

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



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

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORRAJERA Y  
ADAPTACIONES A LA SOMBRA DE *AVENA SATIVA L.*  
BAJO FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN UNA  
SILVOPASTURA.**

Alumno: Ernestina Mariné Giraudó  
D.N.I: 27.093.600

Director: Omar Plevich

RIO CUARTO-CÓRDOBA, ARGENTINA  
2005

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

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título del Trabajo Final:** PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORRAJERA Y ADAPTACIONES A LA SOMBRA DE *AVENA SATIVA L.* BAJO FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN UNA SILVOPASTURA

**Autor:** Ernestina Mariné Giraudo

**D.N.I.:** 27.093.600

**Director:** Omar Plevich

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

(Nombres)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

## **DEDICATORIA**

## **AGRADECIMIENTOS**

## INDICE GENERAL

	Páginas
Carátula-----	I
Certificado de aprobación-----	II
Dedicatoria-----	III
Agradecimientos-----	IV
Índice General-----	V
Índice de Figuras y Tablas-----	VI
Resumen-----	VII
Summary-----	VIII
Introducción-----	1
* Objetivo general-----	2
* Objetivos específicos-----	2
Revisión bibliográfica-----	3
* Importancia de los verdeos invernales-----	3
* El cultivo de Avena-----	4
* El ciclo del Nitrógeno-----	5
* La urea como fertilizante-----	8
* Fertilización nitrogenada de los verdeos de invierno -----	9
* Sistemas Silvopastoriles, su importancia-----	10
Materiales y Métodos-----	17
* Mediciones y / o Determinaciones-----	19
Resultados y Discusión-----	21
* Número de macollos por planta-----	21
* Ancho y largo de la hoja, área foliar y producción de biomasa aérea-----	21
* Ancho de la hoja-----	22
* Largo de la hoja-----	23
* Área foliar-----	24
* Biomasa-----	25
Conclusiones-----	28
Apéndice I-----	30
Bibliografía-----	31

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Páginas
Figura 1. Diagrama de flujo de un sistema silvopastoril-----	11
Figura 2. Esquema del ensayo-----	19
Tabla 1. Promedio de macollos por planta a diferentes distanciamientos desde el árbol ± SD-----	21
Tabla 2. Ancho promedio de hojas a los diferentes distanciamientos desde el árbol ± SD-----	22
Tabla 3. Ancho promedio de hojas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada ± SD-----	23
Tabla 4. Largo medio de hojas a diferentes distanciamientos desde el árbol ± SD-----	23
Tabla 5. Largo promedio de hojas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada ± SD-----	24
Tabla 6. Área foliar a diferentes distanciamientos desde el árbol ± SD-----	24
Tabla 7. Área foliar con diferentes niveles de fertilización nitrogenada ± SD-----	25
Tabla 8. Biomasa aérea en Kg MS/Ha a diferentes distanciamientos desde el árbol ± SD-----	25
Tabla 9. Biomasa aérea en Kg MS/Ha con diferentes niveles de fertilización nitrogenada ± SD-----	26

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de biomasa y adaptaciones a la sombra de *Avena sativa L.* bajo fertilización nitrogenada en una silvopastura ubicada en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, La Aguada (Córdoba). El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados para analizar la variable número de macollos por planta. Para las demás variables se utilizó un diseño en bloques divididos (franjas) con tres repeticiones, los bloques fueron divididos en tres franjas: cerca del árbol (CA), lejos del árbol (LA) y 12 veces la altura del árbol considerada como sin influencia del mismo (SA). En cada uno de estos distanciamientos, en forma aleatoria, se establecieron los tratamientos de fertilización nitrogenada. La siembra de avena se realizó el 31/05/2001. El fertilizante nitrogenado utilizado fue urea (46-0-0), donde se aplicaron 2 niveles de fertilización: 23 y 69 kg de N/ha, además se contó con un testigo sin fertilizar. La fertilización se efectuó el 11 de septiembre a fines de macollaje. Las variables medidas fueron: número de macollos por planta, ancho y largo de la hoja, área foliar y biomasa aérea. Los resultados encontrados muestran que el nivel de sombra ejercido por los árboles en el callejón del sistema silvopastoril si bien muestra un efecto que se traduce en un menor número de macollos por planta y un menor ancho de hoja aún no es suficiente para tener efecto sobre el área foliar, por lo tanto tampoco se observa una disminución en la producción de biomasa. La fertilización nitrogenada no tuvo efecto para el caso en estudio. El trabajo muestra que para los 3 primeros años de establecimiento del sistema silvopastoril en estudio *Avena sativa L.* puede crecer en forma conjunta con *Eucalyptus viminalis* sin que la primera vea afectada su producción de biomasa.

