lic. M Sc. Telmo Pereyra
CO-DIRECTOR: Ing. Agr. Dr. Alfredo Ohanian**

**Río Cuarto-Córdoba.
Marzo 2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Eficiencia en el uso del agua de intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) y mijo perla (*Pennisetum americanum*).

Autor: **Giachero, Emiliano Miguel.**
DNI: **31405500**

Director: **Lic. M Sc. Telmo Pereyra**
Co – Director: **Ing. Agr. Dr. Alfredo Ohanian**

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

AGRADECIMIENTO

Les agradezco a mis padres, Oscar R. Giachero y Gladys A. Dalmasso, por haberme dado la posibilidad de tener mis estudios y por darme su apoyo tanto moral como económico. También, a mis queridos hermanos Sebastián, Lorena, Soledad y Antonella.

A mi novia Noelia por acompañarme y apoyarme en este largo camino de estudio.

A mis compañeros de facultad y amigos por hacer cada momento de la carrera algo especial que sin duda quedarán en mi memoria guardados por el resto de mi vida.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) que me dio la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mi director de tesis Telmo Pereyra y co-director Alfredo Ohanian por la enseñanza y la paciencia brindada y por haberme dado la posibilidad de realizar este trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice general.....	IV
Índice de Figuras.....	VI
Índice de Cuadros.....	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMARY.....	IX
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 Planteo de la problemática.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Objetivos	
1.4.1 Objetivos generales.....	6
CAPÍTULO II	
MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1 Área de trabajo.....	7
2.2 Tratamientos y diseño experimental.	
2.2.1 Tratamientos.....	8
2.2.2 Diseño experimental.....	8
2.3 Variables estudiadas.	
2.3.1 Mediciones de biomasa.....	9
2.3.2 Determinación de la dinámica del agua.....	9
2.3.3 Determinación de la eficiencia en el uso del agua.....	10
2.4 Análisis estadístico.....	11
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIONES	
3.1 Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo.....	12
3.2 Producción de biomasa.....	13
3.3 Evapotranspiración.....	15

3.4 Eficiencia en el uso del agua.....	16
.	
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES.....	19
CAPÍTULO V	
POSIBLES LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO VI	
BIBLIOGRAFÍA.....	21
CAPÍTULO VII	
ANEXO.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Área de trabajo: sitio experimental.....	7
Figura 2: Temperaturas medias durante la estación de crecimiento, del ciclo 2012/13 y normales, en Río Cuarto, Córdoba.....	12
Figura 3: Precipitaciones durante la estación de crecimiento, del ciclo 2012/13 y normales, en Río Cuarto, Córdoba.....	14
Figura 4: Evapotranspiración acumulada (mm) de intercultivos de alfalfa con mijo perla y sorgo sudan y sus respectivos monocultivos. Río Cuarto, Córdoba. Argentina. Año 2013.....	19

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Producción de biomasa por corte y acumulada ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) durante el periodo comprendido entre el 03/01/2013 al 10/04/2013.....	16
Cuadro 2: Evapotranspiración (mm) por corte y acumulada durante el periodo comprendido entre el 03/01/2013 al 10/04/2013.....	18
Cuadro 3: Eficiencia del uso del agua (EUA) por corte y acumulada ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) durante el periodo comprendido entre el 03/01/2013 al 10/04/2013.....	21

RESUMEN

Tradicionalmente se incrementó la productividad de los recursos al aumentar el rendimiento por superficie 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, el sistema de intercultivos puede ser otra forma de mejorar la rentabilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia en el uso de agua (EUA) y la producción de biomasa en los intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) y mijo perla (*Pennisetum americanum*) y en los respectivos cultivos puros. El experimento se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante la campaña 2012-13. Sobre una pastura de alfalfa sembrada la primera quincena de marzo del 2012, se realizaron las intersembras con mijo perla y las intersembras con sorgo forrajero el 28 de noviembre del 2012, llevadas a cabo con una sembradora de siembra directa. Se utilizó un diseño en franjas con dos repeticiones donde la combinación de cultivos fueron: 1- alfalfa-mijo perla, 2-alfalfa-sorgo sudan, 3-alfalfa monocultivo, 4- mijo perla monocultivo y 5- sorgo sudan monocultivo. Los datos obtenidos son sometidos a ANAVA y los promedios se compararon mediante la prueba de LSD Fisher. La EUA resultó significativamente más alta en el intercultivo alfalfa-mijo perla ($35,61 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$) que en alfalfa monocultivo ($31,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$), intercultivo alfalfa-sorgo sudan ($31,45 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$), mijo perla monocultivo ($18,24 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$) y sorgo sudan monocultivo ($22,3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$). La producción de biomasa acumulada del intercultivo alfalfa-mijo perla supero significativamente al monocultivo de alfalfa pero no difirió del intercultivo de alfalfa + sorgo, obteniendo producciones similares para el año en que se realizó el ensayo.

Palabras clave: Intercultivo; Eficiencia en el uso de agua; alfalfa; sorgo forrajero; mijo perla

SUMMARY.

Traditionally the productivity of resources was incremented by increasing the performance of the surface area by improving genetics and crop management practices. However, if productivity is considered as a unit of area and time, intercropping systems can be another way to improve profitability. The goal of this research was to evaluate water usage efficiency (WUE) and the biomass production in intercropping alfalfa (*Medicago sativa* L.) with forage sorghum (*Sorghum sudanense*) and pearl millet (*Pennisetum americanum*) and their respective crops. The experiment was conducted at the National University of Rio Cuarto's Agriculture and Veterinary experimental farm, during the 2012 – 2013 season. Interseeding with pearl millet and forage sorghum was conducted on an alfalfa pasture, sown during the first half of March 2012 using a tillage seeder. A row design was used with two repetitions in which the crop combinations were: 1-alfalfa -pearl millet, 2- alfalfa – forage sorghum, 3- alfalfa monoculture, 4- pearl millet monoculture and 5-forage sorghum monoculture. The obtained data was submitted to ANAVA and the averages were compared by the LSD Fisher test. The WUE was significantly higher in the intercrop of alfalfa-pearl millet ($35,61 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$) than in the alfalfa monoculture ($31,5 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$), intercropped alfalfa-forage sorghum ($31,45 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$), pearl millet monoculture ($18,24 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$) and forage sorghum monoculture ($22,3 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$). The accumulated biomass production of the alfalfa-pearl millet intercrop was significantly higher than the alfalfa monoculture, but it did not differentiate from the alfalfa – sorghum interculture, obtaining similar productivity for the year in which the experiment was conducted.

Key Words: Intercropping, water usage efficiency, alfalfa, forage sorghum, pearl millet

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteo de la problemática.

El proceso de agriculturización, en especial el nivel de expansión del cultivo de soja, de la mano de los precios internacionales y los excelentes resultados económicos, han provocado el desplazamiento de la ganadería a zonas menos aptas para la agricultura. La región central del país, principalmente la pampa subhúmeda inicialmente, luego la región semiárida y probablemente en el futuro, con la incorporación de tecnologías como el riego y los materiales genéticos capaces de producir con menores requerimientos de agua, ocurra algo similar con las regiones áridas. Este fenómeno aparece como irreversible y toda superficie ocupada por la agricultura difícilmente vuelva a ser utilizada por otros sistemas de producción y con mayor razón si la actividad que ha sido desplazada, es la ganadería (Pagliaricci *et al.*, 2008).

