

Uso del agua y producción de biomasa forrajera de trigo bajo diferentes tratamientos de labranzas en un sistema silvopastoril en la llanura ondulada de Córdoba, Argentina

Water use and wheat production with different treatments of tills in silvopastoril system

Plevich, J. O.¹; Pereyra², T.; Saroff, C.¹; Barotto¹ O.M; Pagliaricci², H. (*) y J. Tavella¹

¹ Departamento de Producción Vegetal, ² Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina, oplevich@ayv.unrc.edu.ar

Resumen

El objetivo del trabajo fue estudiar el uso del agua y producción de trigo (*Triticum aestivum*) bajo diferentes tratamientos de labranzas en un sistema silvopastoril, ubicado en el Campo de Docencia y Experimentación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. El sistema silvopastoril posee una estructura en callejones de 21 m de ancho que están delimitados a cada lado por una doble hilera de *Pinus elliottii*. En estos callejones durante el otoño de 2005 se implanto el trigo. Para el estudio de los efectos de los tratamientos planteados (labranza y distancia del árbol) sobre las variables propuestas (agua útil, evapotranspiración del cultivo, producción de biomasa aérea, granos y eficiencia en el uso del agua) se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados. Dentro del callejón y en el testigo se extrajeron muestras de biomasa aérea y de suelo para determinar humedad gravimétrica. Luego la utilización de diferentes funciones permitieron estimar agua útil y evapotranspiración del cultivo y relacionarla al rendimiento del cultivo. Los resultados muestran que la disponibilidad de agua útil no difirió entre labranzas, pero si vario la producción de biomasa y grano siendo mayor en la labranza profunda. En la silvopastura se obtuvo mayor producción de biomasa y grano respecto al testigo. Cuando se analizó el comportamiento del rendimiento dentro del sistema silvoagrícola, en el centro del callejón la producción de biomasa y grano se duplico respecto a cerca del árbol. La eficiencia en el uso del agua siguió la misma tendencia. La evapotranspiración no vario entre las diferentes posiciones analizadas.

Palabras clave: Sistema silvopastoril, pino, trigo, rendimiento, eficiencia de uso del agua.

Abstract

The objective of the work was studied the use of the water and production of wheat (*Triticum aestivum*) under different treatments of tillage in a system alley cropping, located in the Field of Teaching and Experimentation of the National University of Río Cuarto, Córdoba, Argentina. The alley cropping system possesses alleys of 21 m of width are delimited to every side by a double row of *Pinus elliottii*. In these alleys during the fall of 2005 I implant of wheat. For the study of the effects of the treatments established (tillage and distance of the tree) on the variables proposed (useful water, evapotranspiration of the crops, production of biomass, grains and efficiency in the use of the water) there was in use an experimental design of blocks completely randomized. Inside the alley and in the witness there were extracted samples of biomass and of soil to determine dampness. Then the utilization of different functions they allowed to estimate useful water and evapotranspiration of the crop and to relate her to the yield. The results showed that the water of soil not differed between tillage, but if different the production of biomass and grain being major in the deep tillage. In the silvopastoril there was obtained major production of biomass and grain with regard to the witness. When the behaviour of the yield was analysed inside the system silvoagrícola, in the centre of the alley the production of biomass and grain duplicate with regard to near the tree. The efficiency in the use of the water had the same behaviour. The evapotranspiration not changed between the different treatments.

Key words: Alley cropping System; pine, wheat, yield, efficiency in the use of the water

Introducción

Los procesos de erosión hídrica que se han producido en la llanura ondulada de Córdoba, Argentina, se deben principalmente a la interacción del relieve, precipitaciones de alta intensidad, textura del suelo y a la implementación de sistemas agrícolas ganaderos con laboreo convencional permanente. Esta situación, favorece la menor disponibilidad de agua para los cultivos, agrava los problemas de erosión, y origina un menor volumen de suelo para ser explorado por el sistema radicular. Existen diversas alternativas de uso y

manejo de suelos que permitirían mejorar el uso del agua; entre ellos la utilización de los sistemas silvopastoriles y labranzas profundas, que permiten aumentar el ingreso del agua al suelo. Los sistemas silvopastoriles, integrado por cortinas de árboles plantados sobre curvas a nivel permiten disminuir las escorrentías; la labranza profunda en comparación con los sistemas de laboreo convencional, reduce la resistencia del suelo, estimula el enraizamiento profundo y promueve el crecimiento radicular rápido.