**Palabras clave:** sistemas silvopastoriles, fertilización nitrogenada, *Avena sativa*, *Eucalyptus viminalis*.

## SUMMARY

This study evaluates the biomass production and shade adaptations of *sativa oat* under nitrogen fertilization in a silvopastoral system located in the experimental field of the National University of Río Cuarto, La Aguada (Córdoba). The experimental design consisted in random plot for the variable number of tillers/plant. For the other variables it was used the experimental design was divided plots with three repetitions. The plots were divided to form three treatments of distance to the tree: near the tree (CA), far from the tree (LA) and twelve times the tree height that was considered with no tree influence (SA). Oat planting was carried out on 31/05/2001. The nitrogen fertilization treatments were established randomly, in each of those distances from the tree. The fertilizer used was urea (46-0-0), where three levels of nitrogen fertilization were applied: 23 and 69 kg of N/ha and a witness. The application was at the end of tillering. The variables measured were: number of tillers/plant, leaf width and length, foliar area and aerial biomass. The results show that the level of shade given by the trees in the way of the silvopastoral systems, even though it shows an effect that translates in a smaller number of tillers per plant and thinner leaf width, are still not enough to exert an effect on the foliar area and therefore there is no observation on a decrease in biomass production. The nitrogen fertilization no effect on this study. The study shows that *sativa oat* can grow together with *Eucalyptus viminalis* without affecting its forage biomass production for the three first years of establishing the silvopastoral system.

**Key words:** silvopastoral system, nitrogen fertilization, oat sativa, *Eucalyptus viminalis*.

## INTRODUCCIÓN

Un sistema silvopastoril (silvopastura), es una opción de producción que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), forrajeras herbáceas y animales, todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1996). La implementación de estos sistemas integrados en sitios de bajos potenciales y con alto riesgo de deterioro podrían constituirse en sistemas sustentables.

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).

Sin embargo, cuando las leñosas y las especies herbáceas comparten el mismo terreno pueden darse entre ellas no solo relaciones de beneficios, sino también relaciones 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.

Shelton *et al.* (1987) sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos. Si bien, en la mayoría de las situaciones la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol, no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución de energía lumínica (Horne y Blair, 1991). Para compensar el sombreo las especies forrajeras tienden a desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas (Sanderson *et al.*, 1997). Lo primero les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración (Wilson y Ludlow, 1991). El alargamiento de la hoja puede ser mas pronunciado cuando se utiliza fertilización nitrogenada (Mazzanti *et al.*, 1994).

Belanger *et al.* (1992) mencionaron que bajo fertilización nitrogenada una mayor proporción de asimilados se destinan a la producción de órganos aéreos en comparación con los subterráneos.

Los cambios en la producción de biomasa y en la morfología de la planta podrían verse intensificados cuando se asocia la fertilización y el efecto de la sombra en un sistema silvopastoril. Sin embargo, estos fenómenos pueden variar de acuerdo a la estructura del sistema (especie, densidad, marco de plantación), posición que ocupe la herbácea dentro del sistema silvopastoril, tipo de fertilizante y dosis empleada.

El propósito del presente proyecto fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y las adaptaciones morfológicas a la sombra de *Avena sativa L.* en un sistema silvopastoril.

El desarrollo de conocimientos sobre los aspectos antes mencionados, permitirá proponer tecnologías alternativas para el manejo sostenible de aquellos suelos sometidos a erosión hídrica en manto y surcos como los presentes en la región ondulada del SO de la provincia de Córdoba.

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y adaptaciones morfológicas a la sombra de *Avena sativa L.* en un sistema silvopastoril.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

-Evaluar la acción que el distanciamiento al árbol ejerce sobre la:

Densidad de macollos de *Avena sativa L.*

-Evaluar la acción que ejerce un fertilizante nitrogenado y el distanciamiento al árbol sobre los siguientes parámetros que determinan la producción de *Avena sativa L.*:

Longitud y ancho de hoja.

Área foliar.

Producción de biomasa aérea.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### IMPORTANCIA DE LOS VERDEOS INVERNALES

La Región Pampeana, que incluye las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa, constituye la zona de mayor desarrollo ganadero del país con el 62% del stock ganadero nacional seguida de la región del NEA con el 23% (Alippe, 1999).