El creciente interés en la sustentabilidad de los sistemas agrícolas ha conducido, en los últimos años, a significativos desarrollos en prácticas agrícolas. Mucho énfasis se ha puesto en la prevención de la erosión y degradación de suelos, con importantes intentos hacia sistemas de cero y mínima labranza en muchas partes de las praderas de Canadá y las grandes planicies del norte de Estados Unidos y significativas reducciones en las prácticas agrícolas de verano. Hay también un creciente interés en formas alternativas para el manejo de los nutrientes, particularmente en el rol de las leguminosas en el abastecimiento de N a otros cultivos mediante la rotación de cultivos y técnicas de interseembra (Thiessen Martens *et al.*, 2005).

Tradicionalmente se incrementó la productividad de los recursos al aumentar el rendimiento por superficie 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, el sistema de intercultivos puede ser otra forma de mejorar la rentabilidad (Calviño *et al.*, 2005).

El intercultivo es un sistema de producción en el cual 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).

En las regiones tropicales del mundo la siembra conjunta está mayormente asociada con la producción de granos para la alimentación, mientras que en áreas templadas recibe una mayor

atención como medio de producción de forraje. Hay un especial interés en el intercultivo cereal leguminosa que se está desarrollando en algunas regiones templadas y ha sido objeto de investigación en los últimos años. A pesar de los numerosos ejemplos de investigación en intercultivos no se ha encontrado aún un nicho en muchos países (Mason y Pritchard, 1987).

La optimización de la productividad del recurso agua es un aspecto importante para el desarrollo de sistemas agrícolas sustentables. El intercultivo es una alternativa productiva que puede mejorar la captación y/o eficiencia en el uso de agua comparado con los cultivos puros. Si se elige la combinación adecuada de especies y cultivares se logra una mayor eficiencia de captación y utilización de los recursos disponibles que éstos cultivos en siembras puras. (Caviglia *et al.*, 2004).

La respuesta del intercultivo en la eficiencia en el uso del agua (EUA) varía según se trate de una combinación de dos especies con metabolismo C_3 o una especie C_3 y otra especie C_4 . Cuando se combinan dos especies C_3 , en general, el intercultivo supera ampliamente la EUA de ambos cultivos puros, aunque normalmente el cultivo dominante, de mayor altura, es el que más contribuye a la EUA del intercultivo (Morris y Garrity 1993; Caviglia *et al.*, 2004; Morales-Rosales *et al.*, 2006; Mohsenabad *et al.*, 2008; González *et al.*, 2007). En el caso que se asocie una especie C_3 con otra C_4 , esta última tiene el mayor peso en la EUA.

Otro aspecto que puede contribuir al aumento de la EUA en intercultivos con respecto a los cultivos puros es el aumento de la transpiración (T) en la relación a la evapotranspiración (ETR) y la reducción de la evaporación directa del suelo, dada la superposición del ciclo de los cultivos componentes y por lo tanto mayor duración de la cobertura del suelo (Morris y Garrity, 1993).

1.2 Antecedentes

El intercultivo se practica tradicionalmente en muchas partes de África y Asia (Allen y Obura, 1983; Fageria, 1992) y tiene muchas ventajas por sobre el cultivo solo. Provee utilización eficiente de los recursos, reduce el riesgo del ambiente, los costos de producción y provee una estabilidad financiera mayor para los productores haciendo al sistema adaptado para labores intensivas (Francis *et al.*, 1976; Okigbo y Greeland, 1976; Willey, 1979). Los intercultivos pueden ser particularmente apropiados, por la posibilidad de un mejor control de enfermedades y

pestes, mayor ventaja relativa bajo condiciones de baja humedad del suelo o estrés de nutrientes y además mejorar la estabilidad de los rendimientos que son especialmente benéficos en aquellos ambientes donde hay grandes riesgos o bajos impactos en las áreas de desarrollo (Willey *et al.*, 1983).

Las combinaciones de los cultivos difieren con las localidades geográficas y se determinan por lo largo de la estación de crecimiento y la adaptación de los cultivos a ambientes particulares (Ofori y Stern, 1987). La combinación de leguminosa con cereales ofrece una mezcla particular para el desarrollo de sistemas que son eficientes en energía y para una agricultura sustentable debido a la capacidad de fijación de nitrógeno por parte de la leguminosa y la provisión de la proteína en la forma de grano o de forraje (International Atomic Energy Authority, 1980).

En las regiones tropicales del mundo, el intercultivo está mayormente asociado con la producción de granos para la alimentación, mientras que en áreas templadas recibe una mayor atención como medio de producción de forraje eficiente (Lynam *et al.*, 1986).

Un punto importante sin embargo es que el intercultivo no es una mezcla al azar de varios cultivos sino que existe un arreglo ordenado con diferentes cultivos en surcos separados. En esta situación la siembra mecánica, la aplicación de fertilizante en surcos apropiados no es difícil (Lynam *et al.*, 1986).

Investigaciones llevadas a cabo en determinadas ubicaciones geográficas muestran una estabilidad de rendimiento mayor en distintas estaciones, una reducción en la incidencia de insectos, de malezas y enfermedades un aumento de rendimiento y retornos monetarios, un incremento en el contenido proteico de las dietas mixtas, un mayor uso del agua, un mejoramiento en las relaciones del nitrógeno en el intercultivo de leguminosas para los cultivos subsecuentes, disminución de las escorrentías debido a la mayor cobertura del suelo y una mayor eficacia del uso del suelo por unidad de área. Los riesgos pueden minimizarse al tener más de un cultivo en un mismo suelo en un mismo campo. En las regiones donde el agua es limitante, el intercultivo es una práctica extendida en los productores como una forma de reducir la probabilidad de que se produzca algún inconveniente en alguno de ellos (Lynam *et al.*, 1986).

Cuando dos cultivos crecen juntos, las ventajas del rendimiento crecen debido a las diferencias en el uso de los recursos (Willey *et al.*, 1983). Los estudios han demostrado que existe una mayor utilización de los recursos a lo largo del tiempo (Natarajan y Willey, 1980) y a lo largo del espacio (Reddy y Willey, 1981). Optimizar las ventajas del intercultivo se logra cuando se maximizan las complementariedades que existen entre ellos con la competencia entre los mismos.

En los sistemas de producción de leche es necesario incorporar una proporción importante de cultivos forrajeros anuales para cubrir los requerimientos alimenticios, siendo el sorgo forrajero un recurso adecuado dado el gran volumen de forraje verde que ofrece y la calidad del mismo para la producción de carne y leche (Nardone y Signorile, 1980).

