

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

“Trabajo Final Presentado para Optar
al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**PRODUCCIÓN DE TRIGO Y ÁLAMOS EN UN SISTEMA
AGROFORESTAL ASISTIDO CON RIEGOS
ESTRATÉGICOS**

Alumno: **Fabrizio Alejandro Salusso**

D.N.I.: **29.176.542**

Director: **Ing. Agr. José Omar Plevich**

Codirector: **Ing. Agr. Raúl Crespi**

Río Cuarto – Córdoba

Noviembre 2008

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

**PRODUCCIÓN DE TRIGO Y ÁLAMOS EN UN SISTEMA
AGROFORESTAL ASISTIDO CON RIEGOS
ESTRATÉGICOS**

Autor: **Fabricio Alejandro Salusso**
D.N.I.: **29. 176. 542**

Director: **Ing. Agr. Plevich, José Omar**

Co-Director: **Ing. Agr. Crespi, Raúl**

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

Fecha de Presentación: ____/____/____

Aprobado por la Secretaría Académica: ____/____/____

Secretario Académico

INDICE GENERAL

	Páginas
Carátula	i
Certificado de aprobación	ii
Índice general	iii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	iv
Resumen	v
Summary	vi
Introducción	1
Hipótesis de trabajo	3
Objetivos	3
Materiales y métodos	4
Resultados y discusión	9
Conclusiones	19
Bibliografía citada	20
Bibliografía consultada	21

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Sistema agroforestal tipo alley cropping. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 2: Disposición del ensayo experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 3: Equipo de riego por aspersión portátil. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 4: Implantación del sistema agroforestal. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 5: Dinámica del agua útil del suelo en el cultivo de trigo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 6: Evolución del número de macollos/planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 7: Evolución del N° de hojas/macollo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 8: Evolución de la biomasa de hojas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 9: Evolución de la biomasa de pseudotallo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 10: Evolución de la biomasa de espigas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 11: Evolución de la biomasa aérea total. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Figura 12: Dinámica del agua útil del suelo en el cultivo de álamos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1: Análisis químico del agua de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Tabla 2: Parámetros que hacen a la calidad del agua de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
- Tabla 3: Crecimiento en diámetro basal y altura de los álamos asociados a la aplicación de riegos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar la producción de biomasa aérea del cultivo de trigo (*Triticum aestivum L.*) y álamos (*Populus deltoides L.*) integrados en un sistema agroforestal tipo alley cropping asistido con riegos estratégicos de bajo volumen, ubicado en el campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto, al sur de las residencias estudiantiles universitarias (33° 07' LS; 64° 14' LO; 421 m.s.n.m.). El sistema agroforestal estuvo integrado por dos callejones de 70 metros de largo y 10 metros de ancho delimitados a cada lado por una doble hilera de álamos en su primer año de implantación. Cada callejón, representó un bloque, y éste se dividió en dos parcelas de 35 metros de largo y 10 metros de ancho, comprendiendo en cada una de ellas tratamientos de riego diferentes, 28 y 70 mm. En estos callejones durante el otoño de 2005 se implantó un cultivo de trigo. Para el estudio de los efectos de los tratamientos de riego planteados sobre las variables propuestas en trigo (Nº de macollos/planta, Nº de hojas/macollo, biomasa de hojas, biomasa de pseudotallo, biomasa de espigas, biomasa aérea total) y álamos (crecimiento en diámetro, altura, y producción de madera) se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con dos repeticiones. Del sistema agroforestal se extrajeron muestras de biomasa aérea de trigo y se midió el crecimiento de los álamos, además de extraerse muestras de suelo para determinar la dinámica del agua útil y relacionarla con la producción de los cultivos. Los resultados mostraron que existió una respuesta significativa al tratamiento de mayor volumen de agua aplicado a través de una mayor producción de biomasa en el cultivo de trigo y un mayor crecimiento en diámetro y altura en los álamos.

Palabras claves: Sistema agroforestal, riego, producción, trigo, álamos.

SUMMARY

The objective was to study the production of biomass air cultivation of wheat (*Triticum aestivum* L.) and poplars (*Populus deltoides* L.) integrated into a system agroforestry type alley cropping assisted with strategic risks of low volume, located on the campus of the Nacional University of Rio Cuarto, south of the residence student residences (33° 07' LS; 64 ° 14' LO; 421 meters). The agroforestry system consisted of two alleys of 70 meters long and 10 meters wide on each side delimited by a double row of poplars in its first year of implementation. Every alley, represented a block, and it was divided into two plots of 35 meters long and 10 meters wide, including in each irrigation different treatments, 28 and 70 mm. In these alleys during the autumn of 2005 introduced a crop of wheat. To study the effects of treatments irrigation proposals raised on the variables in wheat (N° bunches / plant, N° leaves / bunches, leaf biomass, biomass pseudostem, biomass spikes, shoot total) and poplar (growth in diameter, height, and wood production) used an experimental design randomized complete block with two repetitions. Agroforestry systems were extracted from samples of wheat shoot and measured the growth of poplar, as well as soil samples drawn to determine the dynamics of water and useful connection with the production of crops. The results showed that there was a response to treatment of greater volume of water applied through greater production of biomass in the cultivation of wheat and higher growth in diameter and height in the poplars.

Key words: Agroforestral system, irrigation, production, wheat, poplars.

INTRODUCCION

El manejo de la economía del agua es uno de los aspectos primordiales de atender en la agronomía de nuestro país, especialmente en nuestra región central, zona de transición climática entre ambientes subhúmedos y semiáridos y con un régimen de precipitación monzónico que determina periodos de déficit hídrico en invierno, constituyendo una limitante estructural para el crecimiento y desarrollo de ciertas especies vegetales de interés agronómico (Cantero, 1997).

Una antigua solución al déficit hídrico ha sido el riego, algunas de las primeras civilizaciones prosperaron porque desarrollaron ingeniosos sistemas para regar sus cultivos, estos sistemas fueron avanzando conjuntamente con las civilizaciones, y en nuestros días el riego sigue constituyendo una de las principales fuentes de agua en aquellos ambientes en donde la rigurosidad del clima, priva a los cultivos del uso de este preciado y vital recurso (Andriani *et al.*, 2001).

La región central no es ajena a esta problemática, es por ello que cultivos invernales como la avena, centeno, cebada, trigo, entre otros, presentan problemas para el desarrollo normal de sus funciones ontogénicas debido a las deficiencias hídricas que deben enfrentar como producto de la circulación normal de la atmósfera en esa época del año, que sumado muchas veces a un mal manejo del recurso, determinan una menor cantidad de agua almacenada en el continente, generando mayores problemas para el crecimiento vegetal (Andriani *et al.*, 2001).

Como se menciono anteriormente, el riego es una de las soluciones a esta problemática de falta de precipitaciones, permitiendo que los cultivos que crecen en los periodos de déficit hídrico puedan cumplir normalmente con el desarrollo de sus fases fenológicas, buscando alcanzar el rendimiento potencial en todas sus partes (Andriani *et al.*, 2001).