Los sistemas ganaderos predominantes en la región pampeana, tanto de cría, invernada o tambo se desarrollan sobre bases pastoriles y presentan requerimientos nutricionales elevados y estables durante todo el año para alcanzar altos rendimientos productivos. El potencial de producción de forraje de las pasturas perennes se caracteriza por una marcada estacionalidad, con un período crítico, que se extiende desde fines del otoño hasta principios de la primavera en gran parte del área (Díaz-Zorita, 1997).

Por lo tanto esta menor disponibilidad forrajera durante el período invernal es una limitante importante de los sistemas ganaderos basados en recursos pastoriles (Duggan y Melgar, 2001). Los principales factores que influyen sobre la menor disponibilidad invernal son principalmente: la disminución de la temperatura, el fotoperíodo y la irregularidad de las condiciones de humedad edáfica (Romero *et al.*, 1994).

Este déficit invernal puede ser atenuado o resuelto mediante diferentes alternativas o estrategias, ya sea por la utilización de alfalfas sin latencias, por la confección de reservas o la utilización de verdeos invernales (Kloster y Amigone, 1999).

Las alfalfas sin latencia invernal constituyen un componente central de las cadenas forrajeras de gran parte de la región pampeana. Si bien las mismas realizan un valioso aporte otoño-invernal de forraje fresco, subsiste todavía un bache estacional en la oferta forrajera en esta época del año. Para corregir esta situación es necesario recurrir a cultivos anuales los que adquieren una significación mayor en los sistemas productivos de las zonas subhúmeda y semiárida (Amigone *et al.*, 2005)

En las cadenas forrajeras de las zonas subhúmedas y semiáridas del país se reconoce la importancia de los verdeos de invierno, ya que los mismos entregan su producción en un momento del año en que suele declinar marcadamente el aporte de las pasturas perennes (Domínguez *et al.*, 1994).

El aumento de la receptividad invernal que puede lograrse con la inclusión de verdeos invernales permite llegar a la primavera con una mayor dotación de animales,

requisito básico para una mejor eficiencia de cosecha de los recursos perennes de la cadena forrajera (Amigone *et al.*, 2005).

Por otra parte, la relevancia de los verdeos invernales se desprende de la superficie cultivada anualmente, la cual considerando solo las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires cubre 1.639.858 ha. que equivalen al 20% del área total de pasturas cultivadas anuales y perennes (INDEC, 2002).

Por lo expuesto podemos considerar que en la región pampeana los verdeos invernales constituyen la principal fuente de forraje verde durante el otoño y el invierno (Tomaso, 2002).

### **EL CULTIVO DE AVENA**

En los últimos años el cultivo de avena a nivel mundial, ha experimentado una continua declinación tanto en su área sembrada como cosechada, en tanto que la producción si bien manifestó una tendencia similar, resultó de menor magnitud, dado que se verificó un aumento del consumo humano producto de un cambio en los hábitos de alimentación, relacionado con la incorporación a las dietas de más fibras y menos calorías (SAGPyA, 2003).

En la República Argentina, en cambio, con 1.790.290 ha cultivadas, la avena es el cereal forrajero invernal con mayor superficie sembrada en el país (Indec, 2002). Este comportamiento obedece a que la avena es un cultivo fácil de producir y de almacenar, pero fundamentalmente al hecho de ser considerado por los productores como una excelente alternativa dada su plasticidad y su multiplicidad de usos. Su principal destino es la utilización como verdeo invernal, superando holgadamente a la superficie sembrada de cebada forrajera y centeno (SAGPyA, 2003).

En una breve descripción de la especie (Infoagro, 2004) menciona a la avena como una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas, autógama y el grado de alogamia rara vez excede el 0.5%. La mayoría de las avenas cultivadas son hexaploides, siendo la especie *Avena sativa L.* la más cultivada, seguida de *Avena byzantina*. Posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales, sus tallos son gruesos y rectos con poca resistencia al vuelco pero tienen en cambio buen valor forrajero, las hojas son planas y alargadas; la inflorescencia es una panoja y el fruto un cariósipide.

La gran plasticidad de utilización de la avena explica en buena medida su grado de aceptación por parte de los productores agrícola-ganaderos, dado que admite el pastoreo

directo durante todos sus estadíos, la henificación o la cosecha del grano para forraje o con destino a la industria alimenticia. Sin embargo, a estas cualidades se contraponen algunas desventajas, como su escasa resistencia al frío, la susceptibilidad al pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*) y además la mayoría de los cultivares tradicionales de avena presentan gran susceptibilidad a la roya anaranjada (*Puccinia coronata*) la cual es específica de la Avena, cuyo ataque afecta no sólo la producción de materia seca sino también su calidad (Latimori y Kloster, 1997).