La utilización de los sorgos forrajeros es importante, fundamentalmente en aquellas regiones donde existen limitaciones para el cultivo de maíz (Bruno *et al.*, 1992). Los sorgos forrajeros comenzaron a utilizarse en Argentina a partir de la década del 60 alcanzando una superficie sembrada superior a las 200.000 ha entre 1970 y 1980. También se observó una creciente aparición de cultivares particularmente híbridos de sorgos azucarados, sudan y doble propósito (Scantamburlo, 1981).

El sorgo es un recurso ampliamente difundido y utilizado en el engorde de novillos en las regiones semiáridas (Marchi y Giraudo, 1973).

Otro cultivo destacable pero de escasa difusión en Argentina es el mijo perla. Presenta características forrajeras para considerar, como su facilidad para implantarse, resistencia a déficit hídricos y sequías, tolerancia a salinidad y plagas, altos rendimientos de materia seca y buen valor nutritivo (Brizuela *et al.*, 1977).

La alfalfa es un recurso fundamental para la producción agropecuaria en las regiones templadas del mundo. Su calidad nutritiva, producción de forraje, hábito de crecimiento, perennidad, plasticidad y capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, la convierten en una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria. En la mayoría de las regiones de Argentina donde las producciones de leche y carne son relevantes, esta especie forrajera es básica en la alimentación. Sin embargo, la dimensión real de su valor surge cuando se considera, además, el papel de esta leguminosa en la sustentabilidad de los

sistemas de producción, por su función en la recuperación de la fertilidad y estabilidad edáfica (Pordomingo, 1995).

En nuestro país se cultivó primeramente en la región cuyana (Mendoza y San Juan) y años más tarde en Córdoba. Su llegada a lo que actualmente es la provincia de Buenos Aires se produjo a mediados del siglo XVIII. En el año 1900 se registraron aproximadamente 1,5 millones de hectáreas y solo dos décadas después la superficie llegó a las 8,5 millones. Desde entonces la evolución de la superficie con alfalfa en Argentina experimentó vaivenes muy marcados con un mínimo de 3.000.000 has en 1972/73 (Hijano y Basigalup, 1995; Romero, 1981). Los últimos datos muestran una superficie en la región pampeana de 5 millones de hectáreas (INDEC, 2002).

Tradicionalmente la alfalfa fue una especie que se sembró como cultivo puro. Sin embargo, actualmente en el país alrededor del 70% de la superficie corresponde a siembras con otras especies forrajeras especialmente gramíneas (Romero *et al.*, 1995). Alfalfa es la principal especie integrante de las praderas, por ser una leguminosa que produce cantidad y calidad de forraje durante gran parte del año y bajo condiciones ambientales variables (Enrique *et al.*, 1989). La mezcla o asociación de especies tiene una importancia muy grande, ya que es mediante ella como se resuelven o generan problemas desde el inicio de la vida de una pradera (Ravaglia, 1992).

1.3 Hipótesis

Los intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) o mijo perla (*Pennisetum americanum*) son más eficientes en el uso del agua que el monocultivo de alfalfa.

La biomasa producida en los intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) o mijo perla (*Pennisetum americanum*) son superiores a la producida en monocultivo de alfalfa.

1.4 Objetivos

Objetivos Generales

Evaluar la eficiencia de captación y utilización del recurso agua en intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) o mijo perla (*Pennisetum americanum*) con relación a cultivos puros de alfalfa, sorgo forrajero y mijo perla.

Comparar la producción de biomasa estacional, de los intercultivos y cultivos puros.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de trabajo.

El ensayo se llevó a cabo en el campo de Docencia y Experimentación (CAMDOCEX) de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, situado sobre Ruta Nac. 36, km 601, Río Cuarto. Su ubicación geográfica es 33° 06' LS, 64° 17' LO y a 435 msnm. Ver Figura 1, área de trabajo: sitio experimental.

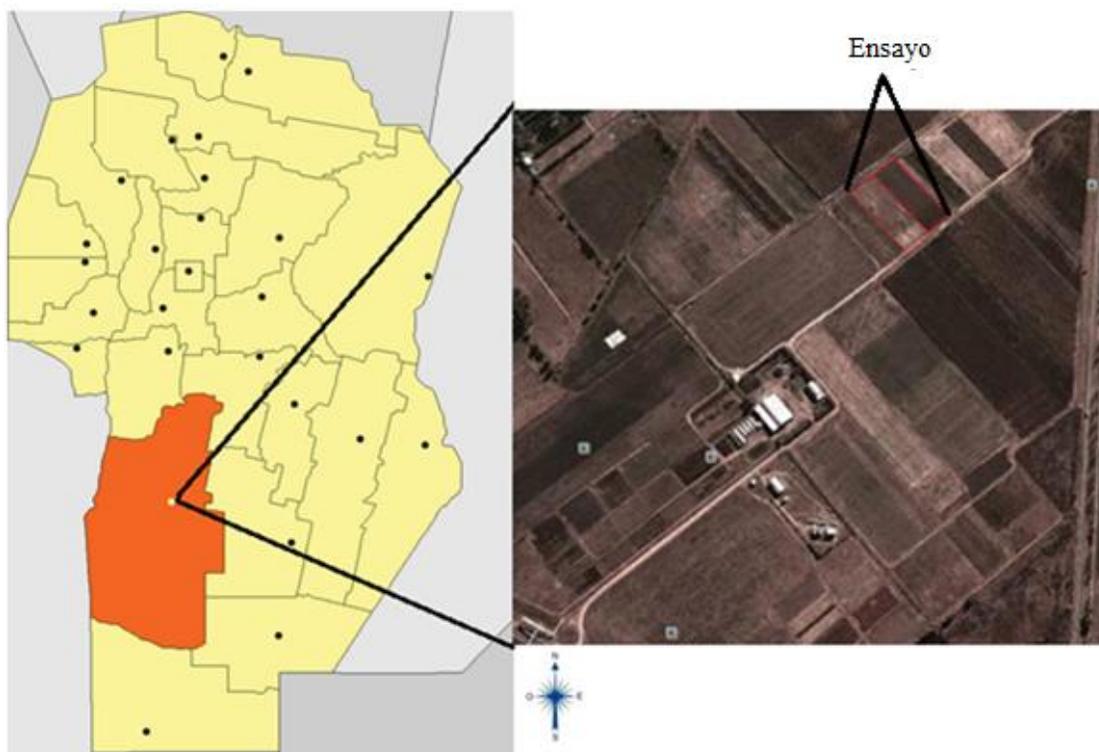


Figura 1: Área de trabajo: sitio experimental (Google Earth, 2012).

El área de trabajo pertenece a la Unidad Ambiental Llanura Subhúmeda bien drenada, con suelos, en su mayoría, Hapludoles típicos, sin problemas de drenaje interno o externo, caracterizándose por un relieve plano, con pendientes menores al 2 %, y bien desarrollados, sobre materiales loésicos, franco-arenosos (Cantero *et al.*, 1998).

El clima del área se caracteriza por ser de tipo mesotermal, subhúmedo (Cantero *et al.*, 1986).

