



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

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

Modalidad: Proyecto

**Producción primaria neta aérea total (PPNAT) en sistemas
agroforestales álamo-trigo utilizados como filtros verdes**

Alumno: Icardi, Mateo
DNI: 33346915

Director: Ing. Agr. Omar Plevich

Río Cuarto – Córdoba – Argentina

Septiembre 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Producción primaria neta aérea total (PPNAT) en sistemas agroforestales álamo-trigo utilizados como filtros verdes.

Autor: Icardi, Mateo Santiago.

DNI: 33.346.915

Director: Plevich, J. Omar.

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

Plevich, J. Omar _____

Fernandez, M. Elena _____

Demaestri, Marcela _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

A mi familia y amigos por haber estado en todas las etapas de la carrera para obtener mi título profesional.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto, y principalmente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria, que me fueron moldeando para afrontar un futuro profesional y contribuyeron para mi formación humana.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, Ing. Agr. Ms. Sc. José Omar Plevich, por la ayuda y el tiempo que me brindo para llegar al final de este proyecto.

A mi compañero, Matias Lucero, por la colaboración en el ensayo.

A mi hermana, Victoria Icardi, por los consejos en la redacción de este proyecto.

A todos ellos, muchas gracias.

INDICE

INDICE.....	I
INDICE DE TABLAS.....	III
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPOTESIS DE TRABAJO.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Área de estudio.....	7
Determinación de la biomasa aérea total y la producción de granos del cultivo de trigo..	8
Determinación de la producción primaria neta aérea maderable de los álamos del sistema agroforestal ..	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
Determinación de la biomasa aérea total y de granos del cultivo de trigo.....	11
Determinación de la producción primaria neta aérea maderable de los álamos del sistema agroforestal.....	13
CONCLUSIONES.....	15
BIBLIOGRAFIA.....	16
ANEXOS.....	21
Anexo 1.....	21
Información meteorológica.....	21
Precipitaciones medias decádicas para la localidad de Río Cuarto. Período 1974-2002.....	21

Temperaturas medias, máximas y mínimas decádicas para la localidad de	
Río Cuarto. Período 1974-2002.	21
Condiciones meteorológicas del año que se realizó el ensayo (2011),	
agrupadas decádicamente.....	22
ANEXO 2	24
Análisis de varianza	24
Grafico Q-Q PLOT de la raíz del rendimiento en grano de trigo	24
Grafico Q-Q PLOT de la biomasa total de trigo	24

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rendimiento de grano de trigo (kg/ha) y biomasa total (kg/ha) de acuerdo al sistema y tratamiento aplicado.....	11
Tabla 2: Rendimiento de grano de trigo (kg/ha) y biomasa total (kg/ha) en el sistema agroforestal, observando las distintas exposiciones.....	12
Tabla 3: Producción de madera en pie e incremento corriente anual de álamos en los 5 años de edad en un sistema agroforestal.....	13
Tabla 4: Producción de granos y madera en un sistema agroforestal álamo trigo y de grano en un sistema monoespecífico de trigo.....	14

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la producción de grano y madera en un sistema agroforestal. El ensayo se llevó a cabo en la planta piloto de depuración de aguas residuales urbanas de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. El experimento contempló un sistema agroforestal integrado por álamo (*Populus deltoides* CV catfish 5) y trigo (*Triticum aestivum*); los tratamientos fueron: 1) Sistema agroforestal bajo riego; 2) Sistema agroforestal en seco; 3) Sistema de monocultivo bajo riego y 4) Sistema de monocultivo en seco, cada uno de ellos con tres repeticiones. En cada uno de los tratamientos aplicados y al momento de la cosecha de trigo, se recolectaron 4 muestras de 0,25 m² cortando toda la biomasa aérea producida, separándose luego el grano. En el caso del sistema agroforestal dos de estas muestras se tomaron bajo proyección vertical de la copa de los álamos en dos orientaciones: sur y norte. Las dos muestras restantes fueron tomadas entre las copas. Para determinar la producción de madera se procedió a obtener el incremento corriente anual. Los resultados mostraron un rendimiento de granos menor en el sistema agroforestal en seco, superado por el cultivo monoespecífico en seco, pero este produjo menos que el sistema agroforestal y el cultivo puro regados, que no difirieron entre sí. Dentro del sistema agroforestal además se notó una variación del rendimiento de trigo a lo ancho del callejón, siendo mayor en la exposición norte y en el centro del mismo, que en las zonas más sombreadas en la exposición al sur de la hilera de árboles. En el sistema agroforestal, los árboles respondieron significativamente al tratamiento de riego logrando mayor producción de madera que la condición de seco. Se puede concluir que la mayor productividad de cada estrato se logró dentro del sistema agroforestal cuando se aplicaron riegos.

Palabras Claves: Sistema agroforestal, Aguas residuales, *Triticum aestivum*, *Populus deltoides*.

SUMMARY

The aim of this research was to analyze the grain and wood production in an agroforestry system. The test was carried out at the urban wastewater treatment pilot plant at the National University of Río Cuarto, Córdoba, Argentina. An agroforestry system of poplar (*Populus deltoides* CV catfish 5) and wheat (*Triticum aestivum*) was analyzed, and the treatments were: 1) agroforestry system under irrigated conditions; 2) agroforestry system in rainfed conditions; 3) mono-cropping system under irrigated conditions and 4) monocropping system in rainfed conditions, each with three replicates. In each of the treatments applied and at the time of wheat harvest, 4 samples of 0.25 m² were collected by cutting the entire biomass produced, separating then the grain. In the case of the agroforestry system, two of these samples were taken under vertical projection of the top of the poplars in two orientations, south and north. The remaining two samples were taken between the tops. To determine wood production, the current annual increment (ICA) was obtained. The results showed lower grain yield in the dryland agroforestry system, which was overcome by the monospecific crop in dry land, but this produced less than the agroforestry system and watered pure crop, which did not differ from each other. Within the agroforestry system, a variation of wheat yield was also noticed across the alley, being higher in the northern exposure and center thereof than in the more shaded areas in the southern exposure of the tree line. In the agroforestry system, the trees responded significantly to the irrigation treatment, increasing the wood production more than under rainfed condition. It can be concluded that the higher productivity of each stratum was achieved within the agroforestry system when irrigation was applied.

Keywords: Agroforestry, Urban wastewater, *Triticum aestivum*, *Populus deltoides*.