Amigone (1992) en relación a el cultivar Cristal INTA, utilizada en el ensayo que se lleva adelante, comenta que es una avena blanca lograda en el INTA de Bordenave e inscrita en el año 1991. Presenta porte vegetativo semirastrero, con muy buen macollaje, hojas de ancho mediano y de color verde oscuro. Produce gran volumen de forraje, bien distribuido en el ciclo debido a una gran capacidad para rebrotar luego de los cortes. Su ciclo de producción es intermedio a largo con un gran crecimiento inicial. Tolerancia muy bien las bajas temperaturas y soporta severas heladas aún después de pastoreos intensos, además el comportamiento ante sequías es muy bueno. Su sanidad es aceptable, presentando una mediana resistencia a roya del tallo y de la hoja. Frente al ataque del pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*) presenta una ligera susceptibilidad. En cuanto al potencial de rendimiento en grano este es alto, además posee una excelente calidad comercial y buen tamaño del mismo.

Así como se comentó en términos generales para la avena, el cultivar Cristal INTA puede utilizarse para distintos usos, entre los principales destinos podemos citar: el pastoreo directo, el doble propósito, la cosecha de grano para consumo humano o animal y la producción de semillas (SAGPyA, 2003). Además de lo mencionado, la avena es otro de los recursos forrajeros que comúnmente se destina a la henificación.

Para la confección de heno de avena lo que se recomienda es efectuar el corte en el estadio de grano lechoso, donde se obtiene un considerable volumen de materia seca de excelente calidad, ya que este cultivo mantiene la palatabilidad aun en madurez avanzada mejorando el valor nutritivo por la presencia del grano (Bragachini, 1981).

## **EL CICLO DEL NITRÓGENO**

Las plantas necesitan el nitrógeno más que cualquier otro elemento, especialmente en las épocas de crecimiento activo, ya que este cumple múltiples funciones en la planta, su rol principal es la intervención en la composición de los aminoácidos que son precursores de

las proteínas, forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) que almacenan la información genética y además es componente de diversas sustancias como (enzimas, vitaminas, entre otras), por lo tanto el nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes de la planta (Montaldi, 1995).

El nitrógeno no se encuentra, como los demás nutrientes minerales formando parte de los minerales del suelo, ya que no existe roca madre nitrogenada (Donoso Zegers, 1992).

El gran reservorio del N es la atmósfera (79 %), siendo uno de los elementos más abundantes sobre la tierra, no obstante, es un factor limitativo para la producción primaria vegetal. La causa es la gran inercia que posee la molécula de nitrógeno libre ( $N_2$ ) razón por la cual la mayoría de los sistemas biológicos son incapaces de utilizar esta forma gaseosa del N. La estructura de la molécula es muy estable con su alto estado de oxidación (+5) y la planta necesitaría una gran cantidad de energía para romperla (Montaldi, 1995). Por consiguiente, para que el N de la atmósfera pueda ser usado por las plantas debe ser previamente fijado o combinado con otros elementos para formar compuestos que pueden ser absorbidos por las raíces. Las adiciones del nitrógeno atmosférico al ciclo se realizan a través de varias formas: mediante las precipitaciones, por fijación biológica y por fertilización (Donoso Zegers, 1992).

El nitrógeno presente en el suelo se encuentra bajo formas de nitrógeno orgánico y nitrógeno inorgánico. El nitrógeno orgánico se encuentra formando parte de la materia orgánica procedente de organismos vegetales y animales. Este nitrógeno que representa casi la totalidad del nitrógeno del suelo, no puede ser utilizado por las plantas mientras no se transforme previamente en nitrógeno inorgánico (Fuentes Yague, 1989). La descomposición de la materia orgánica o mineralización es quien produce el nitrógeno mineral o inorgánico que es el que pueden asimilar las plantas. El nitrógeno asimilable depende del contenido de materia orgánica del suelo y del ritmo de mineralización, estando ésta controlada por la actividad de los microorganismos (agentes de la descomposición) y a su vez regulada por la temperatura, humedad, aireación, nutrientes y vegetación del lugar (Muslera Pardo y Ratera García, 1991).