El régimen térmico es de tipo templado continental con una temperatura media anual de 16,3 °C. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23,5 °C para toda el área mientras que la temperatura del mes más frío (julio) es entre 9,5 y 8,5 °C disminuyendo hacia el sector SO. La amplitud térmica media anual es 14 °C en el sector NNO y de 16 °C en el sector SSE. Las lluvias de la región presentan un patrón similar tanto en la ocurrencia y como en la cantidad precipitada. La distribución estacional se ajusta a un régimen monzónico siendo diciembre-enero y junio-julio los períodos de mayores y menores precipitaciones respectivamente (Jarsún *et al.*, 2003).

Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 700-800 mm, con régimen de precipitación monzónico que concentra el 80 % de las lluvias entre octubre y abril. El balance hídrico presenta un déficit de entre 50 y 300 mm.año⁻¹ de acuerdo al régimen de lluvia. Las principales adversidades climáticas son: sequías, heladas extemporáneas, granizo y la intensidad de las precipitaciones (Degioanni, 1998).

2.2 Tratamientos y diseño experimental

2.2.1 Tratamientos:

Sobre una pastura de alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Mayaco, grado de reposo invernal 7 (GRI 7), sembrado la primera quincena de marzo de 2012, con una densidad de 12 kg.ha⁻¹ y fertilizada a la siembra con 80 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico (18:46:0), se realizaron las siguientes intersembras: la siembra se llevó a cabo el día 28 de noviembre con una sembradora de siembra directa. Se implantó mijo perla (*Pennisetum americanum*) var. EQUUS con una densidad de 20 kg de semilla.ha⁻¹. (PG: 50 %, Vigor: 40 %) y sorgo forrajero (*Sorghum sudanense*) var. F700 GAPP con una densidad de 15 kg de semilla. ha⁻¹ (PG: 82 %, Vigor: 76 %). Los cultivos puros de sorgo forrajero y mijo perla fueron sembrados en mismo lote y en la misma fecha con igual densidad y para el cultivo de alfalfa pura se destinó una franja de la misma pastura.

2.2.2 Diseño experimental:

Se utilizó un diseño en franjas con dos repeticiones donde la combinación de cultivos fueron:

- 1-alfalfa-mijo perla
- 2-alfalfa-sorgo sudan
- 3-alfalfa monocultivo
- 4- mijo perla monocultivo
- 5- sorgo sudan monocultivo.

2.3 Variables estudiadas:

2.3.1 Mediciones de biomasa:

Las mediciones de biomasa se realizaron mediante 3 muestreo de 0,25 m² por parcela, obtenidos a ras del suelo, las muestras se procesaron en el laboratorio, donde se separaron en componentes (alfalfa, sorgo y mijo) y llevados a estufa de ventilación forzada a 80 °C para la obtención del resultado en materia seca. Seguidamente al muestreo, se cortó a una altura de 10 a 15 cm, con una segadora el forraje remanente de cada parcela, para promover un rebrote uniforme.

Los momentos de corte se determinaron por 10 % de floración o aparición de brotes en la corona, en alfalfa, mientras que en las anuales de verano se tomaron como criterio 0,60 a 0,70 m de altura del canopeo.

El período de estudio fue durante el ciclo de crecimiento de sorgo y mijo, realizándose cuatro cortes: el primer corte el 03/01/13, el segundo corte 05/02/13, el tercer corte 08/03/13 y el cuarto corte 10/04/13. La variable respuesta fue la producción de forraje en base seca fue kg.ha⁻¹.

2.3.2 Determinación de la dinámica del agua:

El balance hídrico en cada uno de los tratamientos, se midió según la siguiente ecuación:

$$Et = \pm VA + Pr + R - E - Pe$$

Dónde:

Et: Evapotranspiración del cultivo

VA: Variación en el almacenaje de agua útil del suelo

Pr: Precipitación

R: Riego

E: Escurrimiento

Pe: Percolación.

Se obtuvo la variación en el almacenaje de agua (VA), se midió la disponibilidad hídrica en cada una de las parcelas mencionadas a través del método gravimétrico. Las evaluaciones se realizaron cada vez que se efectuaron los cortes de los cultivos y hasta los 100 cm de profundidad (0-20 cm, 20-40 cm, 60-80 cm y 80-100 cm). La obtención del agua útil se calculó según el método propuesto por Martellotto *et al.* (2004). Las curvas de capacidad hídrica requeridas por el método se obtuvieron en el laboratorio del Servicio de Conservación de suelo de la FAV – UNRC. Las precipitaciones fueron obtenidas del servicio de información de la Cátedra de Bioclimatología de la FAV. El escurrimiento de las precipitaciones se estimó mediante el método de Curva Número (CN) desarrollado por el USDA (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1975). El riego y la percolación no se consideró en los balances hídricos.

2.3.3 Determinación de la Eficiencia en el uso del agua (EUA):

La biomasa producida por unidad de agua consumida, expresa la eficiencia con la cual un cultivo fija carbono en relación al agua que pierde, y es a través de ella que se midió la eficiencia en el uso del agua (EUA). Para su determinación se utilizó la siguiente ecuación. (Martellotto *et al.*, 2004).

$$\text{EUA (kg MS.ha}^{-1}\text{.mm}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Biomasa producida (kg MS.ha}^{-1}\text{)}}{\text{Evapotranspiración (mm)}}$$

2.4 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a ANAVA y en los casos en que los valores de F indicaran diferencias estadísticamente significativas, los promedios se compararon mediante la prueba de LSD Fisher. Se determinó la distribución normal de los residuales y la homogeneidad de las varianzas, para ello se utilizó el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2014).

Para analizar la producción de biomasa, la evapotranspiración y la eficiencia del uso del agua, se utilizó el modelo lineal de un diseño en franjas, cuyo modelo estadístico responde a un agrupamiento de tres criterios de clasificación.

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

μ = Media poblacional

ρ_k = Efecto del bloque k (k= 1... r, r=2)

α_i = Efecto del factor combinación de cultivos (i=1...5)

γ_{ik} = Error a (bloque*combinación de cultivos)

β_j = Efecto de la fecha de muestreo (j=1...4)

δ_{jk} = Error b (bloque* fecha)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el nivel i del factor combinación de cultivos y el nivel j de la fecha d muestreo..

ε_{ijk} =Error c

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Condiciones Meteorológicas durante el ciclo del ensayo.

La evolución de las temperaturas media normal histórica y la temperatura media durante la estación de crecimiento del cultivo se observan en la Figura 2. El mes de enero fue el más cálido de todo el ciclo del cultivo, en el mismo se registró la temperatura media más alta.

En general, las temperaturas durante la estación de crecimiento del cultivo fueron similares en comparación con las normales, siendo en la segunda y tercera década del mes de enero y primera década del mes de febrero donde se observó diferencia, como también ocurrió en el mes de abril y principios de mayo mayores temperaturas que la normal (Figura 2).