La disponibilidad de agua en los sistemas de producción agropecuarios es uno de los principales factores que nos determina el éxito o fracaso de la producción vegetal, y en especial cuando el agua en el suelo es escasa dificultando la absorción de nutrientes, en especial el nitrógeno y el fósforo. Por lo tanto, para mejorar los rendimientos se necesita maximizar la cantidad de agua disponible para la transpiración. Se proponen como hipótesis que los sistemas de laboreo que incluyen operaciones de labranza profunda mejoran la distribución y disponibilidad de agua en el suelo aumentando los rendimientos de los cultivos. Y que en los sistemas silvopastoriles, la protección del estrato arbóreo tiene como consecuencia la menor evaporación, lo que se traduce en un mayor rendimiento del estrato herbáceo y una mayor eficiencia de uso de agua si lo comparamos con un lote sin árboles. El objetivo planteado fue estudiar el uso del agua y producción de trigo bajo diferentes tratamientos de labranzas en un sistema silvopastoril.

Materiales y Métodos

El presente estudio se llevo adelante en la llanura ondulada de la provincia de Córdoba, en los 32° 58' LS y 64° 40' LO, a 550 m.s.n.m, a 50 Km de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Las tierras presentan capacidad de uso IIIec, con los suelos Hapludoles típicos, sujetos a procesos de erosión hídrica en forma laminar o en manto. La condición estructural de perfil muestra un elevado grado de deterioro, la cual se manifiesta a través de la compactación subsuperficial y desagregación superficial. Las parcelas se establecieron en un sistema silvopastoril cuyo componente arbóreo lo integraba *Pinus elliotii*.

El sistema tiene su origen en la primavera de 1998, donde los árboles se plantaron en doble hilera y en un marco de plantación de 2 x 2 m sobre curvas a nivel, dejando callejones de 21 m entre ellos. En estos callejones el 10 de junio de 2005 se sembró *Triticum aestivum* (trigo). Los tratamientos de labranzas consistieron en la utilización de un sistema de labranza reducida (rastra excéntrica y siembra) y otro de labranza profunda que incluyó una labor profunda con subsolador alado "reja cero", rastra excéntrica y siembra. Para Determinar el agua útil del suelo en los diferentes tratamientos de labranzas propuestos se utilizó la planilla de balance hídrico desarrollada por Martelotto *et al.*, 2004. Un conjunto de información es requerido para correr este modelo: 1) Evapotranspiración potencial del lugar del ensayo 2) precipitaciones y 3) agua útil periódica La evapotranspiración potencial fue estimada a través del método de Thornthwaite. 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 en 6 oportunidades durante el ciclo del cultivo, hasta los 80 cm de profundidad. Todos los datos mencionados permitieron aplicar el modelo de balance hídrico y obtener diariamente valores de evapotranspiración potencial del cultivo de trigo, precipitaciones efectivas y agua útil en el suelo.

El efecto de las labranzas sobre la disponibilidad de agua útil en el suelo fue evaluado mediante un análisis de varianza, utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizados con dos repeticiones y cuatro submuestras por bloque. Para determinar el crecimiento de biomasa área total se tomaron muestras en el momento de madurez fisiológica del cultivo. El tamaño de cada muestra fue de 0,25 m², las cuales fueron llevadas a estufa hasta peso constante para determinar materia seca. Los datos de agua útil diaria obtenidos mediante la planilla de balance hídrico permitieron obtener durante el ciclo del cultivo la variación decádica del agua almacenada en el suelo. El valor de las precipitaciones y de la escorrentía ajustado a ese período permitió obtener la evapotranspiración real del cultivo. La eficiencia del uso del agua se calculó relacionando la biomasa aérea total producida por el cultivo y evapotranspiración real del cultivo.

Para analizar los efectos de la labranza y la presencia del componente arbóreo del sistema silvopastoril sobre agua útil, evapotranspiración del cultivo, producción de biomasa área y eficiencia en el uso del agua se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con dos repeticiones. Los datos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza y el análisis de las diferencias entre medias se realizó aplicando el método LSD de Fisher.

Resultados y Discusión

En la primera hipótesis de este trabajo se planteo que los sistemas de laboreo que incluyen operaciones de labranza vertical, mejoran la distribución y disponibilidad de agua en el suelo aumentando los rendimientos de los cultivos. Estas aseveraciones se basaron en las manifestaciones de autores como Pikul y Aase (1999), quienes observaron que el subsolado incrementa la velocidad de infiltración del agua y consecuentemente disminuciones las perdidas por escurrimiento. Los valores de agua útil total obtenidos

(Cuadro 1) muestran diferencias poco significativas entre una labranza reducida y otra con subsolado profundo.