El nitrógeno inorgánico incluye las formas: amonio ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ), monóxido de dinitrógeno ( $N_2O$ ), monóxido de nitrógeno (NO), nitrógeno libre ( $N_2$ ), estas últimas tres se dan porque bajo ciertas condiciones los nitratos se reducen dando formas nitrogenadas gaseosas que pasan a la atmósfera. El ión amonio ( $NH_4^+$ ) se encuentra adsorbido por los coloides del suelo y una pequeña proporción disuelta en el agua del suelo. En cambio, los iones nitrato ( $NO_3^-$ ) y nitrito ( $NO_2^-$ ) se encuentran libres en la solución del suelo. Las formas adsorbidas en los coloides o contenidas en la solución del suelo

representan solo el 2 por 100 del nitrógeno total del suelo y, sin embargo, tiene una gran importancia, puesto que las plantas absorben el nitrógeno bajo esas formas, como amonio y como nitrato (Muslera Pardo y Ratera García, 1991). En general, la absorción en forma nítrica es predominante en la mayoría de los suelos y esto se debe a que el ión nitrato se mueve libremente en la solución del mismo, mientras que el ión amonio es adsorbido ampliamente por los coloides del suelo (Fuentes Yague, 1989).

La absorción de amonio por parte de la planta se realiza a través de mecanismos pasivos sin gasto de energía. Por el contrario, los nitratos que se encuentran en la solución del suelo son absorbidos por flujo masal, la absorción de esta forma mineral implica un gasto de energía metabólica para la planta. Una vez absorbido, el nitrato es reducido en la raíz o en las hojas e incorporado en compuestos orgánicos con gasto de energía proveniente de la fotosíntesis (Echeverría y Sainz Rosas, 2000).

En el suelo tenemos pérdidas y ganancias de nitrógeno. Las pérdidas de nitrógeno se producen mediante los siguientes procesos:

- Desnitrificación. Algunos microorganismos en condiciones de anaerobiosis reducen los nitratos a nitrógeno molecular y otros compuestos gaseosos que pasan a la atmósfera.
- Volatilización del amoníaco. Una parte más o menos importante del nitrógeno amoniacal se pierde por volatilización del amoníaco bajo ciertas condiciones como, temperaturas muy elevadas y suelos alcalinos y mal aireados.
- Lixiviación o lavado de los nitratos. El nitrógeno nítrico formado en el suelo o aportado por los fertilizantes es muy soluble en el agua y no es adsorbido por los coloides del suelo, por lo que puede ser fácilmente arrastrado en profundidad por el exceso de agua del suelo.
- Fijación del amonio por las arcillas. El ión amonio puede ser fijado en el entramado de algunas arcillas tipo 2:1, quedando inaccesible para las plantas durante largos periodos de tiempo.
- Extracción de las cosechas. La cantidad de nitrógeno extraído por los cultivos depende de cada especie y del rendimiento de la cosecha, pudiendo oscilar en el año entre 50 y 250 kg/Ha. (Fuentes Yague, 1989).

Las ganancias de nitrógeno en el suelo son mediante:

- Adiciones del nitrógeno atmosférico al ciclo mediante las precipitaciones y por fijación biológica.
- Aporte de restos de origen vegetal y animal.
- Aporte de fertilizantes (Muslera Pardo y Ratera García, 1991).

Es decir, el ciclo consiste básicamente en la captación del nitrógeno atmosférico, su transformación en amonio o nitrato, su utilización por los organismos y su vuelta a la atmósfera para cerrar el ciclo (Donoso Zegers, 1992).

## **LA UREA COMO FERTILIZANTE**

La fertilidad de un suelo es su capacidad para abastecer de elementos nutritivos. Para mantener la fertilidad a un nivel adecuado de producción es preciso que se repongan los elementos nutritivos que se pierden, debido a extracciones de la cosecha, lavado, volatilización. Esta reposición puede hacerse de forma natural (meteorización de minerales primarios, mineralización, aporte de restos vegetales, fijación biológica) y/o de forma artificial (aporte de estiércol, abonos verdes, fertilizantes).

Los fertilizantes en un sentido estricto son todos aquellos productos orgánicos o inorgánicos que contienen uno o varios de los elementos nutritivos primarios: N, P ó K pudiendo contener, además, otros elementos secundarios o microelementos (Fuentes Yague, 1989).

Los fertilizantes nitrogenados sintéticos se pueden clasificar en inorgánicos y orgánicos. En los inorgánicos se encuentran los amónicos (por ejemplo sulfato amónico), los nítricos (por ejemplo nitrato potásico) y los amónico-nítricos como por ejemplo el nitrato amónico. Dentro la clasificación sintéticos orgánicos encontramos los amídicos sólidos como por ejemplo la urea (Fuentes Yague, 1989).

La urea se fabrica reaccionando amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) con dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a alta presión. Dos unidades de amoníaco se combinan con una unidad de dióxido de carbono para producir una unidad de urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) (Melgar y Díaz-Zorita, 1997).