En la región pampeana la ocurrencia de sequías de diferente magnitud e intensidad a fines de invierno - principios de primavera, es la causa principal de reducción en el rendimiento de los cultivos, donde uno de cada dos años pueden darse déficit de unos 70 – 80 mm, lo cual afecta al trigo en etapas tempranas de su desarrollo, que aunque no es el periodo de máxima demanda, también afecta a su productividad (Salinas *et al.*, 1998).

La sensibilidad al déficit hídrico es mayor en el trigo de primavera que el de invierno, el periodo de floración es muy sensible al déficit. La escasez de agua durante la época de desarrollo de la espiga y en la floración reduce el número de espiguillas por planta, la longitud de la espiga y el número de granos por espiga. Un déficit de agua durante el periodo de formación de la cosecha se traduce en una disminución del peso del grano. (Andriani. *et al.*, 2001).

El cultivo de trigo de alta producción requiere para su desarrollo aproximadamente 460 mm de agua durante todo el ciclo promedio, unos 150 días, desde mediados de julio hasta mediados de diciembre. El autor afirma que en la etapa de llenado de grano se registran los mayores requerimientos, cerca de 6 mm de agua por día (Andriani *et al.*, 2001).

Según Dardanelli (2003), en Manfredi (Córdoba), el índice de cosecha para el cultivo de trigo expresado como promedio de varios experimentos, arroja valores de 0.24 en condiciones de secano y de 0.26 bajo riego.

Bragachini *et al.*, (2001) concluye para la localidad de Pilar, Córdoba, que el N° de granos/m² es el componente de rendimiento más comprometido en situaciones productivas del cultivo de trigo en secano en zonas semiáridas, de allí la necesidad de la estrategia del riego complementario, como herramienta para lograr altas producciones.

En lo que respecta al cultivo de álamos según Montoya Oliver (1993), la cantidad de agua total que requiere un álamo depende del clima de cada lugar. Es difícil que un álamo llegue a necesitar más de 6000 m³/ha/año de agua y también es difícil que llegue a requerir menos de 2000 m³/ha/año. Una cifra normal o media podría ser la de 4000 m³/ha/año. El óptimo de crecimiento se produce cuando el suelo tiene un contenido de agua próximo a su capacidad de campo.

Las necesidades de agua de un álamo adulto y desarrollado son mayores que en un álamo joven. A su vez los álamos jóvenes suelen requerir riegos algo más frecuentes y al ser pequeños pueden regarse bien con sistemas de aspersión a diferencia de los álamos adultos en donde es preferible el riego en manto (Montoya Oliver, 1993).

Un sistema agroforestal es una opción de producción que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), cultivos herbáceas y animales, todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezzo e Ibrahim, 1996). Cuando en un sistema agroforestal se establecen bandas o hileras de leñosas perennes, con cultivos anuales sembrados en el espacio intermedio, se denomina “Alley Cropping” (Pezzo e Ibrahim, 1999).

Los objetivos de incorporar el componente arbóreo o arbustivo pueden ser múltiples y muy diversos, como por ejemplo incrementar la productividad del recurso suelo (fijación y transferencia de nutrientes), atenuar los efectos perjudiciales del estrés climático sobre las plantas y animales, reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema, lo que lleva a lograr un mayor beneficio neto del sistema a largo plazo (Russo, 1994; Reynolds, 1995).

Cuando las leñosas y las especies herbáceas comparten el mismo terreno pueden darse entre ellas no solo relaciones de beneficios, sino también de interferencia. La competencia por la radiación solar, por agua y por nutrientes, así como las posibles relaciones alelopáticas

entre componentes son manifestaciones de interferencia. Sin embargo, en los primeros años de implantación del sistema agroforestal estas interacciones no ocurren o son despreciables¹.

En este estudio la producción de trigo y álamos con riegos estratégicos se realiza en el contexto de un sistema agroforestal en el primer año de implantación, sin considerar las interacciones que puedan ocurrir entre el estrato leñoso y el herbáceo.

HIPOTESIS DE TRABAJO

La producción de biomasa aérea del cultivo de trigo y álamos integrados en un sistema agroforestal tipo alley cropping se incrementaría cuando se utilizan riegos estratégicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la producción de trigo y álamos en un sistema agroforestal asistido con riegos estratégicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Cuantificar la disponibilidad de agua útil en el suelo durante el ciclo de los cultivos del sistema agroforestal para las distintas situaciones de riego propuestas.

- Determinar los componentes del rendimiento de la biomasa aérea de trigo y álamos para los niveles de riego propuesto.

- Explicar el comportamiento de los componentes del rendimiento de la biomasa aérea de trigo y álamos en función de la disponibilidad de agua en el suelo.

¹ **Plevich**, José Omar, Dpto. de Producción Vegetal, FAV-UNRC.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en un sitio ubicado en el campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto, al sur de las residencias estudiantiles universitarias (33° 07' LS; 64° 14' LO; 421 m.s.n.m.), anexo a una planta piloto destinada al tratamiento de los efluentes generados por los habitantes de dichas residencias. El suelo del sitio es un Hapludol típico.

El sistema agroforestal de tipo alley cropping estuvo integrado por 6 hileras de álamos (*Populus deltoides* L. cv. "Catfish 5") de 70 m de largo, agrupadas en 3 pares, dentro de la hilera el marco de plantación fue de 3 m x 3 m y entre los pares de hileras se dejaron 2 callejones de 70 m de largo y 10 m de ancho. En estos callejones se realizó un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L. var. Gaucho) sembrado el 10 de junio de 2005, creando así el sistema agroforestal (Fig. 1).

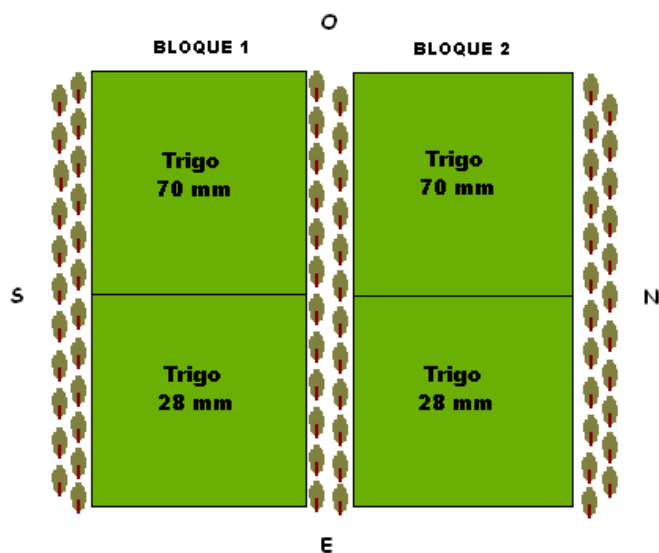


Fig. 1: Sistema agroforestal tipo alley cropping. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Cada callejón, delimitado por hileras de álamos en su primer año de implantación representó un bloque (Fig. 2).