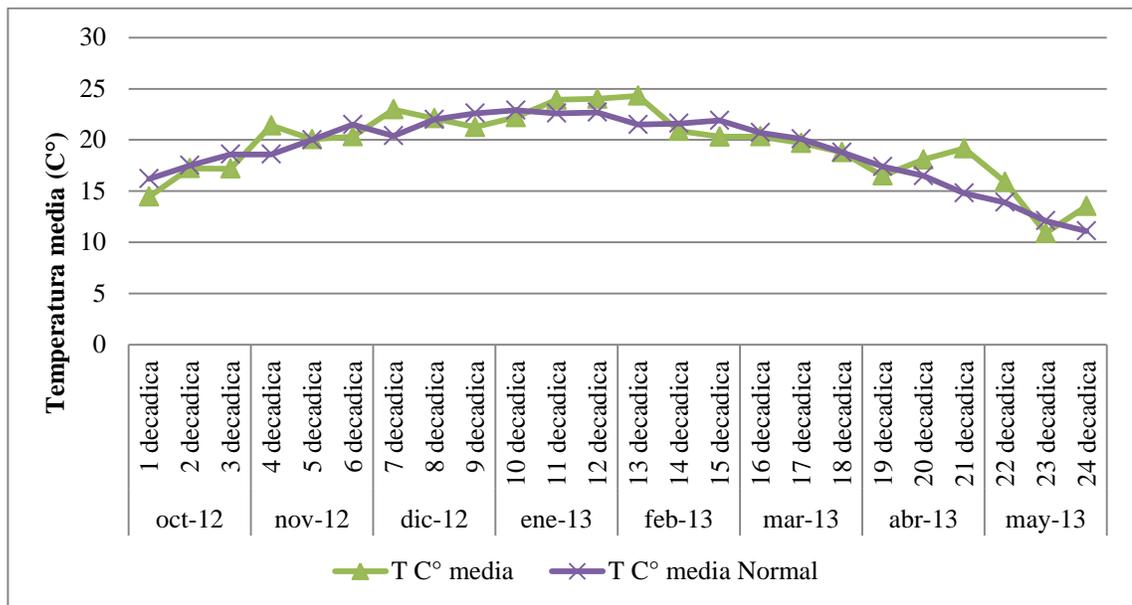


Figura 2. Temperaturas medias durante la estación de crecimiento, del ciclo 2012/13 y normales, en Río Cuarto, Córdoba.

Las precipitaciones normales históricas y de la campaña 2012-13 en Río Cuarto para los meses de octubre a mayo se observan en la Figura 3. En el mes de octubre en la primera y segunda década, las precipitaciones fueron superiores a las normales, al igual que en la tercera década de noviembre, segunda década de diciembre, segunda década de febrero y segunda década de marzo. En los meses de enero y febrero se observa una gran deficiencia de agua, ya que las precipitaciones normales para estos meses son de 140,1 y 85,6 mm, respectivamente y en

la campaña 2011-12 se registraron 76 y 64 mm; es decir un 45,75 y 25,23% inferiores, respectivamente para cada uno de esos meses. En los mes de octubre y noviembre las precipitaciones fueron superiores respecto a las normales, se registraron 140 y 166 mm respectivamente mientras que las precipitaciones normales para estos meses son de 68,9 y 119,5 mm; es decir un 103,1 y 38,91% superiores, respectivamente para cada uno de los meses.

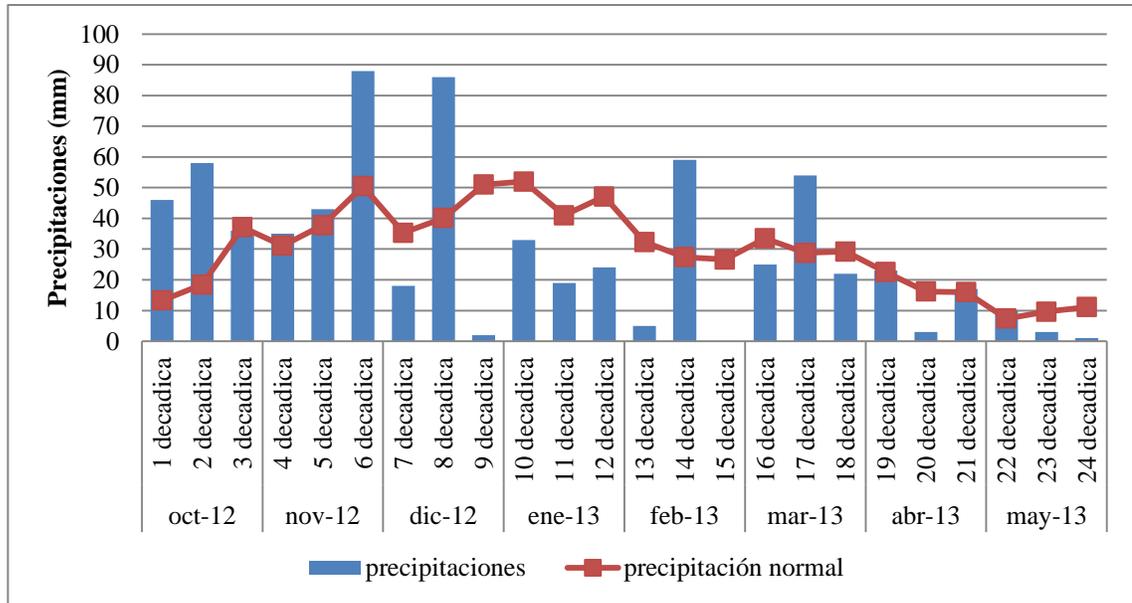


Figura 3. Precipitaciones durante la estación de crecimiento, del ciclo 2012/13 y normales, en Río Cuarto, Córdoba.

3.2 Producción de biomasa.

Los datos de producción de materia seca por hectárea (kg. ha^{-1}) realizados en cada uno de las fechas de cortes y por tratamiento, así como también el acumulado de las cuatro fechas, se pueden observar en el Cuadro 1.

Analizando los resultados por fecha se puede observar que en el 1^{er} corte el intercultivo alfalfa + mijo y el cultivo de alfalfa pura fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos, seguido por el intercultivo alfalfa + sorgo en una situación intermedia, luego sorgo puro y mijo puro que fueron los que menos producción obtuvieron. Esto se debe a que la alfalfa ya estaba en plena producción y que los cultivos puros de sorgo y mijo aún estaban en

crecimiento e implantándose (fecha de siembra: 28 de noviembre; fecha de primer corte; 3 de enero).

En el 2^{do} corte los cultivos no presentaron diferencias entre ellos.

En el 3^{er} corte el cultivo de alfalfa y el intercultivo de alfalfa + sorgo fueron superiores estadísticamente a los demás tratamientos, seguido por el intercultivo alfalfa+mijo, este fue superior a los puros de sorgo y mijo.

En el 4^{to} corte, los cultivos puros de sorgo, puro de mijo e intercultivos de alfalfa + sorgo y alfalfa + mijo fueron superiores estadísticamente al cultivo puro de alfalfa.

La producción de biomasa total acumulada de los cuatro cortes realizados se puede ver que el intercultivo alfalfa + mijo fue superior estadísticamente al cultivo puro de alfalfa y este no tuvo diferencia significativas con el intercultivo alfalfa+ sorgo pero si fueron superiores a los cultivos puros de sorgo y mijo.