INTRODUCCIÓN

La agricultura ha tenido profundas contribuciones en la producción de alimentos y fibras, pero también ha contribuido a la degradación de los recursos naturales renovables debido a la deforestación (Shively y Pagiola, 2004; Upadhyay *et al.*, 2006), incremento de la erosión de suelo (FAO, 2004; Altieri y Pengue, 2006), aumento de la contaminación del agua con residuos (Stewart, 1975; Gomann *et al.*, 2005; Koo y O'Connell, 2006), aumento de las emisiones de gases efecto invernadero (Lal y Bruce, 1999; Uri y Bloodworth, 2000; Robert, 2002; Jarecki y Lal, 2003; Upadhyay *et al.*, 2006) y pérdida creciente de biodiversidad (Dorrough y Moxham, 2005; Giupponi *et al.*, 2006).

En Argentina, la producción agrícola ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a la especialización e intensificación de los sistemas de cultivos, basado en la soja transgénica y el doble cultivo trigo-soja, extensión de la frontera agrícola y aumento de la productividad vinculado a bioingeniería, agroquímicos y mayor utilización de fertilizantes (Trigo y Cap, 2003). Sin embargo, los problemas ambientales y degradación de los recursos naturales reconocidos a nivel internacional han empezado a evidenciarse, como ocurre con la contaminación de agua por residuos agropecuarios (Rabinovich y Torres, 2004), en tanto otros se han intensificado, por ejemplo, la deforestación y pérdidas de biodiversidad (Montenegro *et al.*, 2004; SAyDS, 2007).

El empleo del agua y su gestión, han sido factores esenciales para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades mejoradas tanto de plantas como de animales utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos (Porcel, 2008). Sin embargo, muchas veces la agricultura compite por el agua con otras actividades humanas, generándose situaciones conflictivas.

Es necesario utilizar un enfoque integral, que combine diferentes alternativas de sistemas de cultivos, tecnología, y prácticas de manejo de los recursos naturales enmarcados en el paradigma de la agricultura sostenible para hacer frente a esta problemática. En este contexto tanto la agroforestería (Pezo e Ibrahim, 1999) como la reutilización de aguas residuales se perfilan como técnicas que permitirían una optimización en la gestión global de los recursos (Porcel, 2008).

La agroforestería es el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implican la combinación de árboles y arbustos, ya sea con la ganadería, o con los cultivos (Combe y Budowski, 1979). Los sistemas agroforestales son, por lo tanto, sistemas de uso de la tierra diversificados y multiestratificados en los cuales los cultivos arbóreos son explotados en asociación, planificada o no, con cultivos agrícolas anuales o pastos, de manera simultánea o secuencial (Montagnini, 1992)

En este tipo de sistemas, la complementariedad en el uso de los recursos entre el estrato herbáceo y el componente leñoso, es la llave de su éxito y puede verse favorecida mediante la elección de especies forestales y forrajeras que posean fenología complementaria (Ong y Leakey, 1999; Roupsard *et al.*, 1999). Un ejemplo de complementariedad es la combinación de especies forrajeras templadas con árboles caducifolios. A través de dicha combinación, se estaría favoreciendo a las especies de gramíneas C3, dado que éstas expresan su mayor tasa de crecimiento desde el otoño hasta la primavera tardía, momento en el cual los árboles se encuentran sin hojas (Clavijo *et al.*, 2005).

El funcionamiento de la vegetación, es decir, el intercambio de materia y energía con el ambiente, se describe frecuentemente mediante la productividad primaria neta aérea (PPNA) (Sala *et al.*; 1988, Burke *et al.*; 1994, Epstein *et al.*; 1997, Paruelo *et al.*; 1998, Knapp y Smith, 2001). La productividad primaria neta es entonces una variable integradora del funcionamiento del ecosistema y refleja la entrada de energía a la cadena alimenticia (McNaughton *et al.*, 1989).

La producción primaria neta de un sistema agroforestal dependerá del balance entre los procesos de competencia y facilitación. Estas interacciones pueden ser facilitadoras: a través del enriquecimiento de carbono, la interceptación de nutrientes por lixiviación, mejoras en las cualidades físicas del suelo y el suministro de agua a través de elevación hidráulica; complementarias: si los árboles de raíces profundas pueden utilizar los recursos que no son accesible a los cultivos, aumentando así, en su conjunto, el uso de los recursos de la asociación; competitivas: si los árboles utilizan recursos limitantes de la misma fuente que las plantas del sotobosque (Fernández *et al.*, 2008). En algunos casos, los efectos negativos de la alelopatía también pueden ser observados. La magnitud y dirección de dichos procesos dependerá de la interacción entre las limitantes abióticas del sitio y la plasticidad ecofisiológica de las especies presentes (Caballé, 2013).

Por lo tanto, es necesario explorar las sinergias en la asociación árbol-cultivo herbáceo a través de la evaluación de diferentes especies de plantas en virtud de un determinado suelo y condiciones climáticas (Vishwanatham *et al.*, 1999).

En el caso que nos ocupa, estas interrelaciones fueron estudiadas a través de la medición de la producción primaria neta aérea total de un sistema agroforestal compuesto por álamos (leñosa) y trigo (herbácea).

Los álamos son diferentes especies del género *Populus*. Se trata de plantas leñosas que presentan un crecimiento rápido, con maderas blancas, livianas, fáciles de trabajar y buenas para la obtención de celulosa, aserrío y desbobinado (FAO, 1980). En la naturaleza, son especies asociadas al agua freática, siendo este un aspecto esencial para la comprensión de su ecología. Cuando la napa freática no es permanente, una elevada producción primaria neta aérea se obtiene a expensas del riego (Meson Garcia, 1988). La cantidad de agua requerida para el riego de una alameda depende del clima de cada lugar. En líneas generales, es frecuente encontrar en la bibliografía valores medios de consumo de agua que alcanzan los 600 mm durante el ciclo del cultivo (Montoya Oliver, 1993).

Por otra parte, el trigo (*Triticum aestivum* CV Baghette 17), junto con el arroz y el maíz, constituye uno de los tres granos básicos en la alimentación humana. La mayoría de la producción de trigo mundial se destina para la alimentación; aproximadamente un 75% de esta producción se utiliza para la obtención de harina de trigo.

El agua disponible es, generalmente, el principal factor que limita el crecimiento y rendimiento de trigo, como en la mayoría de los cultivos en condiciones de secano (Andrade *et al.*, 1996).

La lluvia, es un factor de suma importancia en los cultivos de secano. Los altos rendimientos se asocian a la lluvia normal que ocurre antes de la estación de crecimiento. En el Departamento Río Cuarto, la acumulación de agua en el perfil de suelo en el momento de la siembra es clave para el desarrollo del cultivo de trigo, debido a la baja ocurrencia de lluvias durante gran parte de su ciclo (Villar, 2001).