Fig. 2: Disposición del ensayo experimental. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Cada bloque fue dividido a la mitad en dos parcelas de 35 m de largo y 10 m de ancho, y en las parcelas de un mismo bloque, se efectuaron tratamientos de riegos diferentes, 28 mm y 70 mm, en dos aplicaciones de 14 mm y 35 mm respectivamente, realizados con agua de perforación y cuyo análisis de laboratorio se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Análisis químico del agua de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Aniones		meq/lt	mg/lt
Carbonatos	CO ₃ ⁼	0,00	0,00
Bicarbonatos	CO ₃ H ⁻	2,92	178,12
Cloruros	Cl ⁻	0,24	8,51
Sulfatos	SO ₄ ⁼	0,34	16,57
TOTAL		3,50	203,20
Cationes			
Calcio	Ca ⁺⁺	2,00	40,08
Magnesio	Mg ⁺⁺	0,24	2,91
Sodio	Na ⁺	0,85	19,55
Potasio	K ⁺	0,27	10,55
TOTAL		3,36	73,10
C.E. en dS/m			0,35
pH			6,85

El sistema de riego utilizado fue por aspersión convencional, empleando en esta experiencia un carro portaaspersor de 1 m de altura conectado a la fuente de agua mediante dos conducciones en serie; en un primer tramo, se empleó una tubería de 75 m de longitud de Cloruro de Polivinilo (PVC) y el segundo tramo, 50 m de una manga plástica de Polietileno (PE) con tela reforzada de alta presión de 50 mm de diámetro. La emisión del agua se realizó a través de un aspersor de bronce de ¾" modelo R45 II de impacto (Fig. 3) con dos toberas, trabajando a una presión de 2,8 kg/cm² para un caudal unitario de 2400 lt/h, un radio de alcance de 15 m y una pluviometría de 7 mm/h. El equipo motobomba que suministró la energía necesaria fue un motor de una potencia mecánica de 3 HP, y una bomba de 11000 lt/h y una altura manométrica de 40 m.



Fig. 3: Equipo de riego por aspersión portátil. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Para el cumplimiento del primer objetivo específico se utilizó la planilla de balance hídrico desarrollada por Martelotto *et al.*, (2004). Esta planilla entre otras variables permite obtener el agua útil durante el ciclo del cultivo. La información requerida para correr el modelo en estudio es: 1)-Evapotranspiración potencial del lugar de ensayo 2)- Precipitaciones 3)- Agua útil periódica.

La evapotranspiración potencial fue estimada a través del método de Thornthwaite, realizada en dos etapas:

1. Cálculo de la evapotranspiración potencial no corregida (*etp*), es decir, la que corresponde a un día con 12 horas de luz. Es función de la temperatura media del mes y el índice de calor anual.

$$etp = 1.6 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

Donde: *etp* = evapotranspiración potencial no corregida.

T = temperatura media mensual.

I = índice calórico anual que es la suma de los 12 índices *i* calóricos mensuales.

i = índice calórico mensual en función de la temperatura media del mes

$$i = (T/5)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

2. Conversión de la evapotranspiración no corregida (*etp*) en evapotranspiración potencial corregida (ETP), según la duración del día y la latitud del lugar.

$$ETP = etp * K$$

Donde: *K* = factor de corrección en función de la latitud y del mes.

Las precipitaciones diarias fueron provistas por la cátedra de Agrometeorología agrícola – Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).

El agua útil obtenida en diferentes fechas del ciclo del cultivo permitió corregir las desviaciones del modelo. Para obtener el agua útil en el suelo se midió la disponibilidad hídrica mediante el método gravimétrico y para ello se obtuvieron muestras en seis oportunidades durante el ciclo del cultivo de trigo y álamos hasta una profundidad de 0,80 m. Con intervalos de medición realizados de la siguiente manera: de 0 – 0,10 m, de 0,11 – 0,20 m, de 0,21 – 0,30 m, de 0,31- 0,50 m, de 0,51- 0,70 m y de 0,71- 0,80 m del perfil.

Las muestras de suelo se recolectaron con un barreno, se introdujeron en bolsas de polietileno con su correspondiente etiqueta identificatoria y se llevaron a un frizzer para conservar su humedad. En el laboratorio las muestras se colocaron en recipientes de aluminio numerados y tarados, se pesaron húmedas, se secaron en estufa a una temperatura de 105°C hasta alcanzar un peso constante (72 h), luego se volvieron a pesar y finalmente se calculo la humedad gravimétrica (g/g) para cada intervalo de medición.

$$H_{GA} (g/g) = \frac{(PH + T) - (PS+T)}{PS}$$

Donde: H_{GA} = Humedad gravimétrica (g/g).

$PH + T$ = Peso de la muestra de suelo húmedo más tara del recipiente.

$PS + T$ = Peso de la muestra de suelo seco más tara del recipiente.

PS = Peso de suelo seco.

Para convertir la humedad gravimétrica en humedad volumétrica (H_V) se procedió en función de la siguiente expresión:

$$H_V = H_{GA} * D_{ap}$$

Donde: H_V = Humedad volumétrica (cm³/cm³).

D_{ap} = Densidad aparente.

La lámina de agua resultó del producto entre H_V y el espesor de cada estrato medido (mm). Para obtener el agua útil se estableció la diferencia entre el agua a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, obtenidos de las curvas de capacidad hídrica con datos del ensayo y determinaciones efectuadas por el Servicio de Conservación de Suelos de la FAV. Como resultado de la sumatoria del agua útil de cada uno de los estratos de medición, se obtuvo la disponibilidad total de agua del perfil del suelo para los primeros 0,80 m de profundidad.

Todos los datos mencionados permitieron correr el modelo de balance hídrico y obtener diariamente los valores de agua útil en el suelo.

La dinámica del agua útil en el suelo se utilizó para explicar el comportamiento de los componentes del rendimiento de la biomasa aérea de trigo y la producción de biomasa aérea de los álamos.

Para determinar los componentes del rendimiento de biomasa aérea del trigo se extrajeron mensualmente 2 muestras de 0,25 m² dentro de cada parcela, a partir de efectuado el primer riego, las muestras fueron llevadas a estufa hasta alcanzar un peso constante para determinar la materia seca producida. Según el estado fenológico del cultivo, se analizaron diferentes variables: N° de macollos/planta, N° de hojas/macollo, biomasa de hojas, biomasa de pseudotallo, biomasa de espigas y biomasa aérea total (Fig. 4).



Fig. 4: Cultivo de trigo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En el cultivo de álamos se determinó la producción de la biomasa del tallo correspondiente al periodo de crecimiento del año, comprendido entre la activación de las yemas en primavera (brotación) hasta la caída de las hojas en el otoño. Para obtener este resultado se procedió a la medición del crecimiento en longitud y diámetro basal del tallo de las plantas al final de dicho período.

Para determinar el volumen de madera producido se utilizó la fórmula de Hubert, que calcula el volumen total de un rollizo a partir de la sumatoria de sus volúmenes parciales.

$$V_T = \sum_{i=1}^n V_i + V_2 + V_3 + V_n$$

Donde: V_T = Volumen total del rollizo.