La urea es la fuente de fertilizante más utilizada en la Argentina. Dentro de las razones que explican la generalización de su utilización, se destaca su accesibilidad económica, su elevada concentración de nitrógeno por unidad de producto (46% de N) y la gran solubilidad en la solución edáfica. Sin embargo, muchas veces se reduce la eficiencia de su utilización debido a la ocurrencia de pérdidas de N por volatilización del amoníaco o por fitotoxicidad provocada por el uso de dosis elevadas de este fertilizante junto con la semilla (Melgar, 2001).

Una vez aplicada sobre el suelo, la urea (ante la presencia de humedad) es hidrolizada produciendo carbonato de amonio, un compuesto muy inestable que rápidamente se descompone para liberar amoníaco como gas lo que trae aparejado un aumento del pH alrededor del gránulo del fertilizante (Melgar y Díaz-Zorita, 1997).

La capacidad del suelo para contrarrestar el aumento de pH (denominado poder buffer) es una de las principales variables que se opone a la producción de amoníaco (Ferguson *et al.*, 1984). El poder buffer del suelo se relaciona en forma directa con el contenido de materia orgánica (MO) del suelo (Watson *et al.*, 1994). Además, las pérdidas por volatilización son más elevadas cuando la temperatura del suelo se incrementa en el rango de 10 °C a 50 °C y son máximas cuando el contenido de humedad del suelo esta a capacidad de campo y cuando el mismo se seca lentamente. Por lo tanto la magnitud de las pérdidas por volatilización dependerá de las características climáticas y edáficas de cada zona en particular.

La urea es tan eficiente como cualquier otro fertilizante nitrogenado si se incorpora en el suelo inmediatamente luego de la aplicación. Cuando esta es mezclada con el suelo no existen pérdidas significativas de nitrógeno por volatilización. Sin embargo cuando no es posible la incorporación, por ejemplo en la etapa de macollaje de ciertos cultivos, la aplicación al voleo de la urea se basa en su bajo costo por unidad de nitrógeno en relación a otras fuentes de nitrógeno (Melgar y Díaz-Zorita, 1997).

### **FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE LOS VERDEOS INVERNALES**

La fertilización nitrogenada en cultivos forrajeros, es una práctica agronómica de escaso desarrollo en Argentina y es probable que constituya una herramienta de alto impacto para incrementar el crecimiento de gramíneas forrajeras anuales de invierno (GFI). En este sentido se destaca que las (GFI) tienen la capacidad para crecer a temperaturas relativamente bajas (Mazzanti *et al.*, 1997 a), condiciones que para la región pampeana se verifican a fines de invierno.

Al fin de evaluar el impacto de la fertilización nitrogenada en la producción de forrajes es fundamental conocer la dinámica del nitrógeno en el suelo a lo largo del año. El nivel mínimo de N disponible o mineral (nitratos + amonio) ocurre en invierno con las temperaturas más bajas y el máximo en primavera-verano con las temperaturas más altas (Mazzanti *et al.*, 1997 a). Por lo tanto, la baja disponibilidad natural de nitrógeno en el invierno y en el inicio de la primavera, dadas las reducidas temperaturas presentes en los suelos de la región pampeana restringen la formación de nitratos a partir de las reservas de nitrógeno en el suelo (Díaz-Zorita, 1997), por lo tanto esta situación determinaría una carencia nutricional para los requerimientos potenciales de crecimiento de las gramíneas anuales de invierno (Vásquez y Barberis, 1982).

El nitrógeno es importante para la planta debido a que promueve el crecimiento a través de una mayor utilización de los carbohidratos producidos por fotosíntesis, destinándolos a la formación de proteínas, con el consiguiente aumento de biomasa (Latimori y Kloster, 1997).

La nutrición nitrogenada es un factor determinante de la productividad de los verdeos de invierno cuando la disponibilidad de agua y otros nutrientes, principalmente fósforo, no son limitantes (Latimori y Kloster, 1997). Los niveles de fósforo disponible en el suelo deberían alcanzar por lo menos 10 a 15 ppm en los primeros 20 cm de profundidad (Duggan y Melgar, 2001), de no ser así se debería realizar una fertilización de base para evitar deficiencias en fósforo (Marino *et al.*, 1995; Quiroga y Vallejo, 2001). En cuanto a la disponibilidad de agua se ha demostrado que perfiles con 100 a 130 mm de agua útil acumulada hasta el metro de profundidad aseguran buenas respuestas a la fertilización (Latimori y Kloster, 1997).