En suelos de la provincia de Santa Fé (Fontanetto *et al.*, 2009) encontró una estrecha asociación ($R_2 = 0.88$) entre los rendimientos de trigo y el agua edáfica almacenada a la siembra. Por otra parte, Villar (2001), encontró que las lluvias en el período de encañazón o sumadas a las

ocurridas previamente durante el macollaje no tuvieron ningún impacto sobre el consumo en la etapa crítica, pero el agua almacenada en el perfil explicó el 93% de las variaciones en los rendimientos. Ensayos llevados a cabo en la EEA Paraná concluyeron que una adecuada recarga del perfil del suelo durante las lluvias otoñales, sumadas a las bajas precipitaciones durante el período de llenado de las espigas, son condiciones excelentes para obtener altos rendimientos en trigo (Milisich *et al.*, 2006).

El crecimiento, desarrollo y por lo tanto, el rendimiento en granos de un cultivo está estrechamente asociado con la transpiración y fijación de CO₂. Es por ello que resulta indispensable que el cultivo sea capaz de: a) capturar la mayor cantidad posible de agua a través de su sistema radical, b) utilizar este recurso lo más eficientemente posible potenciando el intercambio de CO₂ a nivel de estomas, c) producir la mayor cantidad posible de fotoasimilados a través del proceso fotosintético y d) transformar una alta proporción de estos asimilados en órganos de cosecha (Satorre *et al.*, 2012).

La eficiencia del proceso descrito puede ser sintetizada a través de la eficiencia en el uso del agua (EUA). Este índice se calcula a través del cociente entre la producción (biomasa total o rendimiento en grano) y la evapotranspiración del cultivo. La EUA de los cultivos puede ser modificada por diversas prácticas de manejo tales como la rotación, el sistema de labranza, el riego, la fertilización, las variedades o híbridos, la fecha de siembra entre otras prácticas.

En ambientes que presentan déficit hídrico estacional, como sucede en el área bajo estudio, el riego y la conservación del agua que ingresa al suelo son estrategias sumamente importantes para lograr buenos rendimientos en los cultivos (Satorre *et al.*, 2012).

El trigo es uno de los cultivos de mayor respuesta al riego suplementario en la región centro-sur de Córdoba, pero cuando se analiza el riego como estrategia para incrementar la producción, hay que considerar que el agua de calidad para satisfacer las necesidades humanas es un recurso cada vez más escaso y su posesión constituye un factor esencial para nuestro desarrollo (Porcel, 2008). Esta competencia de intereses entre los diferentes usos del agua, presupone la necesidad de realizar un uso racional del recurso.

El uso racional del agua es un concepto que se encuentra muy presente hoy en día en el pensamiento de la sociedad. Es por ello que la reutilización de aguas residuales se perfila como una fuente adicional de agua merecedora de ser tenida en cuenta en la gestión global de los recursos hídricos (Porcel, 2008).

El uso de aguas residuales para el riego es una técnica cada vez más común, especialmente en zonas áridas y semiáridas. El rendimiento de los cultivos se incrementa tanto por una mayor disponibilidad de agua (riego) como por un mayor aporte de nutrientes, ya que las aguas residuales son ricas en nutrientes esenciales para el crecimiento de los vegetales. En este sentido (Braatz y Kandiah, 1996) menciona que las aguas de alcantarillado no depuradas, e incluso los afluentes que han recibido tratamiento secundario, tienen muchos de los nutrientes minerales que la planta necesita para su crecimiento (nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes) y que la respuesta de los cultivos y árboles que se riegan con aguas residuales tienen una productividad mayor que cuando se hace con agua limpia; además, estos nutrientes pueden representar un recurso de valor considerable si se comparan con el costo equivalente de los fertilizantes. Sin embargo, hay que tener presente que existe el riesgo de que el riego con aguas residuales facilite la transmisión de enfermedades relacionadas con las excretas (Ayres y Duncan, 1997).

La utilización de los álamos como filtros verdes para la depuración de aguas residuales y la obtención de madera y de pastos o granos para la alimentación animal han sido utilizados desde tiempos muy antiguos y aún presentan un futuro prometedor tanto en poblaciones rurales, como en zonas periurbanas cumpliendo la función de depuradores finales de las aguas vertidas por las plantas depuradoras convencionales (Navarro Garnica, 1985).

El objetivo de este trabajo final de grado fue analizar la producción de grano y madera en un sistema agroforestal utilizado como filtro verde.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

En los sistemas agroforestales utilizados como filtros verdes, las facilitaciones superan a las competencias generando una mayor producción primaria neta aérea total (PPNAT) que la de los cultivos herbáceos utilizados como monocultivos.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la producción primaria neta aérea total (PPNAT) en sistemas agroforestales álamo-trigo utilizados como filtros verdes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la biomasa aérea total y la producción de granos del cultivo de trigo regado con agua residual en un sistema agroforestal álamo-trigo y en un lote desprovisto de árboles.
- Determinar la producción primaria neta aérea maderable de los álamos del sistema agroforestal bajo estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área bajo estudio presenta un clima templado húmedo a cálido sub húmedo, con temperaturas medias de 23,5 y 8,75 °C para el mes más cálido y el mes más frío, respectivamente. La amplitud térmica anual ronda los 13 a 15°C. La fecha media de primera helada es aproximadamente el 15 de Mayo y la fecha media de la última helada el 10 de Septiembre (con un desvío medio de 10 días en cada extremo). Por lo tanto, el período libre de heladas es de 240 a 260 días.

Las precipitaciones medias anuales van desde 700 a 800 mm, con un régimen de distribución de tipo monzónico, registrándose déficit hídrico con marcada acentuación en los meses invernales.

Los vientos predominantes son del N y NE con una intensidad que varía entre 8 km/h a mediados del mes de julio y 15.7 km/h a fines del mes de octubre.

El ensayo se llevó a cabo en la planta piloto de depuración de aguas residuales urbanas, colindante con las Residencias Estudiantiles Universitarias; un complejo habitacional de 432 habitantes, ubicado a 33° 07' S, 64° 14' O y a 421 metros sobre nivel del mar, dentro del campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

La planta de depuración, es una unidad Experimental para el tratamiento de aguas residuales que capta los residuos cloacales provenientes de los departamentos de las residencias estudiantiles. El agua tratada, es posteriormente utilizada para riego en los diferentes ensayos llevados a cabo en el lugar.