V_n = Volúmenes parciales del rollizo.

Para el estudio de las variables propuestas se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados (Capelletti, 1992). Los datos se trataron estadísticamente mediante un análisis de varianza y las diferencias entre medias se analizaron aplicando el método LSD de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSION

AGUA DE RIEGO: Interpretación

En la Tabla 2 se muestra la calidad del agua utilizada para efectuar los riegos (Crespi, 2003).

Tabla 2: Parámetros que hacen a la calidad del agua de riego. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Determinaciones químicas	Valor
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	0,80
Conductividad Eléctrica (CE) en dS/m	0,35
Carbonato Sódico Res (CSR) en meq/L	0,68
pH	6,85
Relación de Adsorción de Sodio Ajustada (RASaj)	1,80
Relación de Sodio Ajustada (RNAaj)	0,93
Grado de Dureza (° Hidrom. franceses)	11,22
Porcentaje relativo de sodio (%)	25,30
Concentración total de sales (meq/L)	6,87
Contenido de sales totales (mg/L)	222,72
Presión osmótica (bares)	0,13
Abonado extra por potasio (kg/ha/año)	26,81
Contenido de sodio (mg/L)	19,55
Contenido de sulfato (mg/L)	16,57
Contenido de cloruro (mg/L)	8,51
Contenido de boro (mg/L)	0,64
Índice de magnesio	10,71

Se puede considerar que para los cultivos bajo esta experiencia no habría problemas, clasificándola en forma general como un agua buena para riego (Hershey, 1993), con un grado de restricción en su uso de ligero a moderado (Montgomery, 1985).

CULTIVO DE TRIGO: Dinámica del agua útil en el suelo

La dinámica del agua útil en el suelo asociada a las diferentes fases fenológicas para ambos tratamientos, se muestra en la Fig. 5. Inicialmente la disponibilidad de agua fue similar para la totalidad de la superficie ocupada por el cultivo hasta los 60 días desde la siembra, momento en el cual se efectuó el primer riego fraccionado según los tratamientos propuestos, marcando así un aumento en el contenido hídrico del sistema y una diferencia entre los tratamientos.

A partir de este momento y producto de la evapotranspiración, se produjo una disminución en la cantidad de agua disponible para las dos situaciones hasta la aplicación de la segunda lámina de riego donde se observa otro incremento en el contenido hídrico del suelo pero de menor magnitud. Luego, la tendencia muestra un continuo descenso hasta alcanzar un nivel de absorción restrictivo representado por el 20% de agua útil, esta condición se alcanzó a los 90 días desde la siembra para el tratamiento de 28 mm y continuó descendiendo hasta los 150 días donde existió una recuperación, debido a la ocurrencia de una precipitación, pero no logrando superar dicho valor de restricción.

Por otra parte, para el tratamiento de 70 mm se alcanzó el nivel de restricción a los 117 días desde la siembra y se mantuvo hasta la recuperación a los 150 días, consecuentemente en esta situación el periodo de estrés hídrico fue más reducido, y además el aumento ocurrido a posteriori logro superar levemente el 20% del agua útil, por lo tanto se presentaron mejores condiciones hídricas durante el ciclo del cultivo para este tratamiento en comparación con el anterior.

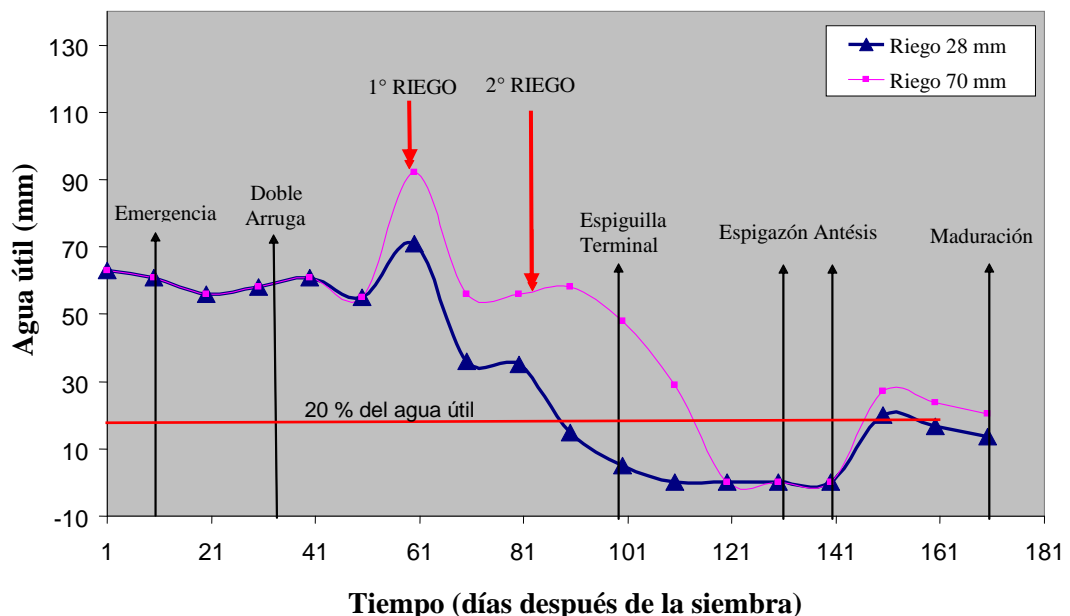


Fig. 5: Dinámica del agua útil del suelo en el cultivo de trigo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

- **Determinación de los componentes del rendimiento de la biomasa aérea del cultivo de trigo.**

En los gráficos siguientes se detalla la evolución que presentaron los distintos componentes del rendimiento de la biomasa aérea del trigo durante las fases fenológicas del cultivo para ambos tratamientos, y además en las curvas se especifican las diferencias entre medias a los 90, 150 y 170 días desde la siembra, sus diferentes letras indican diferencias significativas por el test LSD de Fisher a $P < 0,05$. Las fases fenológicas señaladas en las figuras corresponden a: E = Emergencia, DA = Doble Arruga, ET = Espiguilla Terminal, Esp = Espigazón, Ant = Antésis y Mad = Maduración.