Cuadro 1. Producción de biomasa por corte y acumulada (kg MS ha⁻¹) durante el periodo comprendido entre el 03/01/2013 al 10/04/2013, Río Cuarto, Córdoba.

Combinación de cultivos.	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte	Total acumulado
Alfalfa pura	4888,99 a	2316,74	2715,67 a	1774,29 b	11695,69 b
Alfalfa + mijo	5294,3 a	2005,49	2231,82 ab	3107,8 a	12639,41 a
Alfalfa + sorgo	3744,15 b	2286,28	2700,12 a	2738,07 a	11468,62 b
Mijo puro	405,25 c	1421,99	1798,84 b	3093,59 a	6719,67 d
Sorgo puro	1480,57 c	2042,48	1743,65 b	3211,26 a	8477,96 c
Significancia	0,0001	ns	0,005	0,0001	0,0045
CV (%)	30	32,58	23,54	15,70	27,32

Letras distintas indican diferencias significativas, según test LSD Fisher ($p \leq 0,05$); CV: coeficiente de variación.

Similares resultados encontraron otros autores, Pereyra *et al.*, (2013), trabajando con intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sorgo sudán (*Sorghum sudanense*) y avena (*Avena sativa* L.), determinaron que la producción de biomasa aérea del intercultivo alfalfa-

sorgo fue estadísticamente superior ($p \leq 0,05$) a la del monocultivo de alfalfa en los tres cortes y en la producción total del ciclo; sin embargo, no logró superar la del monocultivo de sorgo, que no tuvo diferencias significativas en los cortes de enero y abril. El monocultivo de sorgo fue estadísticamente superior ($p \leq 0,05$) al intercultivo alfalfa-sorgo solo en el corte de febrero y en el acumulado.

3.2 Evapotranspiración.

Los datos de evapotranspiración real (Et) por corte y el total acumulado del periodo comprendido de cada uno de los tratamientos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Evapotranspiración (mm) por corte y acumulada durante el periodo comprendido entre el 03/01/2013 al 10/04/2013, Río Cuarto, Córdoba.

Combinación de cultivos.	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte	Total acumulado
Alfalfa pura	145,45	70,09	123,76	31,93	371,23
Alfalfa + mijo	133,38	68,10	128,15	25,26	354,89
Alfalfa + sorgo	138,01	90,98	112,88	22,75	364,62
Mijo puro	140,25	72,76	121,23	34,10	368,34
Sorgo puro	149,27	79,83	129,18	21,87	380,15
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16,30	19,45	16,28	45,47	23,52

Letras distintas indican diferencias significativas entre situaciones, según test LSD Fisher ($p \leq 0,05$); CV: coeficiente de variación. ns: no significativo $p \leq 0,05$

Se puede observar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los cortes y en el acumulado.

Otros autores obtuvieron resultados diferentes, (Valenzuela y Della Maggiora. 2009) trabajando con intercultivo maíz-soja bajo dos arreglos espaciales y en los respectivos cultivos puros, demostraron que los intercultivos y el cultivo de maíz puro tendieron a presentar los menores valores de ETR acumulada. Se comprobó que esta tendencia estaría asociada a las menores tasas de evapotranspiración de los intercultivos y de maíz puro con respecto a soja pura

hacia el final del ciclo, cuando se produce un activo crecimiento de la soja y ya el maíz está senesciendo. En esta etapa este último no sólo presenta baja demanda transpirativa sino que deja abundantes residuos sobre la superficie que disminuye la pérdida por evaporación.

Las bajas tasas de Et hacia el final del ciclo contribuyen a explicar la menor tasa de acumulación de agua consumida y serían el resultado de una menor demanda atmosférica que en períodos anteriores, un estado de desarrollo avanzado de los cultivos que se corresponde con escasa demanda de agua para transpiración (Della Maggiora *et al.*, 2002) y una mayor cobertura por residuos que evitaría la pérdida por evaporación de agua en el período final.

La evapotranspiración acumulada (mm) de cada uno de los tratamientos se puede ver en la Figura 4, donde no se aprecian grandes diferencias entre tratamientos.

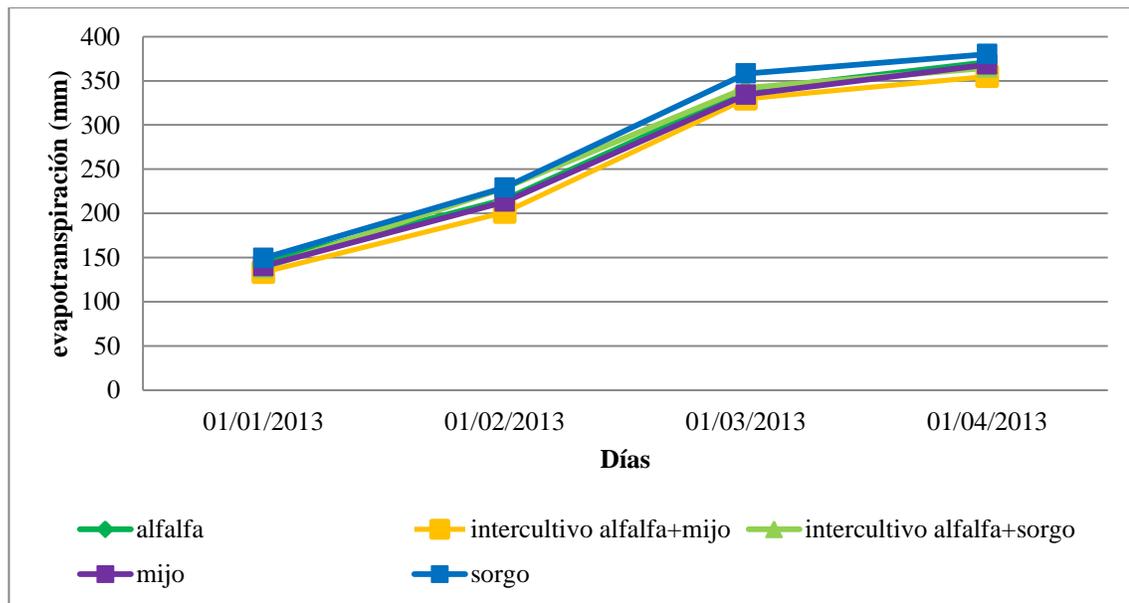


Figura 4. Evapotranspiración acumulada (mm) de intercultivos de alfalfa con mijo perla y sorgo sudan y sus respectivos monocultivos. Río Cuarto, Córdoba. Argentina. Año 2013.

Eficiencia en el uso del agua (EUA).

En el Cuadro 3 se observa la EUA ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) de las distintas combinaciones de cultivo por corte y el total acumulado del periodo.

Analizando los datos se puede observar que para el primer corte el intercultivo alfalfa + mijo fue superior al resto de los tratamientos, seguido por el cultivo puro de alfalfa, el intercultivo de alfalfa + sorgo, fueron superiores a los puros de sorgo y mijo.

En el 2^{do} corte los cultivos no presentaron diferencias significativas entre ellos.