Tanto la tendencia a disminuir los costos de producción como a prevenir los riesgos de perjuicio ambiental, determinan la necesidad de aumentar la eficiencia de utilización de los fertilizantes nitrogenados, por lo tanto una vez tomada la decisión de la fertilización nitrogenada, existen una serie de variables a tener en cuenta como ser: fuente de fertilizante a utilizar, dosis a emplear, momento y modo de aplicación (Marino *et al.*, 1999).

### **LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES, SU IMPORTANCIA**

Un sistema silvopastoril (silvopastura), es una opción de producción que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), cultivos herbáceos (forrajeras) y / o animales en forma simultánea o en una secuencia temporal; todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1996). La implementación de estos sistemas integrados en sitios de bajos potenciales y con alto riesgo de deterioro podrían constituirse en sistemas sustentables.

Al sur-oeste de la provincia de Córdoba existen alrededor de 700.000 has. de tierras sujetas a severos procesos de erosión hídrica, debido a la interacción del relieve ondulado, precipitaciones de alta intensidad, suelos de moderado desarrollo (con predominio de arenas muy finas y limos) y sistemas de producción agrícolas-ganaderos basados en el laboreo permanente (Cantero *et al.*, 1998). La implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en estos sitios podrían ser una buena alternativa para mitigar los efectos de la erosión hídrica.

Los sistemas silvopastoriles, ayudan a realizar un aprovechamiento integral de los recursos naturales (suelo, agua, nutrientes) además de favorecer su conservación, también permiten la diversificación de las actividades agropecuarias disminuyendo por lo tanto el riesgo económico (Ong *et al.*, 1991).

Entre los componentes de un sistema silvopastoril existen interacciones y estas son múltiples y complejas, las podemos ver representadas en la (figura 1). La magnitud de estas interacciones entre los componentes de un sistema silvopastoril está en función principalmente de: la disponibilidad de factores de crecimiento (luz, agua, nutrientes) presentes en el medio; los requerimientos específicos y las características morfológicas de los componentes; la población de plantas y su arreglo espacial; y el manejo al que están sometidas las mismas (Pezo e Ibrahim, 1998).

Los sistemas silvopastoriles tienden a tener una alta diversidad genética y a incorporar una amplia variedad de especies de árboles, arbustos y pastos que son plantados o mantenidos por el productor agropecuario. Los componentes arbóreo, arbustivo y pastura proveen estructuras físicas, recursos y hábitat para especies de plantas y animales, estos últimos pueden usar los sistemas silvopastoriles para alimento, sombra o para protección de condiciones microclimáticas adversas.

Además, los sistemas silvopastoriles proveen fuentes alternativas de madera, leña, y otros productos y subproductos del bosque.

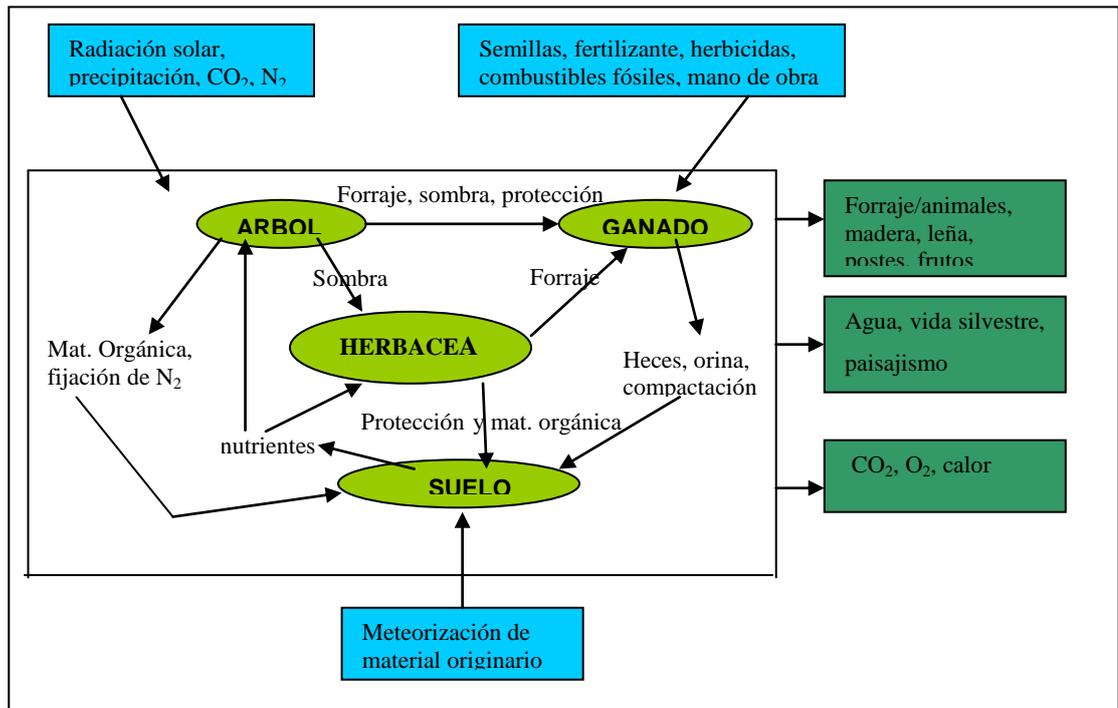


Figura 1. Diagrama de flujo de un sistema silvopastoril (Bronstein, 1983).