N° de macollos/planta:

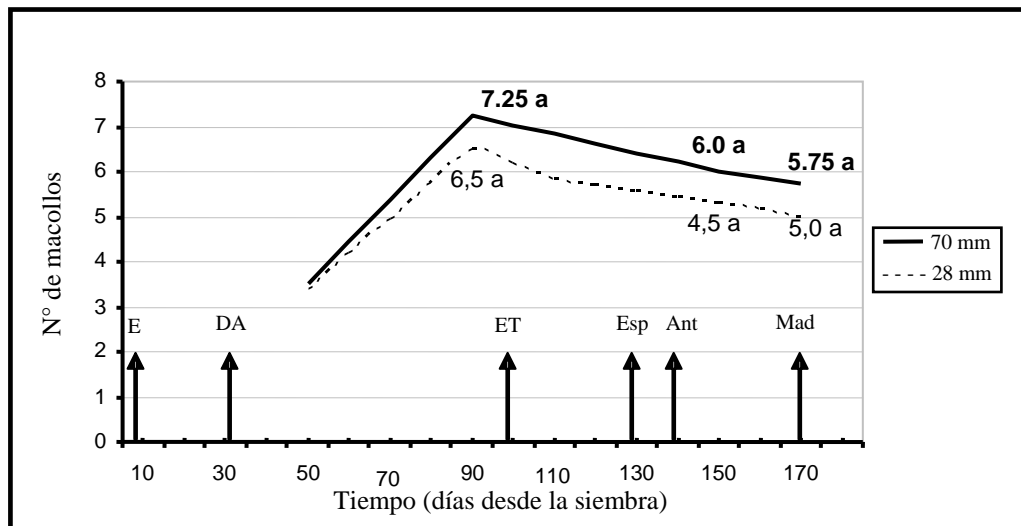


Fig. 6: Evolución del número de macollos/planta. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Fig. 6 se observa que el número de macollos va aumentando hasta los 90 días a posteriori de la siembra del cultivo, cercano al estadio de espiguilla terminal (ET), y a partir de allí se produce una caída para ambos tratamientos, coincidiendo esto con la disminución que manifiesta el agua útil en el suelo a partir de los 90 días desde la siembra, principalmente en el tratamiento de 28 mm que para esa fecha había alcanzado valores restrictivos.

Si la disminución en el número de macollos hubiese sido una consecuencia de la reducción de agua útil en el suelo, existirían diferencias en el comportamiento entre ambos tratamientos, pero como esto no ocurre podría afirmarse que el riego no ha tenido un efecto significativo sobre esta variable.

El comportamiento que presentó el número de macollos durante el ciclo del cultivo coincide con lo expresado por Slafer *et al.*, 2003 el cual afirma que el fin del macollaje generalmente se manifiesta al inicio de la encañazon y aparición del primordio de la

espiguilla terminal, probablemente porque el consumo de recursos envuelto en la elongación de tallos restringe la disponibilidad de los mismos para generar macollos nuevos, además a partir de esta etapa muchos de los macollos formados, principalmente los más tardíos y pequeños, mueren produciendo una continua caída del número de macollos en el tiempo.

N° de hojas/macollo:

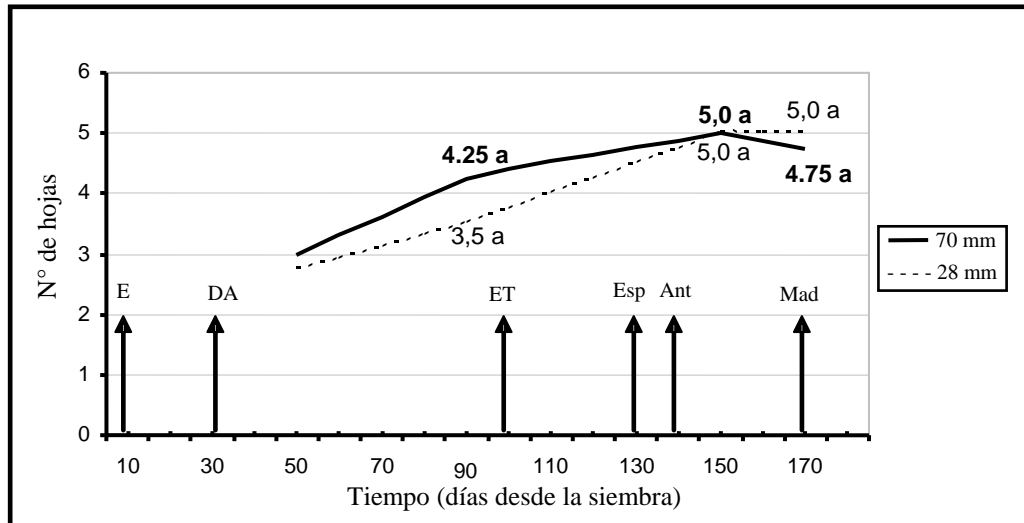


Fig. 7: Evolución del número de hojas/macollo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Fig. 7 se observa que para la situación de mejor condición hídrica los macollos desarrollaron desde el inicio un mayor número de hojas, mostrando una tendencia a igualarse en el tiempo hacia el final del ciclo del cultivo. Sin embargo, al igual que lo ocurrido con la variable anterior, los distintos niveles de riego no tuvieron un efecto significativo que lograra marcar diferencias sobre el número de hojas.

La estabilización final en el número de hojas y el descenso ocurrido en el tratamiento de 70 mm coincide con lo expuesto por Slafer *et al*, 2003 el cual asevera que entre la floración (antésis) y madurez del cultivo se produce el llenado de granos y se acelera progresivamente la senescencia foliar. Al llegar a madurez fisiológica, el cultivo generalmente no tiene más tejidos verdes, debido a que todas las hojas han senescido y los tallos y espigas han amarillado.

Biomasa de hojas:

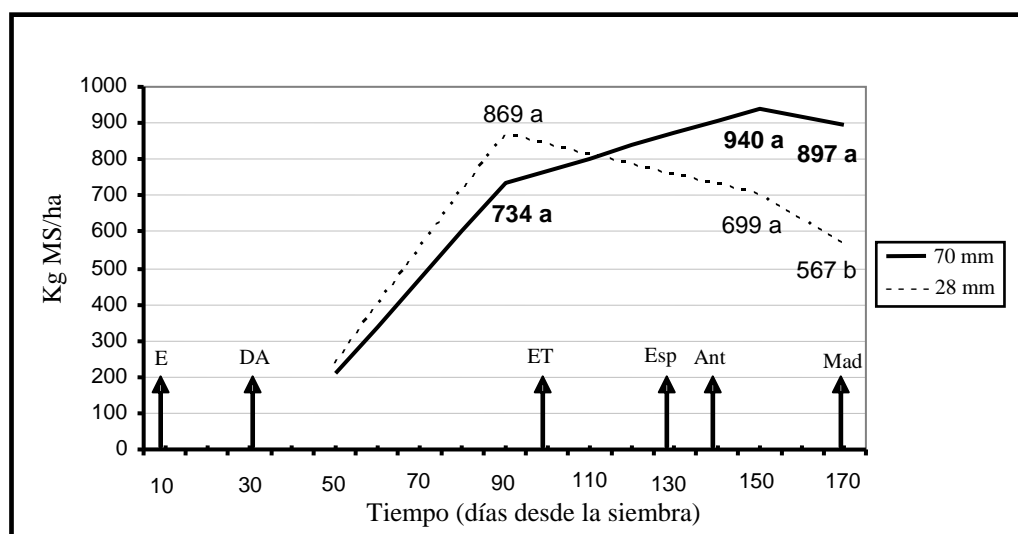


Fig. 8: Evolución de la biomasa de hojas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Hasta los 90 días posteriores a la siembra, las tasas de crecimiento foliar presentaron valores de 15,79 kg/MS/ha/día para el tratamiento de 28 mm, y 13,17 kg/MS/ha/día para el de 70 mm. A partir de allí, debido al marcado déficit hídrico alcanzado en el tratamiento de 28 mm, la tasa de senescencia de hojas fue mayor que el crecimiento foliar, por lo tanto la curva en la grafica presenta una pendiente negativa, como se muestra en la Fig. 8.