Cuadro 1. Agua útil durante el ciclo del cultivo según los sistemas de labranza.

LS	LP
143 (mm)	138 (mm)

Este comportamiento podría explicarse por la pequeña magnitud de las precipitaciones que ocurrieron durante el ciclo del cultivo (Figura 1).

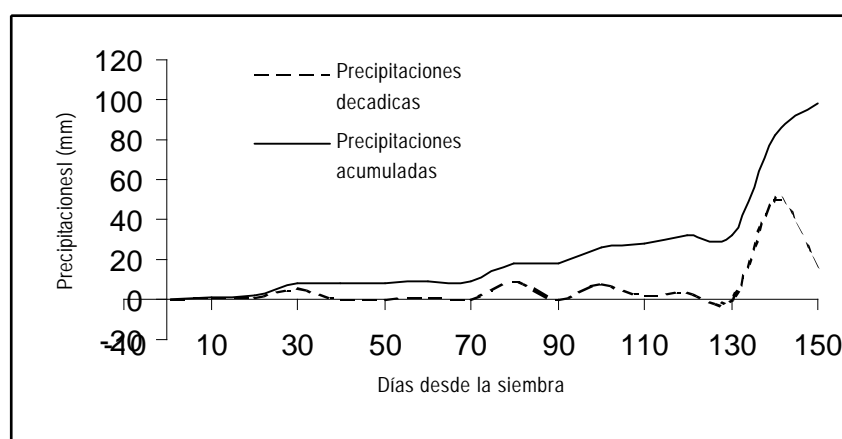


Figura 1. Precipitaciones decádica y totales durante el ciclo del cultivo.

Para comprobar este comportamiento para cada precipitación ocurrida se estimaron los datos de escurrimientos. Los bajos valores de precipitaciones ocurridos no producen escurrimientos y toda el agua precipitada ingresa tanto en una situación de labranza superficial como en una labranza profunda. Aunque, al comienzo de primavera, al aumentar las precipitaciones, se pudo observar escurrimiento en el testigo solamente. Una segunda fase del estudio fue comprobar lo que ocurría con la producción de biomasa del cultivo de trigo, sabiendo que entre labranzas no existía diferencia en la disponibilidad de agua. Los datos analizados mediante el análisis de la varianza arrojaron los resultados que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Efectos de las labranzas sobre el rendimiento de biomasa aérea en *Triticum aestivum*.

Labranza	Rendimiento	
	Biomasa total (Kg MS.ha ⁻¹)	Granos (Kg.ha ⁻¹)
LS	762 a	228,6 a
LP	1259,6 b	377,88 b

Letras distintas indican diferencias significativas (p= 0,05)

A pesar de contar con la misma disponibilidad de agua entre una y otra labranza, los rendimientos muestran diferencias estadísticamente significativas a favor de la labranza profunda. Esto podría explicarse por las afirmaciones que manifiestan que al aplicar la labranza profunda en comparación con los sistemas de laboreo convencional, reduce la resistencia del suelo, estimula el enraizamiento profundo y promueve el crecimiento radical rápido (Gill *et al.*, 1996). En este sentido Vallejos *et al.* (1998) analizando el efecto de la rotura de densificaciones subsuperficiales de hapludoles énticos, sobre el comportamiento de un cultivo de trigo encontraron que cuando se eliminaba la capa compactada, el trigo producía mayor número de espigas y biomasa que cuando no se impactaba la capa. En la segunda hipótesis de este trabajo se planteó que en los sistemas agroforestales, la protección del estrato arbóreo tiene como consecuencia menor evaporación lo que se traduce en un mayor rendimiento del estrato herbáceo y una mayor eficiencia de uso de agua si lo comparamos con un lote sin árboles. Se analizó en primer lugar, el comportamiento de la biomasa total utilizando labranza profunda dentro del callejón del sistema silvopastoril y en el testigo sin influencia del árbol. El análisis de varianza de los datos observados se muestran en la Cuadro 3.

Cuadro 3. Rendimiento de biomasa aérea total de *Triticum aestivum* en el sistema silvopastoril y testigo sin influencia de los árboles.