En este ensayo, el sistema agroforestal estuvo integrado por álamo (*Populus deltoides* CV catfish 5) y trigo (*Triticum aestivum* CV Baghette 17), al cual se le aplicaron dos tratamientos: Riego con agua residual urbana y una situación en secano (solo lluvias), además se contempló un cultivo de trigo sin árboles con los mismos tratamientos aplicados al sistema agroforestal. Los árboles fueron plantados en la primavera de 2007 en doble hileras con un marco de plantación de 3x3 m, separada por callejones de 10 m. En estos callejones, durante el otoño se sembró una variedad de trigo de ciclo intermedio. De esta manera, los tratamientos definidos fueron: 1) Sistema agroforestal bajo riego; 2) Sistema agroforestal en secano; 3) Sistema de monocultivo bajo riego y 4) Sistema de monocultivo en secano, cada uno de ellos con tres repeticiones. Los callejones (2) y un sector en secano fueron divididos en tres parcelas de 120 m². El sistema de riego utilizado fue en manto.

Determinación de la biomasa aérea total y la producción de granos del cultivo de trigo

En cada una de las parcelas, de los diferentes tratamientos, se recolectaron 4 submuestras de 0,25 m² de superficie cortando toda la biomasa aérea producida. Este procedimiento se llevó a cabo una vez finalizado el ciclo del cultivo, cuando el mismo presentaba condiciones apropiadas para la cosecha (humedad del grano 14 %). En el caso del sistema agroforestal dos submuestras se tomaron bajo proyección vertical de la copa de los álamos en dos orientaciones, sur y norte y, las dos submuestras restantes fueron tomadas entre las copas (sin sombreado directo). El material recolectado fue llevado al laboratorio donde se separó, mediante una cosechadora manual el grano, del resto de la biomasa aérea.

Los datos fueron procesados utilizando como método de inferencia estadística el análisis de la varianza (ANAVA), realizándose las transformaciones pertinentes en los casos donde los mismos no cumplieron con las condiciones que exige dicho método. Luego, se realizó una comparación de medias mediante el test DGC (Di Rienzo, 2011).

El análisis fue realizado con un diseño de parcelas divididas, en el que la parcela principal fue diferenciada a través del sistema de cultivo (agroforestal o puro) y las subparcelas a través de los tratamientos (bajo riego o seco). Esto permitió evaluar la existencia de interacciones entre el sistema y los tratamientos.

Determinación de la producción primaria neta aérea maderable de los álamos del sistema agroforestal

La producción primaria neta aérea forestal (PPNAF) se determinó a través del incremento corriente anual, obtenido como la diferencia entre la producción al inicio del ciclo (fines de invierno) y el obtenido hacia el final del mismo (fines de otoño) cuando los álamos presentaban amarillamiento completo de sus hojas.

La fórmula utilizada fue la propuesta por Imaña y Encinas (2008):

$$ICA = Y_{(t)} - Y_{(t+1)}$$

donde:

ICA = incremento corriente anual.

$Y_{(t)}$ = Producción de madera al inicio del ciclo de crecimiento.

$Y_{(t+1)}$ = Producción de madera al final del ciclo de crecimiento.

Para obtener la producción de madera ($Y_{(0)}$; $Y_{(t+1)}$) estimada al inicio y final del ciclo de crecimiento se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (H) del fuste de 24 árboles contenidos en seis parcelas. Con estos datos se calculó el volumen de los fustes de cada individuo a través de la fórmula de Cota:

$$Y = ((\pi \times D^2) \div 4) \times H \times Cf$$

dónde:

Y: volumen de los fustes

D: diámetro

H: altura

π : número pi

Cf: coeficiente de forma;

El coeficiente de forma se obtuvo mediante la función:

$$Cf: Vr/Va$$

donde:

Cf: coeficiente de forma

Vr: volumen real

Va: volumen aparente;

El volumen real fue obtenido mediante el método gráfico (Rivanegra, 2015)

Obtenido el crecimiento corriente anual en volumen en las parcelas esta fue llevada a la hectárea considerando la densidad de plantas en el ensayo (512 árboles/ha). Luego los volúmenes de madera, para poder ser integrados a la producción total del sistema agroforestal, fueron transformados en peso (kg/ha), utilizando la densidad de la madera:

$$Pm = Y \times Dm \times Dp$$

dónde:

Pm = Producción de madera (kg ha^{-1})

Y = volumen de los fustes (m^3)

Dm = densidad de la madera (kg m^{-3})

Dp = densidad de plantas (Pl ha^{-1})

La edad de la plantación en el momento del cálculo era de 5 años. Los datos fueron procesados utilizando un análisis de la varianza (ANAVA) y la comparación de medias mediante el test DGC (Di Rienzo, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la biomasa aérea total y la producción de granos del cultivo de trigo

La producción de granos y de biomasa total de trigo en el sistema agroforestal y en el monocultivo se presenta en la **tabla 1**.

Tabla1: Rendimiento de grano de trigo (kg/ha) y biomasa total (kg/ha) de acuerdo al sistema y tratamiento aplicado.

Sistema/ Tratamiento	Rendimiento	Biomasa Total
Agroforestal, sin riego	394,41 a	1537,89 a
Puro, sin riego	1074,53 b	3845,36 b
Puro, con riego	2211,82 c	7033,51 c
Agroforestal, con riego	2822,79 c	7864,96 c
R ²	0,7	0,81
C.V.	28,58	29,72

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

El sistema agroforestal en secano obtuvo el rendimiento más bajo y la menor producción de biomasa y aunque fue superado por el cultivo puro en secano, este produjo menos que el sistema agroforestal y el cultivo puro regado, que no difirieron entre sí. Las diferencias observadas entre los sistemas cuando el cultivo se desarrolló en secano podrían ser explicadas por la competencia generada entre los álamos y el trigo, donde la leñosa podría haber utilizado gran parte del agua disponible en el suelo y que por tanto no pudo ser aprovechada por el cultivo de trigo. Resultados similares fueron documentados por Pollock *et al.* (2009) quien encontró que luego de unos años, la complementariedad en el uso del agua entre la leñosa y la herbácea desaparece, estableciéndose relaciones de competencia en donde la leñosa hace un mejor aprovechamiento del recurso.

Por otra parte, en el tratamiento bajo riego la situación es diferente. Aquí, el agua no es un recurso limitante para ninguna de las dos especies por lo que no se observaron diferencias significativas en el rendimiento del trigo.

Dentro del sistema agroforestal se analizó, además la influencia que podrían tener las copas sobre la llegada de luz al cultivo de trigo. Para ello, dentro del callejón se tomaron datos bajo la proyección vertical de las copas en la exposición norte y sur y en el centro del callejón, los resultados se presentan en la **tabla 2**.

Los resultados muestran que tanto el rendimiento de granos como la biomasa total son menores en la exposición sur, con mayor nivel de sombreado de las copas de los árboles durante la primavera luego de la foliación de los mismos. En la latitud, en la que se llevó a cabo el ensayo y con la orientación E - O en que se dispusieron las hileras de árboles, la inclinación de sol genera que los rayos impacten directamente sobre la exposición norte y se extiendan hasta el centro del callejón durante todo el año, mientras que el sector del callejón expuesto al sur de los árboles se encuentren sombreados la mayor parte del día durante parte del ciclo del trigo (primavera). El resultado es una disminución en la actividad fotosintética de la herbácea y, por lo tanto, un menor rendimiento de granos y de biomasa total.