En cambio, en el tratamiento de 70 mm el estrés hídrico fue mas moderado, la tasa de senescencia de hojas no alcanzó a superar la producción de biomasa foliar, por lo tanto el riego tuvo efecto sobre la misma. La pendiente en la curva se mantiene positiva, aunque mas atenuada. Esto explica las diferencias altamente significativas encontradas en la producción de biomasa total al final del ciclo del cultivo, favorables al tratamiento de mayor volumen de riego aplicado.

Posteriormente, avanzando hacia la madurez, existe un descenso en la cantidad de biomasa foliar en ambos tratamientos atribuibles a la senescencia normal por finalización del ciclo del cultivo.

Biomasa de pseudotallo:

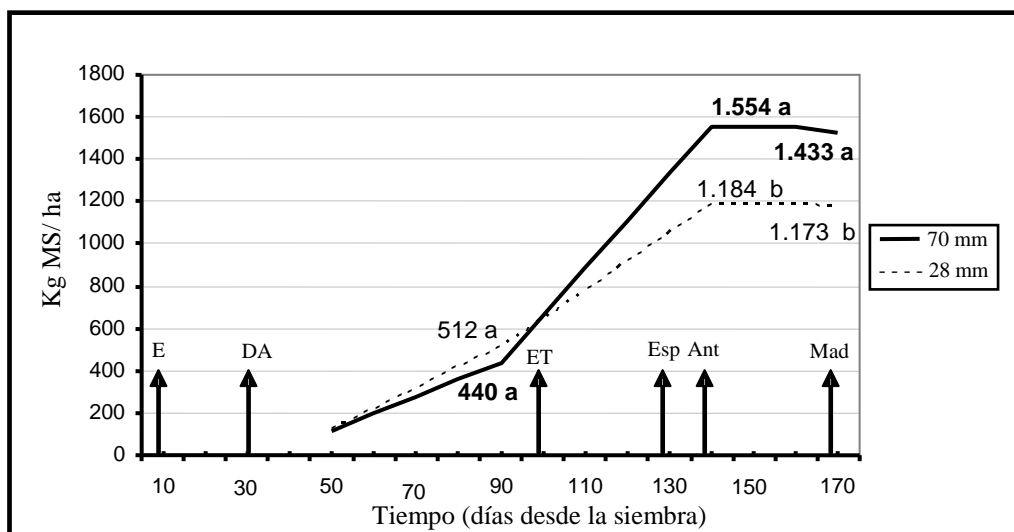


Fig. 9: Evolución de la biomasa de pseudotallo. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Al principio, como lo muestra la Fig. 9, no se expresan diferencias importantes entre ambos tratamientos, pero a partir de la aplicación del segundo volumen de riego, cuando se acentúan las diferencias hídricas, se manifiesta un despegue en la producción para el tratamiento de 70 mm con una tasa de crecimiento de 22,27 kg/MS/ha/día entre los 90 y 150 días desde la siembra, este valor fue notablemente superior a la tasa del tratamiento de 28 mm que para el mismo periodo y bajo restricción hídrica fue de 13,43 kg/MS/ha/día.

Por lo tanto, al igual que la situaron anterior, la variable manifestó una respuesta positiva al mayor volumen de riego aplicado.

Luego, alrededor de la floración, cuando la elongación del pseudotallo culmina, la cantidad de biomasa se mantiene constante, coincidiendo con lo afirmado en párrafos anteriores por el Slafer *et al.*, 2003.

Biomasa de espigas:

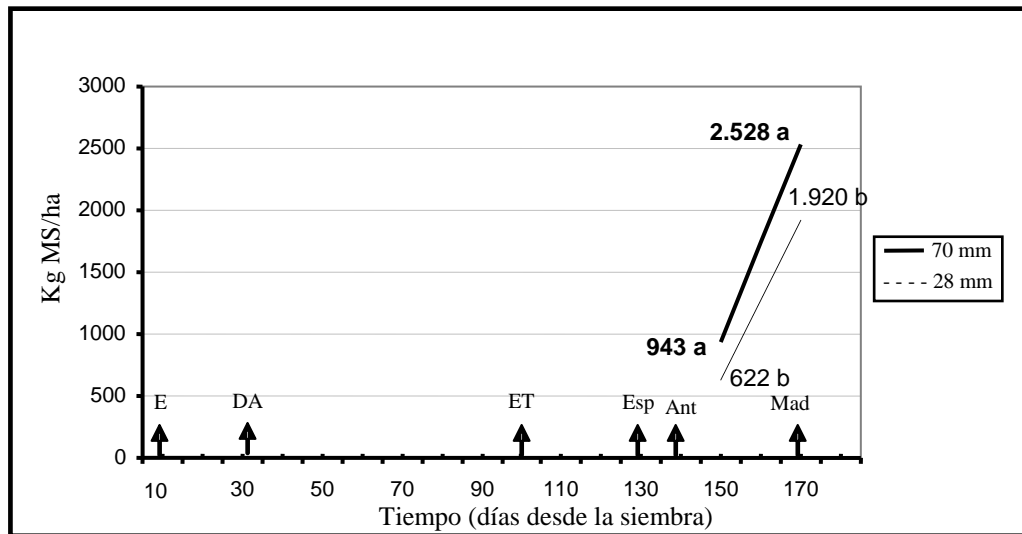


Fig. 10: Evolución de la biomasa de espigas. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

La menor producción en el tratamiento de 28 mm expresada en la Fig. 10, puede explicarse al observar el comportamiento del agua útil (Fig. 5), que muestra el severo déficit hídrico que existió entre la formación de la espiguilla terminal (ET) y la antésis (Ant). Según Andriani *et al.*, 2001 el periodo crítico de deficiencia hídrica para el trigo se extiende desde el momento de la diferenciación de la espiguilla terminal, que coincide con el fin del macollaje, hasta la antésis. En menor medida déficit en estadios posteriores pueden seguir afectando la producción.

Por lo tanto, los rendimientos a favor del tratamiento de 70 mm se deben a que en esta situación se mantuvo una mayor disponibilidad del agua útil luego de haberse formado la espiguilla terminal, mientras que en el tratamiento de 28 mm el déficit se inicia unos días antes de la ocurrencia de este período fenológico.