En el caso del 3^{er} corte se encontró que el cultivar de sorgo puro fue superior a los demás tratamientos y que entre los intercultivos y puro de mijo no hubo diferencias significativas, pero superaron al cultivo puro de alfalfa.

En el 4^{to} corte el cultivo de sorgo puro fue superior al resto, seguido por el intercultivo de alfalfa + sorgo, luego el intercultivo de alfalfa + mijo y puro de mijo que no tuvieron diferencias significativas entre ellos pero si superaron al puro de alfalfa.

Para la EUA total calculada como la relación entre la biomasa total y la Et acumulada entre 1^{er} corte y 4^{to} corte, se encontró que el intercultivo de alfalfa + mijo (35,61 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) fue superior estadísticamente al cultivo puro de alfalfa (31,5 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) y al intercultivo de alfalfa + sorgo (31,45 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) y que entre ellos no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) pero si superaron a los puros de sorgo (22,3 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) y mijo (18,24 kg.ha⁻¹.mm⁻¹).

Cuadro 3. Eficiencia del uso del agua (EUA) por corte y acumulada (kg MS ha⁻¹mm⁻¹) durante el periodo comprendido entre el 03/01/2013 al 10/04/2013, Río Cuarto, Córdoba.

Combinación de cultivos.	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte	TOTAL acumulado
alfalfa pura	34,27 ab	34,08	38,88 c	55,59 c	31,5 ab
alfalfa + mijo	42,54 a	29,47	76,87 b	128,28 b	35,61 a
alfalfa + sorgo	28,78 b	27,31	74,91 b	143,22 ab	31,45 ab
mijo puro	3,02 c	19,73	71,42 b	123,05 b	18,24 b
sorgo puro	9,96 c	26,24	126,59 a	185,35 a	22,3 b
Significancia	0,0173	ns	0,027	0,0154	0,034
CV (%)	44,23	40,14	42,64	46,45	43,5

Letras distintas indican diferencias significativas, según test LSD Fisher ($p \leq 0,05$); CV: coeficiente de variación.

Resultados diferentes encontraron los autores Valenzuela y Della Maggiora (2009) trabajando con intercultivo maíz-soja bajo dos arreglos espaciales y en los respectivos cultivos puros, demostraron que la EUA en biomasa final calculada como la relación entre la biomasa total y la ETR acumulada entre la emergencia del maíz y la madurez fisiológica de la soja fue mayor en maíz puro ($44,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), intermedia en los intercultivos ($35,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) y menor en soja ($18,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Esto se asociaría con el metabolismo fotosintético más eficiente de maíz por ser una especie C4 y con su bajo contenido energético para producir biomasa reproductiva (Andrade *et al.*, 2002). Similares tendencias fueron informadas por Coll (2009) con intercultivos de maíz-soja a partir de experiencias realizadas en el mismo ambiente que este trabajo.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

El intercultivo alfalfa + mijo superó significativamente al cultivo de alfalfa pura en la eficiencia en el uso de agua (EUA) acumulada del 03/01 al 10/04, no así el intercultivo de alfalfa + sorgo ya que no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Los intercultivos son 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 implantando y se encuentran en los primeros estadios fenológicos.

El intercultivo alfalfa + mijo mejoró significativamente la producción de biomasa total al cultivo puro de alfalfa, pero no difirió del intercultivo de alfalfa + sorgo, obteniendo producciones similares para el año en que se realizó el ensayo.

Las producciones de biomasa total de los intercultivos superaron significativamente a las producciones de los cultivos puros de sorgo y puro de mijo.

CAPÍTULO V: POSIBLES LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Como posible futura línea de investigación se podría estar analizando la posibilidad de realizar distintos tipos de arreglo espaciales, mediante la regulación de la sembradora.

Otra posible o interesante línea de trabajo sería de realizar los cortes teniendo en cuenta los distintos estadios fenológicos, tanto de la pastura de alfalfa como la de los cultivos de verano.

Por último, otra línea que queda abierta es la de realizar los ensayos con diferente fechas de siembra, de esta manera poder observar el comportamiento inicial de los cultivos de verano con respecto a la pastura de alfalfa.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, J. R. and R. K. OBURA 1983. Yield of corn, cowpea, and soybean under different intercropping systems. *Agronomy J.* 75:1005-1009.
- ANDRADE, F.H.; AGUIRREZABAL, L.A.N. y RIZZALLI, R.H. 2002. Crecimiento y rendimiento comparados. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Andrade, F. H. y Sadras, V. O. (Eds). Editorial Producciones Gráficas Sirio. pp. 155-171.
- BRIZUELA, M. A., BERNARDON, A. E. y PAGLIARICCI, H. R. 1977. Curva de crecimiento y calidad del mijo perla. *Producción Animal*, 7: 174-183.
- BRUNO, O.; ROMERO, L.; GAGGIOTTI, M. y QUAINO, O. 1992. Cultivares de sorgos forrajeros para silaje. 1. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de la planta. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 12:157-162.
- CALVIÑO P., CIRILO A.G, CAVIGLIA O. y MONZÓN J.P. 2005. Resultados de intercultivo de maíz y soja en tres regiones maiceras argentinas. VIII Congreso Nacional de Maíz. Rosario, 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. 88 pp.
- CANTERO A.; CANTU M.P.; CISNEROS J.M.; CANTERO J.J.; BLARASIN M.; DEGIOANNI A.; GONZALEZ J.; BECERRA V.; GIL H.; DE PRADA J.; DEGIOANNI S.; CHOLAKY C.; VILLEGAS M.; CABRERA A. y ERIC C. 1998. Las tierras y aguas del Sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable. UNRC. 119 pp.
- CAVIGLIA. O.P., SADRAS, V.O. and ANDRADE, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the southeastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheatsoybean. *Field Crops Res.*, 87,117-129.
- COLL, L., 2009. Captación y utilización de recursos en los intercultivos girasol-soja y maíz-soja. Tesis Magíster Scientiae en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). 72 p.