Tabla 2: Rendimiento de grano de trigo (kg/ha) y biomasa total (kg/ha) en el sistema agroforestal, observando las distintas exposiciones.

Exposición	Rendimiento de grano	Biomasa Total
Sur	862,54 a	3641,93 a
Norte	1379,37 b	5290,73 b
Centro	1861,92 b	5171,61 b
R ²	0,98	0,96
C.V.	16,84	31,55

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Algunos autores afirman que cuando el crecimiento de las plantas no se haya limitado por el agua y/o los nutrientes, la producción queda determinada a partir de la cantidad de radiación incidente que el follaje es capaz de interceptar, correspondiéndose dicho principio con lo observado en el presente trabajo en las situaciones bajo riego.

Condiciones similares a las observadas en este ensayo fueron registradas por Burton *et al.* (1959), Samarakoon *et al.* (1990) y Zelada (1996) quienes detectaron una reducción en la luz afectaba además el desarrollo radicular de la herbácea haciéndolo menos competitivo en la toma de agua y nutrientes.

En un trabajo realizado por Pardini *et al.* (2010) se muestran resultados similares a los hallados en este trabajo; ellos sembraron una mezcla de gramíneas, entre ellos el trigo, y leguminosas en una pradera con árboles dispersos, concluyendo que el rendimiento de grano en trigo fue un 47% menor debajo de las copas que a 20 metros de estas y la biomasa total un 25% menor.

Ovispo *et al.* (2008) estudiaron el efecto de 3 densidades de sombra diferentes aplicados a *Panicum maximum*, quienes demuestran que con menores niveles de sombra se obtiene 14200 kg/ha de biomasa, mientras que con las mayores densidades de sombra no superaron los 10110 kg/ha.

Determinación de la producción primaria neta aérea maderable de los álamos del sistema agroforestal.

Además de la producción de la herbácea se analizó el incremento corriente de madera para el año en estudio (**Tabla 3**).

La producción de madera acumulada de madera (kg/ha) y el incremento corriente anual (Kg/ha/año) mostraron diferencias estadísticas significativas a favor del tratamiento con riego, sin embargo los árboles, bajo el régimen pluviométrico del lugar (800 mm /año) son menos dependientes que el trigo y en términos porcentuales el aporte del agua solo agregó a la producción un incremento del 20 %. Combe y Budowski (1979), muestran que dentro de la agroforestería existen numerosos ejemplos que dan cuenta que la interacción entre ambos estratos vegetales modulan la productividad del sistema, pudiendo ser ésta mayor, igual o menor en sistemas mixtos que en aquellos monoespecíficos. Los resultados en nuestro ensayo se muestran en **la tabla 4**.

Tabla 3: Producción de madera en pie e incremento corriente anual de álamos a los 5 años de edad en un sistema agroforestal.

Producción maderera total (kg/ha)		Incremento corriente anual (kg/ha/año)	
Tratamiento	Medias	Tratamiento	Medias
Sin riego	13493,99 a	Sin riego	3506.46 a
Con riego	16155,24 b	Con riego	4197.99 b
R ²	0,45	R ²	0,45
C.V.	3,93	C.V.	4,72

Medias con un letra comun no son significativamente diferentes ($p \leq 0,10$)

Tabla 4: Producción de granos y madera en un sistema agroforestal álamo trigo y de granos en un sistema monoespecífico de trigo.

Sistema/ Tratamiento	Rendimiento en grano (kg/ha)	Incremento corriente de madera (kg/ha)	Producción Total (kg/ha)
Agroforestal, sin riego	394,41 a	3506,46a	3900
Monoespecífico, sin riego	1074,53 b	-	1074,53
Monoespecífico, con riego	2211,82 c	-	2211,82
Agroforestal, con riego	2822,79 c	4197,99 b	9843,57
R ²	0,7	0,45	
C.V.	28,58	4,72	

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Los datos observados en la tabla indican que pueden combinarse especies forestales y de cultivos para maximizar la productividad de cada estrato en particular y del sistema en general. En nuestro caso, la productividad de cada estrato es posible de lograr cuando se incorpora el riego, mientras que la productividad del sistema en general se da con restricciones hídricas.

Estos resultados son coincidentes con los de diversos autores (Rojas *et al.*, 2009; Plevich *et al.*, 2013; Nordenstahl *et al.*, 2011) que han encontrado que los sistemas agroforestales tienen una mayor producción de biomasa que los sistemas de cultivos puros. En el caso bajo estudio y en el sistema bajo riego se podría decir que los efectos de las facilitaciones y la complementariedad entre las especies tuvieron un mayor impacto sobre la producción de biomasa que las relaciones de competencia, lo que derivó en una mayor productividad primaria neta aérea del sistema agroforestal.

CONCLUSIONES

Cuando analizamos la producción de granos de trigo observamos que el rendimiento más bajo se obtuvo en el sistema agroforestal en seco ya que fue superado por el cultivo monoespecífico en seco, pero éste produjo menos que el sistema agroforestal y el cultivo puro regados, que no difirieron entre sí. Dentro del sistema agroforestal además se notó una variación del rendimiento de trigo a lo ancho del callejón siendo mayor en la exposición norte y en centro del mismo, en relación a las zonas más sombreadas en la exposición al sur de la hilera de árboles.

En el sistema agroforestal los árboles respondieron significativamente al tratamiento de riego logrando mayor producción de madera que la condición de seco. La mayor productividad de cada estrato se logró dentro del sistema agroforestal cuando se aplicaron riegos.

La producción primaria neta aérea total (madera + grano) fue mayor en los sistemas agroforestales, tanto en seco como bajo riego.

BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI, M.A. y PENGUE W.A. 2006. GM soybean: Latin America's new colonizer. *Seedling* January,13-17.
- ANDRADE, F; A. CIRILO; S. UHART y M. OTEGUI. 1996. *Ecofisiología del cultivo de Maíz*. 2° ed. Ed: La Barrosa. Argentina. Pag: 121.
- AYRES, R., y M. DUNCAN. 1997. Análisis de aguas residuales para su uso en la Agricultura. *Manual de técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio*. Departamento de ingeniería civil. Universidad de Leeds. Leeds, Inglaterra.
- BRAATZ, S., y KANDIAH, A. (1996). Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques. *Rev Int Silv. Ind For.* 47, 45-50.
- BURKE, I; LAUENROTH, W; PARTON, W y COLE, C. 1994. Interactions of landuse and ecosystem function: A case study in the central Great Plains. *In: Groffman, P. M. y Likens, G. E. (eds.). Integrated Regional Models: Interactions between humans and their environment*. Chapman Hall, New York. Pp. 79-95
- BURTON, G. W., J. E. JACKSON, y F. E. KNOX. 1959. Influence of light reduction upon the production, persistence, and chemical composition of coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon*). *Agron. J.* 52:537-542.
- CABALLÉ, G. 2013. *Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles*. Tesis Doctoral, FA-UBA. 216 p.
- CLAVIJO, M. P.; M. NORDENSTAHL; P. E. GUNDEL y E. G. JOBBAGY. 2005. Poplar Afforestation Effects on Grasslands Structure and Composition in the Flooding Pampas. *Rangeland Ecol Manage.* 58: 474-479.
- COMBE, J. y G. BUDOWSKI. 1979. Classification of traditional agroforestry techniques. *In: Workshop on Traditional Agroforestry System in Latin America.* (1979, Turrialba, C.P.) Ed. Por de las Salas, G. Turrialba, C.R; CATIE. 17-47.
- DI RIENZO J., MACCHIAVELLI R. y CASANOVES F. 2011. Modelos mixtos en InfoStat.
- DORROUGH J. y MOXHAM C. 2005. Eucalypt establishment in agricultural landscapes and implications for landscape-scale restoration. *Biological Conservation* 123,55-66.
- EPSTEIN, H; LAUENROTH, W; BURKE, I y COFFIN, D. 1997. Regional productivity patterns of C3 and C4 functional types in the US Great Plains. *Ecology* 78: 722-31.
- FAO. 2004. Intensifying crop production with conservation agriculture. Available by FAO <http://www.fao.org/ag/ags/agse/main.htm>. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2779S/y2779s00.pdf> (verificado 5/12).

- FAO. 1980. *Los álamos y los sauces*. Comisión internacional del álamo. Roma. 349 p.
- FERNÁNDEZ, M.E., GYENGE, J., LICATA, J., SCHLICHTER, T., y BOND, B.J. (2008). Belowground interactions for water between trees and grasses in a temperate semiarid agroforestry system. *Agrofor. Syst.* 74, 185–197.
- FONTANETTO H., KELLER O., ALBRECHT J., RUFINO P., BARSARELLI J., SILLLN M., BELOTTI L., NEGRO C. y D GIAILEVRA. 2009. *La importancia del agua edáfica a la siembra como estimador de los rendimientos del trigo en el área central de Santa Fe*. INTA Rafaela; AFA María Juana; AFA S. M. de Las Escobas; Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Litoral. En [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/473D1BD103DC9F918525799500760519/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/473D1BD103DC9F918525799500760519/$FILE/2.pdf). El 14/11.
- GIUPPONI C., RAMANZIN M., STURARO E. y FUSER S. 2006. Climate and land use changes, biodiversity and agri-environmental measures in the Belluno province, Italy. *Environmental Science & Policy* 9:163-173.
- GOMANN H., KREINS P., KUNKEL R. y WENDLAND F. 2005. Model based impact analysis of policy options aiming at reducing diffuse pollution by agriculture - A case study for the river Ems and a sub-catchment of the Rhine". *Environmental Modelling & Software* 20:261-271.
- IMAÑA, J. y ENCINAS, O. 2008. *Epidometria Forestal*. Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Brasilia, Mérida. 66 p.
- JARECKI M.K. y LAL R. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22:471-502.
- KNAPP, A y SMITH, M. 2001. Variation among biomass in temporal dynamics of aboveground primary production. *Science* 291: 481-484.
- KOO B.K. y O'CONNELL P.E. 2006. An integrated modelling and multicriteria analysis approach to managing nitrate diffuse pollution: 2. a case study for a chalk catchment in England. The Macaulay Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, UK.
- LAL R. y BRUCE J.P. - 1999. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environmental Science & Policy* 2:177-185.
- McNAUGHTON, S; OESTERHELD, M; FRANK, D y WILLIANS, K. 1989. Ecosystem - level patterns of primary productivity and herbivore in terrestrial habitats. *Nature* 341: 142-144.
- MESON GARCIA M.L. 1988. Ecología y Vegetación de las ripisilvas. *Revista Ecología* n° 1. Ed. ICONA. Madrid. España.

- MILISICH H., CAVIGLIA O. y J. SALUSO 2006. Relaciones entre el rendimiento de trigo y variables sanitarias y meteorológicas. Actualización técnica. *Trigo y lino*. INTA EEA Paraná.
- MONTAGNINI, F. 1992. *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*, 2ª ed. San José, CR. Organización para Estudios Tropicales. 622 p.
- MONTENEGRO C., GASPARRI I., MANGHI E., STRADA M., BONO J. y PARMUCHI M.G. 2004. *Informe sobre deforestación en Argentina*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.
- MONTOYA OLIVER J.M. 1993. *Chopos y choperas*. Ed. Mundi Prensa. Madrid. España. 124 p.
- NAVARRO GARNICA N. 1985. *La selvicultura del filtro verde*. Revista *el campo* n° 98. Ed. Banco de Bilbao. Bilbao.
- NORDENSTAHL, M., GUNDEL, P.E., PILAR CLAVIJO, M., y JOBBÁGY, E.G. 2011. Forage production in natural and afforested grasslands of the Pampas: ecological complementarity and management opportunities. *Agrofor. Syst.* 83:20-211.
- ONG, C.K., y R.R. B. LEAKEY. 1999. Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with treegrass interactions in tropical savannas. *Agroforestry Systems* 45:109-129 p.
- OVISPO, N.; ESPINOZA, Y.; GIL, J. L.; OVALLES, F. y RODRIGUEZ, M. F. 2008. *Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril*. Instituto nacional de investigaciones agrícolas. Centro nacional de investigaciones agropecuarias, Maracay, Aragua, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26(3): 285-288
- PARDINI, A.; MORI, S.; RIGUEIRO – RODRIGUEZ, A. y MOSQUERA LOSADA, M. R. 2010. *Efecto del arbolado en la producción de pasto y trigo (*Triticum aestivum* L.) ecológicos en la Maremma Toscana (Italia central)*. Departamento de producción vegetal, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostella.
- PARUELO, J; JOBBAGY, E; SALA, O; LAUENROTH, W y BURKE, I. 1998. Functional and structural convergence of temperate grassland and shrubland ecosystems. *Ecological Applications* 8: 194-206.
- PEZO, D. IBRAHIM, M. BEER, J. y CAMERO, A. 1999. *Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 46 p.
- PLEVICH, J.O., MARTINEZ MANINO, M., DEMAESTRI, M., GARCIA, J., y ZUPÁN, E.E. 2013. Uso del agua y productividad de una pastura de *bromus unioloides* integrada a