Biomasa aérea total:

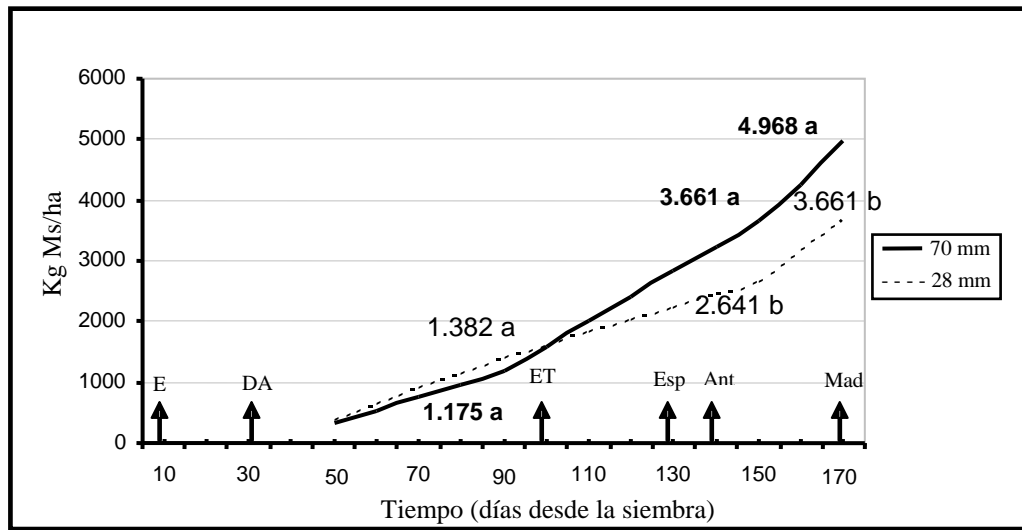


Fig. 11: Evolución de la biomasa aérea total. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

En la Fig. 11 se observa una diferenciación en la producción de materia seca favorable al tratamiento de 70, principalmente entre el periodo que va desde los 100 días posteriores a la siembra hasta los 150 días.

En este periodo, la mayor disponibilidad de agua útil en el tratamiento de 70 mm se tradujo en una mayor producción de biomasa aérea marcando una diferencia con el otro tratamiento. Por lo tanto, el riego ha tenido un efecto favorable en la producción de materia seca.

El aumento posterior a ese periodo, originado principalmente por la producción de biomasa de espigas, es análogo en ambas situaciones, debido a que las diferencias en la disponibilidad hídrica no fueron significativas entre tratamientos.

CULTIVO DE ALAMOS: Dinámica del agua útil en el suelo

A partir de los datos obtenidos de humedad de suelo, en la Fig. 12 se muestra la dinámica del agua útil en la superficie ocupada por los álamos para ambos tratamientos, desde la siembra del cultivo herbáceo acompañante (trigo) hasta los 170 días posteriores a la misma.

Inicialmente la disponibilidad de agua fue similar hasta los 60 días, momento en el cual se efectuó el primer riego fraccionado según los tratamientos propuestos, marcando así un aumento y una diferencia en la condición hídrica del sistema.

La respuesta del tratamiento de riego con un nivel de 70 mm fraccionados en dos aplicaciones de 35 mm, a los 30 y a los 10 días antes de la brotación, permitió contar con 90 mm de agua útil en el suelo suficientes para eliminar las restricciones que se plantearon en el riego de 28 mm que al momento de la brotación se encontraba en estrés hídrico (20 % de agua útil), dicha condición se alcanzó a los 110 días y continuo descendiendo hasta los 141 días, donde existió una recuperación incipiente por un periodo de tiempo reducido, debido a la ocurrencia de una precipitación, y luego vuelve a caer a niveles de absorción restrictivos nuevamente.

En el tratamiento de 70 mm los álamos crecieron en condiciones de estrés hídrico durante un periodo que se extendió desde los 120 días hasta la recuperación a los 145 días, siendo éste mas reducido que en la situación anterior, y además el aumento ocurrido a posteriori logro mantener los niveles hídricos por encima del valor de estrés.

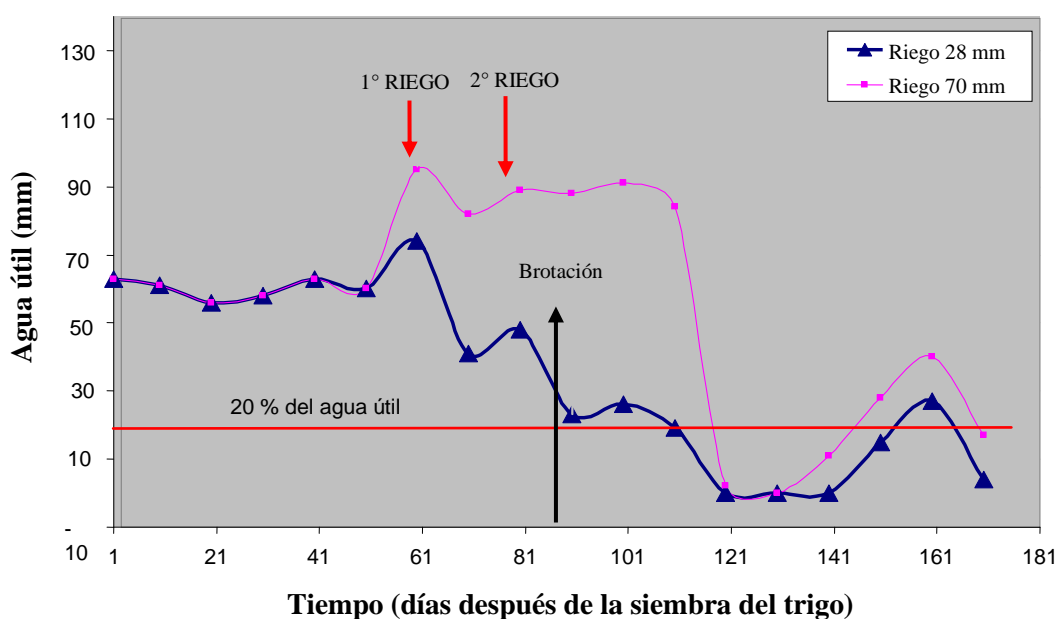


Fig. 12: Dinámica del agua útil del suelo en el cultivo de álamos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

- **Determinación de la producción de biomasa aérea en el cultivo de álamos**

El comportamiento del agua útil en el suelo marcó una diferencia del crecimiento en diámetro y altura favorable al tratamiento de 70 mm. Las plantas que crecieron bajo este tratamiento tuvieron una mayor disponibilidad de agua, incluso al momento de la brotación, respondiendo con una mayor producción de biomasa del tallo, como se muestra en la Tabla 3 a partir del análisis estadístico de varianza y diferencia entre medias por el método LSD de Fisher.

Tabla 3: Crecimiento en diámetro basal y altura de los álamos. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Tratamiento	Diámetro basal (cm)	Altura (m)
28 mm	1,65 a	1,39 a
70 mm	2,68 b	2,04 b

NOTA: Diferentes letras indican diferencias significativas por el test LSD de Fisher a $P < 0.05$

A partir de los datos obtenidos y aplicando la fórmula de Hubert, se obtuvo el volumen de madera producido correspondiente al periodo de crecimiento del año, el cual se extendió desde la activación de las yemas en primavera (brotación) hasta la caída de las hojas en el otoño. Los valores obtenidos fueron de 0,16 m³/ha y 0,07 m³/ha para el tratamiento de 70 mm y 28 mm respectivamente.