- DEGIOANNI, A. 1998. Organización territorial de la producción agraria en la región de Río Cuarto. Tesis doctoral. Universidad de Alcala de Henares. Dpto de geografía. Alcala Henares. España.
- DELLA MAGGIORA, A.I.; GARDIOL, J.M. y IRIGOYEN, A.I., 2002. Requerimientos hídricos. Bases para el manejo del maíz, girasol y soja. F. Andrade y V. Sadras (eds). 2º edición. Editorial Producciones Gráficas Sirio. págs. 157-173.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES F.; BALZARINI M.G.; GONZALEZ L.; TABLADA M. y ROBLEDO C.W. 2014. InfoStat, Versión 2014. Grupo InfoStat. FCA, UNC, Córdoba, Argentina.
- ENRIQUE, M.; BECKER, G. y GARCÍA, J. 1989. Evaluación de cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L) bajo riego. Congreso Argentino de Producción Animal, 12; San Martín de los Andes, Neuquén; AAPA, Asociación Argentina de Producción Animal; 19-21 de junio 1986. En: *Revista Argentina de Producción Animal* Vol. 9(6): 439-445.
- FAGERIA, N. K. 1992 Maximising Crop Yields. New York: Marcel Dekker.
- FRANCIS, C. A., C. A. FLOR, and S. R. TEMPLE 1976. Adapting varieties for intercropping systems in the tropics. Multiple Cropping. ASA Spec. Publ. No. 27, ASA, Madison, WI, pp. 235-253.
- GONZÁLEZ, H., CERRUDO, D., ECHARTE, L. DELLA MAGGIORA, A. y IRIGOYEN, A., 2007. Eficiencia de captación y uso de agua en interseembra girasol soja. Workshop Internacional: "EcoFisiología Vegetal Aplicada al Estudio de la Determinación del Rendimiento y la Calidad de los Cultivos de Granos". Primer Encuentro Red Raíces de Ecofisiología SECyT. 6-7 septiembre 2007. Mar de Plata, Argentina.
- GOOGLE EARTH 2012. En: <http://www.google.com/earth/index.html>. Consultado: 17/09/2014
- HIJANO, E. H. y BASIGALUP D. H. 1995. El cultivo de la alfalfa en la República Argentina. Cap. 1, págs. 11-18
- Instituto Nacional de Estudios y Censos (INDEC), Censos Nacionales Agropecuario 2002.

- INTERNSTIONAL ATOMIC ENERGY AUTHORITY. 1980 In: Proceeding Advisory Group Meeting on nuclear techniques in development of fertilizer and wáter management for multiple cropping systems. FAO/IAEA, Ankara, Turkey, 8-12 October, 1979, 154, pp.
- 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.
- LYNAM, J. K., J. H. SANDERS and S. C. MASON 1986. Economics and risk in multiple cropping. In: Francis, C. A. (ed) *Multiple Cropping Systems*, pp. 250-266. New York: Macmillan.
- MARCHI, A. y GIRAUDO, C. G., 1973. Digestibility and intake by cattle and effect of a supplement of urea to deferred *Eragrostis curvula* cv. Tanganyika. Rev. de Inv. Agrop., INTA, Serie 1 - *Biología y Producción Animal*, 10 (4): 143-151
- MARTELLOTTO, E; P. SALAS; E. LOVERA; A. SALINAS; J.P. GIUBERGIA y S. LINGUA. 2004. Planilla de balance hídrico para riego. Proyecto Regionales: Agricultura sustentable, Gestión Agroambiental. INTA, EEA Manfredi.
- MASON, W. K. and K. E. PRITCHARD. 1987. Intercropping in a temperate environment por irrigated fodder production. *Field Crops Research* 16: 243-253.
- MOHSEABADI, G.H. R, JAHANSOOZ, M. R., CHAICHI, M. R.,RAHIMIAN MASHHADI, H.,LIAGHAT A. M. and SAVAGHEBI G.H. R., 2008. Evaluation of Barley- Vetch Intercrop at Different Nitrogen Rates *J. Agric. Sci. Technol.*, 10, 23-31.
- MORALES-ROSALES, E.J., ESCALANTE-ESTRADA, J.A., TIJERINA-CHÁVEZ, L., VOLKE-HALLER, V. y SOSA- MONTES, E., 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra Latinoamericana*, 24, 55-64
- MORRIS, R.A. and GARRITY, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping water. *Field Crops Research*, 34, 303-317.

- NARDONE, R., SIGNORILE, O. 1980. "Siembra directa de sorgo forrajero sobre verdeos de invierno". Primera reunión. Técnica de cultivos sin labranzas. Marcos Juárez, Pcia. de Córdoba. Pág. 42-44.
- NATARAJAN, M. and R. W. WILLEY 1980. Sorghum/pigeon pea intercropping and effects of plant population density. Cambridge, 95: 59-65.
- OFORI, F. and W. R. STERN. 1987. Cereal-legume intercropping systems. *Adv. Agron.* 41:41-90.
- OKIGBO, B. N. and D. J. GREENLAND 1976. Adapating varieties for intercropping systems in tropic. In: PAPENDICK, R. I., P. A. SANCHEZ and G. B. TRIPLETT (eds) Multiple cropping. Special publication N° 27: pp, 63-110. *Madinson: American Society of Agronomy.*
- PAGLIARICCI, H.; SACIDO, M. y HERRERO, M.A. 2008. Reflexiones sobre la enseñanza de forrajes ante los nuevos escenarios de la producción animal en Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal.* 20 (2):273.
- PEREYRA, T. W.; PAGLIARICCI, H. R.; OHANIAN, A. E. y BONVILLANI, M. J. 2013. Producción de biomasa aérea y uso equivalente de la tierra en intercultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Pastos y Forrajes*, Vol. 36, 2, abril-junio, 177-183.
- PORDOMINGO, A. J., 1995. Consideraciones económicas sobre la alfalfa. (Capítulo 12). En: *La alfalfa en la Argentina.* INTA. Agro Cuyo. Edit. San Juan. 287 PP.
- RAVAGLIA, F. 1992. Manejo estratégico de los alfalfares sin latencia. *Forrajes* 92: 191-210.
- REDDY, M. S. and R. W. WILLEY 1981. Growth and resource use studies in a intercrop of pearl millet-ground nut. *Field Crops Research* 4: 13-24.
- ROMERO, N.A. 1981. Conceptos sobre el manejo de los alfalfares. *Boletín de Divulgación Técnica* N021. ISSN 0325-2167. EERA Anguil, La Pampa.

- ROMERO. N. A., BRUNO O. y USTARROZ E. 1995. Alfalfa: Crecimiento y Utilización. Capítulo IX. Manual 'La alfalfa en la Argentina'. ISSN: 0327-3377. INTA C.R. Cuyo-Marzo 1995. 25 pag.
- SCANTAMBURLO, J. L. 1981. Origen de los sorgos perennes. Trabajo presentado para su publicación en la carpeta de Disherbiología. 2 pp.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. 1975. Engineering Field Manual for Conservation Practices. U.S. Department of Agriculture
- 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.
- VALENZUELA, CRISTIAN y DELLA MAGGIORA, AÍDA I., 2009. Evapotranspiración y eficiencia en el uso de agua en intercultivos maíz-soja vs cultivos puros. *Meteorologica* [online]. 2009, Vol.34, n.2. pp. 29-37
- WILLEY, R. 1979. Intercropping. Its importance and research needs. I. Competition and yield advantages. *Field Crops Abstracts* 32: 1-10.
- WILLEY, R W., M. NATARAJAN, M. S. REDDY, M. R. RAO, P. T. C. NAMBIAR, J. KANNAIYAN and V. S. BHATNAGAR 1983. Intercropping studies with annual crops. In: NUGENT, J. and M. O CONNOR (eds) Better Crops For Food. Ciba Foundation Symposium 97. London: Pitman.

CAPÍTULO VII: ANEXO



Siembra de los cultivos de verano sobre la pastura de alfalfa.



Intercultivos de alfalfa con sorgo forrajero y mijo perla.



Toma de muestra de humedad.



Intercultivos de alfalfa con sorgo forrajero.



Intercultivo de alfalfa con mijo perla y sorgo forrajero.