- sistemas silvopastoriles. 4° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, (Iguazú, Misiones.), Actas; p. 12
- POLLOCK, K.M., MEAD, D.J., y MCKENZIE, B.A. 2009. Soil moisture and water use by pastures and silvopastures in a sub-humid temperate climate in New Zealand. *Agrofor. Syst.* 75:223–238.
- PORCEL, I. 2008. Investigación y desarrollo de la reutilización de aguas residuales industriales. 9° Congreso Nacional de Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible. Madrid. Palacio Municipal de Congresos del Campo de Las Naciones.
- RABINOVICH J.E. y TORRES F. 2004. Caracterización de los síndromes de sostenibilidad del desarrollo. El caso de Argentina. Available by CEPAL. <http://www.eclac.cl/publicaciones/MedioAmbiente/5/LCL2155P/cl2155e.pdf>.
- RIVANEGRA E. 2015. Producción de biomasa y eficiencia en el uso del agua en eucaliptus regados con aguas residuales urbanas. Trabajo final de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. 41p
- ROBERT, M. 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Available by Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- ROJAS, J., IBRAHIM, M., y ANDRADE, H.J. 2009. Secuestro de carbono y uso de agua en sistemas silvopastoriles con especies maderables nativas en el trópico seco de Costa Rica. *Rev. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria* 10:214–223.
- ROUPSARD, O.; A. FERHI; A. GRANIER; F. PALLO; D. DEPOMMIER; B. MALLET; H.I. JOLY y E. DREYER. 1999. Reverse phenology and dry season water uptake by *Faidherbia albida* (Det). A. Chev. An agroforestry parkland of sudanese West Africa. *Functional Ecology* 13: 460-472.
- SALA, E.; PARTON, L.; JOYCE, A. y LAUENROTH, K. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States: spatial pattern and major controls. *Ecology* 69:40-45.
- SAMARAKOON, S. P.; WILSON J. R. y SHELTON H. M. 1990. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *The Journal of Agricultural Science*, 114:161-169. doi:10.1017/S0021859600072154.
- SATORRE, E. H.; BENECH ARNOLD, R. L.; SLAFER, G. A.; DE LA FUENTE E. B.; MIRALLES, D. J.; OTEGUI M. E. y R. SAVIN. 2012. *Producción de Granos. Bases Funcionales para su Manejo*. Editorial Facultad de Agronomía (EFA). FAUBA.

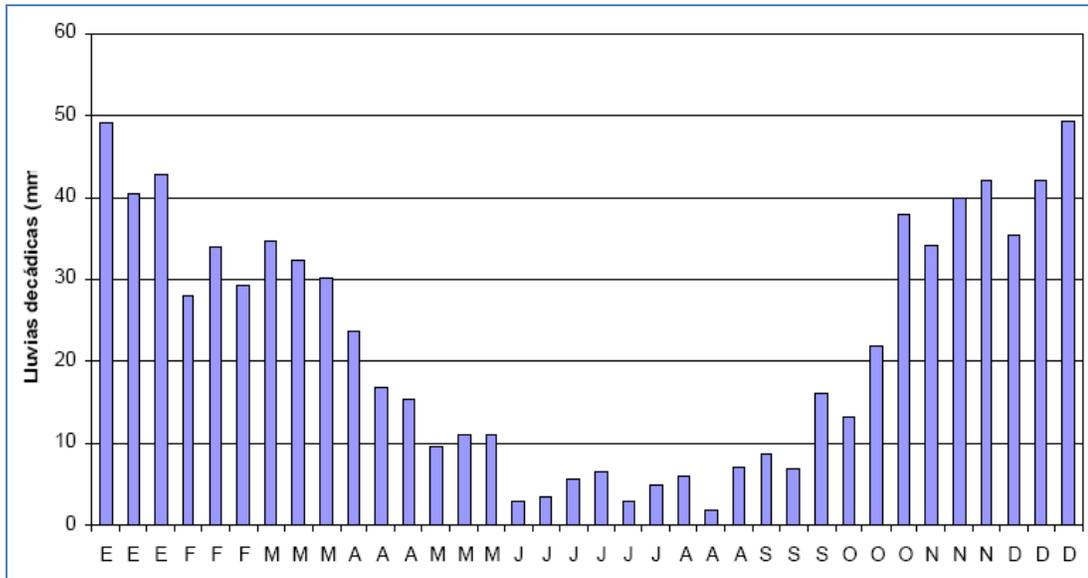
- SAYDS - 2007. *Primer inventario nacional de bosques nativos: Segunda etapa inventario de campo de la región espinal distritos Caldén y Ñandubay*. Informe regional espinal segunda parte. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, Argentina. 236 p.
- SHIVELY G.E. y PAGIOLA S. 2004. Agricultural Intensification, Local Labor Markets, and Deforestation in the Philippines". *Environment and Development Economics* 9:241-66.
- STEWART B. A., 1975. Control Of Water Pollution From Cropland. United States. Agricultural Research Service y United States. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development Dept. of Agriculture Agricultural Research Service: for sale by the Supt. of Docs. U.S. Govt. Print. Off., Washington.
- TRIGO E.J. y CAP E.J. 2003. The impact of the introduction of transgenic crops in argentinean agriculture. *Ag. Bio. Forum* 6:87-94.
- UPADHYAY T.P., SOLBERG B. y SANKHAYAN P.L. 2006. Use of models to analyse land-use changes, forest/soil degradation and carbon sequestration with special reference to Himalayan region: A review and analysis". *Forest Policy and Economics* 9:349-371.
- URI N.D. y BLOODWORTH H. 2000. Global climate change and the effect of conservation practices in US agriculture". *Global Environmental Change* 10:197-209.
- VILLAR J. 2001. Economía del agua en el cultivo de trigo. Información técnica de Trigo. Campaña 2000. INTA EEA. Rafaela. *Publicación miscelánea NÀ 92. 7*
- VISHWANATHAN, M.K.; SAMRA J. S. y SHARMA. A. R. 1999. Biomass production of trees and grasses in a silvopasture system on marginal lands of Doon Valley of north-west India. *Agroforestry systems*, 46 (2) 197-212.
- ZELADA, E. 1996. *Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la Zona Atlántica de Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 88 p.