Tratamiento	Biomasa aérea (Kg Ms/ha)
Testigo	1019,6 a
Sistema silvoagrícola	1500 b

Letras distintas indican diferencias significativas (p = 0,05)

Como se observa en el cuadro existen diferencias significativas a favor del sistema silvopastoril. Al respecto, Bellón *et al.* (1991) mencionan que la presencia del arbolado en un sistema intercalar, reduce notablemente la velocidad del viento por consiguiente, también su poder secante, lo que trae como beneficio la atenuación de las temperaturas y reducción de evapotranspiración, generando un aumento en la eficiencia de la actividad fotosintética, resultando de esto mayor rendimiento. Para comprobar estos aspectos para las condiciones del ensayo se estimó la evapotranspiración y el agua útil del suelo para todo el ciclo del cultivo herbáceo, dentro del callejón cerca y lejos del árbol y en el testigo sin árboles (Figura 2 y 3).

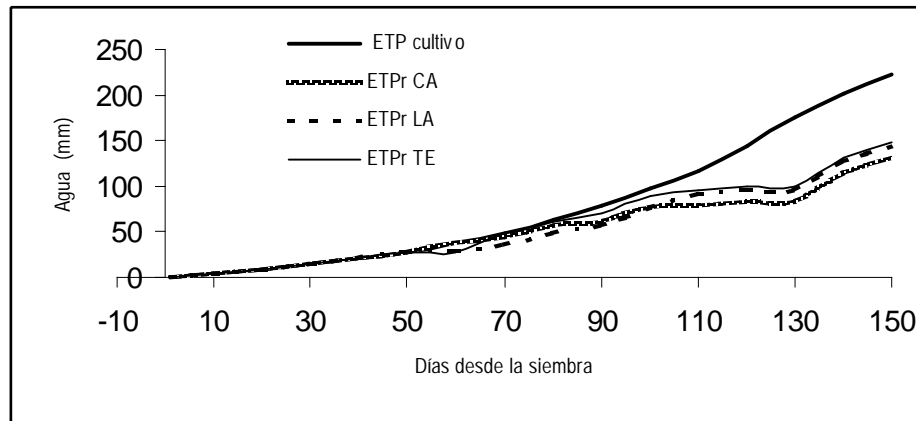


Gráfico 2. Evapotranspiración potencial y real del cultivo

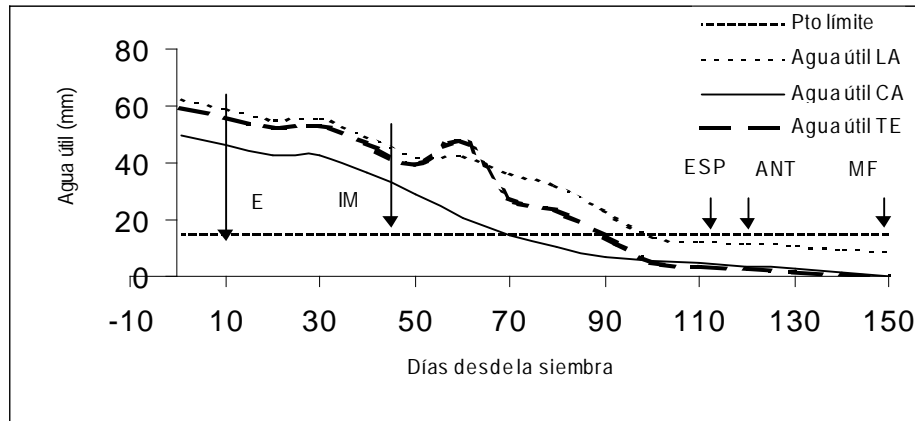


Figura 3. Dinámica del agua útil del suelo en diferentes posiciones del sistema silvoagrícola

Como se puede ver en la Figura 2, el cultivo al principio del ciclo podía expresar todo su potencial evapotranspirativo, sin embargo la falta de agua útil en el suelo (Figura 3), afectó la tasa de evapotranspiración, comenzando a disminuir significativamente a los 90 días desde la siembra, al alcanzar el agua útil en el suelo el punto crítico momento donde el cultivo entra en estrés hídrico mostrando poca respuesta en crecimiento. Sobre el comportamiento de la evapotranspiración para las condiciones de este ensayo podría efectuarse dos lecturas. La primera comparando la posición en el centro del callejón, alejada 10,5 m desde el árbol con el testigo. En estas dos situaciones la dinámica de la evapotranspiración y el agua útil del suelo semejante por lo que no se cumple lo afirmado por Bellón *et al.* (1991) que los niveles de evapotranspiración serían más bajos en el sistema silvopastoril. Por tanto la conjetura que podría realizarse a

la luz de los resultados encontrados es que la protección de los árboles disminuiría los niveles de evaporación contando el cultivo herbáceo con mayor agua para transpirar. La otra lectura es sobre lo que ocurre con la posición cerca del árbol y respecto a las otras posiciones. En la producción de biomasa cerca del árbol hubo una marcada disminución en relación a lo que ocurre en el centro del callejón (Cuadro 4), sin embargo estos valores son semejantes a los obtenidos en el testigo (Cuadro 3).