Riu *et al.*, 2004 en un ensayo de álamos (*Populus euramericana* cv. I-214) en etapa de implantación y bajo riego para el departamento de Rivadavia (Mendoza), obtuvieron a intervalos de riego de 21 días, valores promedios de 1,3 cm de diámetro a altura de pecho y 2,20 m de altura total, y al incrementar la frecuencia de riegos a intervalos de 7 días, lograron aumentar la producción de biomasa del tallo, alcanzando valores promedios de 2,0 cm de diámetro a altura de pecho y 2,50 m de altura total.

CONCLUSIONES

La evaluación de la producción de biomasa aérea del cultivo de trigo, el crecimiento del componente arbóreo y la dinámica del agua útil del suelo permitió alcanzar las siguientes conclusiones:

- La producción de biomasa aérea del cultivo de trigo se incrementa cuando se utilizan riegos estratégicos, aún cuando estos son de bajo volumen.
- El momento de aplicación de los riegos estratégicos debe ser preciso en relación al estado fenológico del cultivo, considerando periodos críticos de formación de espiguilla terminal y antésis. En este trabajo, aun encontrándose diferencias entre tratamientos, los riegos no pudieron efectuarse en los periodos críticos mencionados por restricciones tecnológicas imprevistas, como consecuencia se alcanzaron bajos rendimientos.
- El cultivo del álamo presenta mayores tasas de crecimiento cuando se efectúan riegos estratégicos antes de la brotación, aun cuando estos sean de bajo volumen se lograron diferencias en la producción entre tratamientos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANDRIANI, J., N. HUGUET y C. REGIS. 2001. **Evaluación de cultivares de trigo con riego suplementario.** En: www.aaprotrigo.org/tecnologia/riego/riego.htm
Consultado: 25/01/06.
- BRAGACHINI, M., A. VON MARTINI y A. MÉNDEZ. 2001. **Trigo bajo riego en zona centro de Córdoba.** En: www.agriculturadeprecision.org/articulos/articulos.htm
Consultado: 25-01-06.
- CANTERO, A. 1997. Material de apoyo didáctico, Uso y Manejo de Suelos: Manejo del agua.
- CAPELETTI, C. 1992. **Estadística Experimental.** 1ª Ed. Ediciones Agrovot. 513p.
- CRESPI, R. 2003. **Riego Subterráneo con Aguas Residuales Tratadas.** Tesis doctoral. Departamento de Hidráulica. 247 pág. Córdoba. España
- DARDANELLI, A. 2003 **Proyectos de Intensificación de la Producción de Granos.** En: www.inta.gov.ar/manfredi/info/indices/tematica/dirnaturales.htm Consultado: 05-12-05.
- HERSHEY, D.R. 1993. **Evaluation of irrigation water quality.** The Am. Biol. Teach. 55(4). 6 pág.
- MARTELLOTO, E.; P. SALAS; E. LOVERA; A. SALINAS; J. P. GIUBERGIA y S. LINGUA. 2004. **Planilla de balance hídrico para riego.** Proyecto Regional: Agricultura sustentable, gestión agroambiental. INTA, EEA Manfredi.
- MONTGOMERY, J. 1985. **Water treatment. Principles y Design.** 696 pág.
- MONTOYA OLIVER J. M. 1993. **Chopos y choperas.** 2ª Ed. Ediciones Mundi – prensa, Madrid: 77-82.
- PEZZO, D. y M. IBRAHIM. 1996. **Sistemas Silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos.** En 1er Foro Internacional sobre “Pastoreo intensivo en zonas tropicales”. Veracruz, México, 7-9 de noviembre 1996. Morelia, México, FIRA. – Banco de México, 39p.
- PEZZO, D. y M. IBRAHIM. 1999. **Sistemas Silvopastoriles.** 2ª Ed. CATIE.
- REYNOLDS, S. 1995. **Pasture – cattle – coconut system.** Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific.
- RIU, N. y V. SETTEPANI. 2004. **Requerimiento hídrico en álamos de 6 años. Rivadavia, Mendoza (Argentina).** Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVI. N° 1. Año 2004. 63-68.

- RUSSO, R. 1994. **Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de la agricultura sostenible.** Agroforestería en las Américas: 10-13.
- SALINAS, A., E. MARTELLOTTO, P. MAZINI y P. SALAS. 1998. **Proyecto de Intensificación de la Producción de Granos.** En: www.inta.gov.ar/manfredi/info/indices/temática/dirnaturales.htm Consultado: 10-12-05.
- SLAFER, G., D. MIRALLES, R. SAVIN, E. WHITECHURCH y F. GONZALEZ. 2003. **Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo** capítulo N° 7. 1ª Ed. En: SATORRE, E.H., R.L. BENECH ARNOLD, G.A. SLAFER, E.B. DE LA FUENTE, D.J. MIRALLES, M.E. OTEGUI, y R. SAVIN. 2003. **Producción de granos. Bases funcionales para su manejo.** Editorial FAUBA 99–129 p. Buenos Aires, Argentina.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMICO, I. 2002. **Crecimiento de distintos clones de álamos en vivero.** En: www.inta.gov.ar/esquel/info/indice/temática/forestal.htm. Consultado: 10-05-2008.
- BAROTTO, O. 2005. Material de apoyo didáctico, Dasonomía: Cubicación de árboles.
- BIANCO, C., T. KRAUS y C. NUÑEZ. 2002. **Botánica Agrícola** 1ª Ed. UNRC Facultad de Agronomía y Veterinaria.
- CASTILLO, C. 2005. Material de apoyo didáctico, Cereales: Producción de trigo.
- PAGLIARICCI, H., A. OHANIAN, S. GONZALES, T. PEREYRA, F. MALACARNE, C. SAROFF, y G. MOLINERO. 1994. **Producción de verdes de invierno en Río Cuarto en 1993.** Inf. Extensión N° 7 INTA-AMCPAG.
- PAGLIARICCI, H., A. OHANIAN, S. GONZALES, T. PEREYRA, F. MALACARNE, C. SAROFF, y G. MOLINERO. 1995. **Producción de verdes de invierno en Río Cuarto en 1994.** Inf. Extensión N° 25 INTA-AMCPAG.
- PAGLIARICCI, H., A. OHANIAN, S. GONZALES, y T. PEREYRA. 1997. **Producción de verdes de invierno en Río Cuarto en 1995.** Inf. Extensión N° 43 INTA.
- PAGLIARICCI, H., A. OHANIAN, S. GONZALES, y T. PEREYRA. 1998. **Producción de verdes de invierno en Río Cuarto en 1996.** Inf. Extensión N° 47 INTA.
- SALINAS, A., E. MARTELLOTTO, J. GIUBERGIA, S. LINGUA, C. ALVAREZ, P. SALAS y E. LOVERA. 2004. **Resultados productivos y económicos de trigo con riego suplementario en la provincia de Córdoba.** En: www.riego.org.ar/articulos/resuCult.htm. Consultado: 10-05-2008.