ANEXOS

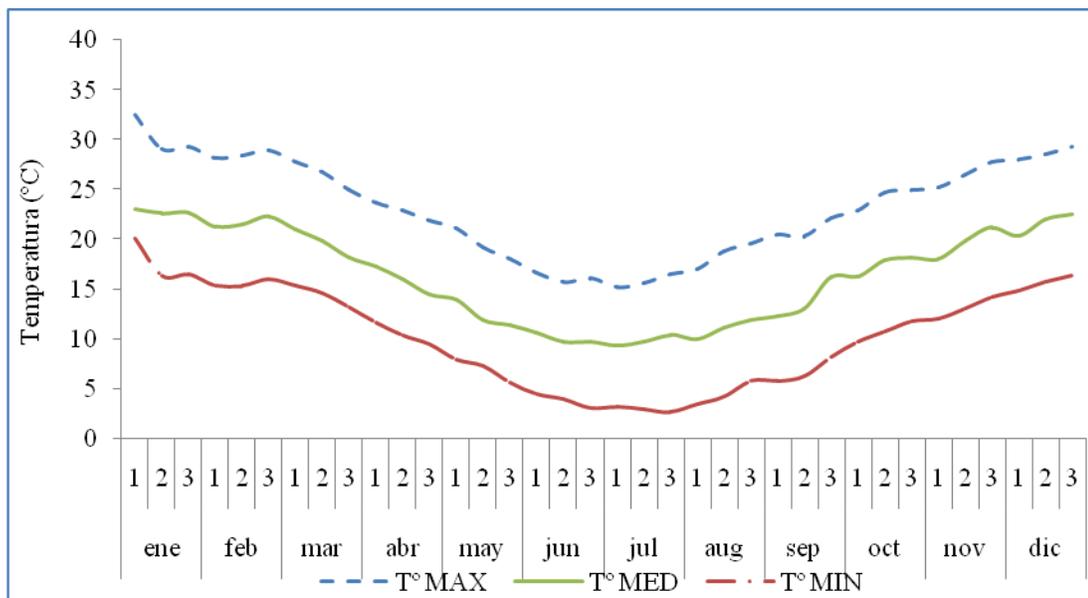
ANEXO 1

Información meteorológica

- **Precipitaciones medias decádicas para la localidad de Río Cuarto. Período 1974-2002.**



- **Temperaturas medias, máximas y mínimas decádicas para la localidad de Río Cuarto. Período 1974-2002.**



- **Condiciones meteorológicas del año que se realizó el ensayo (2011), agrupadas decádicamente.**

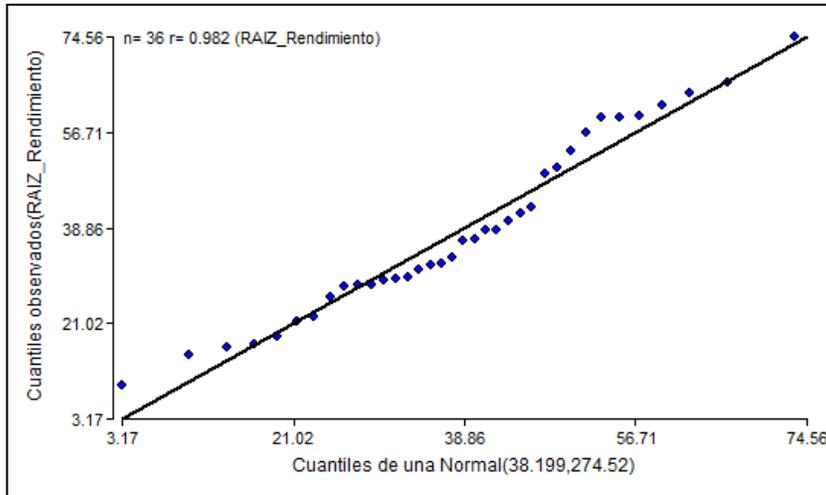
Décadas Mensuales	T° min (°C)	T° max (°C)	T° med (°C)	HR med (°C)	Viento (km hs ⁻¹)	Rad (Mj m ⁻²)	PP (mm)
Ene	15,7	27,9	21,2	71,5	7,3	-	2,6
Ene	15,2	31,3	23,8	57,3	9,6	-	1,2
Ene	17,2	32,0	24,7	65,0	9,4	-	15,7
Feb	14,8	25,6	20,3	76,6	8,1	-	3,5
Feb	15,2	26,6	20,6	80,3	6,8	-	2,7
Feb	14,3	25,4	19,6	86,3	5,2	-	6,9
Mar	16,7	28,9	22,1	76,3	6,0	-	1,2
Mar	10,4	24,8	17,3	70,2	6,0	-	3,7
Mar	10,1	24,7	17,7	74,1	4,3	-	3,5
Abr	10,0	28,3	18,5	70,2	4,1	-	0,0
Abr	9,5	27,0	17,3	58,6	5,9	17,3	0,0
Abr	8,0	25,3	15,6	61,5	9,6	14,5	3,9
May	4,2	21,7	12,2	66,7	5,9	15,1	1,2
May	9,9	21,4	14,8	81,5	7,5	10,3	0,0
May	5,0	18,7	11,3	73,7	8,7	9,7	0,0
Jun	2,6	17,8	9,4	80,1	6,8	9,2	0,2
Jun	3,4	16,0	9,6	80,0	6,4	7,8	0,0
Jun	-0,6	14,9	6,1	67,0	5,7	10,6	0,6
Jul	-0,9	17,8	7,3	50,4	6,2	11,7	0,0
Jul	4,1	16,5	9,8	75,5	9,7	8,5	0,0
Jul	2,6	17,6	9,5	62,2	9,9	11,4	0,0
Ago	3,0	18,0	9,8	67,8	9,3	12,5	0,0
Ago	5,1	17,9	10,9	60,3	10,7	13,1	0,2
Ago	1,3	19,7	9,7	51,4	11,2	17,3	0,1
Sep	5,1	24,0	14,2	33,6	11,7	19,8	0,0

Sep	8,0	25,8	16,3	38,8	12,3	20,6	0,3
Sep	10,1	27,1	17,7	58,1	12,4	22,7	1,7
Oct	8,7	24,0	15,6	68,3	12,4	21,6	2,0
Oct	11,2	27,2	18,1	65,1	9,9	24,3	1,8
Oct	10,1	24,1	16,4	72,3	7,7	21,8	5,0
Nov	15,2	31,5	22,8	57,3	14,9	28,2	1,5
Nov	13,1	27,2	19,9	59,8	10,0	23,9	6,4
Nov	14,9	30,2	21,8	66,0	8,7	27,1	5,7
Dic	14,3	30,2	21,8	60,7	8,0	28,1	2,0
Dic	14,5	33,1	23,5	49,7	5,9	32,7	0,9
Dic	15,9	33,2	23,7	51,3	9,4	29,8	1,0

ANEXO 2

Análisis de varianza

- Grafico Q-Q PLOT de la raíz del rendimiento en grano de trigo



- Grafico Q-Q PLOT de la biomasa total de trigo