Cuadro 4. Rendimiento de biomasa aérea total de *Triticum aestivum* en diferentes posiciones de un sistema silvopastoril.

Tratamiento	Biomasa aérea (Kg Ms/ha)
Cerca del árbol	1086,8 a
Lejos del árbol	1913,6 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p = 0,05$)

Cerca del árbol la tasa de evapotranspiración es menor, lo que es lógico ya que el grado de sombreado es mayor y los niveles de radiación que llegan al cultivo herbáceo son menores. Pese a ello, si se observa la dinámica del agua útil en esta posición hay una marcada disminución a lo largo del ciclo si lo comparamos con las otras dos posiciones, lo que mostraría la competencia en los primeros 80 cm del suelo entre la masa radicular arbórea y la de la herbácea. La relación entre los rendimientos y el agua para cada situación propuesta en este trabajo se cuantifico a través de la eficiencia en el uso del agua. Los valores de este indicador se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Eficiencia de uso del agua en el sistema silvopastoril y testigo sin árboles

Tratamiento	EUA (Kg de grano/mm)
CA	2,5
LA	4,0
TE	2,1

La cuantificación de la relación entre rendimiento y agua muestra valores bajos de eficiencia en el uso del agua si se los compara con los 8.1 kg/mm encontrados por Salinas *et al.* (2004) para las condiciones de secano en el área de Manfredi, Córdoba. Las diferencias encontradas podrían explicarse por los niveles de precipitaciones durante el ciclo del cultivo en los sitios de ensayo ya que en este último obtuvo esas eficiencias con valores de 166 mm en relación a los 98 que ocurrieron en este trabajo durante el año 2005. Por último, cabría dar una breve explicación de como las bajas precipitaciones afectaron los rendimientos obtenidos en las diferentes posiciones propuestas en el ensayo. Si observamos el Gráfico 3 donde se muestra la dinámica del agua útil y la fenología del cultivo puede verse con claridad que durante el ciclo del trigo en el caso de la situación cercana al árbol, el cultivo llega al punto de déficit (20 % del agua útil total) a los 70 días, la situación más alejada del árbol alcanza a los 100 días, y el testigo a los 90 días afectando la producción de biomasa total.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados encontrados se puede afirmar que la utilización de sistemas silvopastoriles en callejones con árboles plantados sobre curvas a nivel y la aplicación de labranzas profundas serían técnicas apropiadas para aumentar los niveles de producción, ser más eficiente en la utilización del agua y recuperar tierras con procesos de erosión hídrica como los que ocurren en las llanuras onduladas del SO de Córdoba, Argentina.

Literatura Citada

- Bellon, C. A ; E. Boffi de Schulte. 1991. Cortinas Forestales y Montes de Reparación. Centro de impresiones de la Universidad de Buenos Aires, facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.
- Gill, K.S.; P.R. Gajri; M.R. Chaudhary y B. Singh. 1996. Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand. *Soil and Tillage Research* 39(3-4): 213-227.

- Martelotto, E; P. Salas; E. Lovera; A. Salinas; J.P. Giubergia; S. Lingua – 2004 – Planilla de balance hídrico para riego. Proyecto Regionales: Agricultura sustentable, Gestión Agroambiental. INTA, EEA Manfredi.
- Pikul, J.L. y J.K. Aase. 1999. Wheat response and residual soil properties following subsoiling of a sandy loam in eastern Montana. *Soil and Tillage Research* 51: 61-70.
- Salinas, A; E. Martelotto; J .P Giubergia; P. Salas; E. Lovera – 2004 Producción de trigo con riego suplementario en el área centro norte de la provincia de Córdoba. <http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docsuelos/trigoriego/tririegonorte.htm>. Consultado 13-03-2007.
- Vallejos, G.; N. Echeverria y J. Silenzi 1998 Efecto del escarificado en un haplustol entico compactado subsuperficialmente, del sur de la provincia de Bs. As. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del suelo, Villa Carlos Paz, Argentina. p. 257-258.