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) y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema o atenuar los efectos perjudiciales del estrés climático sobre las plantas y animales (Russo, 1994; Reynolds, 1995).

Sin embargo, cuando las leñosas y las especies herbáceas comparten el mismo terreno pueden darse entre ellas no solo relaciones de facilitación (beneficios), sino también relaciones 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.

Shelton *et al.* (1987) sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos.

Si bien en la mayoría de las situaciones la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol, no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución en la incidencia de energía lumínica (Horne y Blair, 1991).

La luz (disminuida por el estrato arbóreo), es el factor más importante para las plantas, porque es la radiación empleada en el proceso de fotosíntesis. Solo la radiación que se ubica en el espectro visible (radiación de onda corta entre 400-700 nm) es utilizada para la función de fotosíntesis (Montaldi, 1995). Al incrementarse la cantidad de luz aumenta la asimilación de CO<sub>2</sub> necesario para producir la glucosa, que es el producto de la fotosíntesis (Donoso Zegers, 1992).

Durante la noche, en la oscuridad, las plantas no realizan fotosíntesis, pero la función de respiración continúa permanentemente, por lo tanto en la noche el CO<sub>2</sub> producido en la respiración es devuelto hacia la atmósfera y la planta consume sus carbohidratos de reserva en el proceso de respiración. Al aclarar a la mañana, el proceso de fotosíntesis se inicia de nuevo con la luz y las plantas empiezan a usar el CO<sub>2</sub> y a producir azúcares (Montaldi, 1995). Al aumentar la cantidad de luz que recibe la planta, llega un momento en que la cantidad de hidratos de carbono producidos en la fotosíntesis es igual a la cantidad de hidratos de carbono consumidos en la respiración, este momento es conocido como punto de compensación (Donoso Zegers, 1992).

Una vez alcanzado el punto de compensación, la fotosíntesis aumenta en forma proporcional al aumento de la intensidad de luz, lo que se produce en la mañana después de

la salida del sol, hasta que se llega al punto de saturación que es aquel valor de intensidad de luz en el cual se logra la maximización de la fotosíntesis (Donoso Zegers, 1992).

La intensidad de luz requerida para alcanzar el punto de compensación y el de saturación varía según la especie, la temperatura y las condiciones de humedad (Donoso Zegers, 1992). Considerando las especies podemos mencionar dos grandes grupos, las plantas forrajeras con ciclo fotosintético tipo C3 (gramíneas de zonas templadas y leguminosas) y las C4 (gramíneas tropicales). Las especies C3 tienen un punto de compensación de aproximadamente  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y un punto de saturación entre  $650\text{-}800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . En cambio, las especies C4 tienen un punto de compensación de  $7\text{-}15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y no se saturan aun llegando a  $2500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  que es la intensidad de luz correspondiente a un día de sol radiante (Montaldi, 1995).

Por lo expuesto anteriormente, generalmente, el sombreado tiene un efecto negativo más marcado sobre la tasa de crecimiento de las plantas C4 que las tipo C3 (Tieszen, 1983; Sanderson *et al.*, 1997), ya que estas últimas se saturan con menor intensidad de energía lumínica.

Para compensar el sombreado las especies forrajeras en un sistema silvopastoril tienden a desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas (Sanderson *et al.*, 1997). Lo primero les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que lo segundo les permite reducir su tasa de respiración (Wilson y Ludlow, 1991). Además, el alargamiento de la hoja puede ser más pronunciado cuando se utiliza fertilización nitrogenada (Mazzanti *et al.*, 1994).

Belanger *et al.* (1992) mencionan que bajo fertilización nitrogenada una mayor proporción de asimilados se destinan a la producción de órganos aéreos en comparación con los subterráneos. Las plantas que crecen bajo sombra también dan prioridad al desarrollo foliar, por lo tanto se afecta la disponibilidad de fotosintatos para otros órganos y procesos de la planta. Varios autores (Samarakoon *et al.*, 1990; Zelada, 1996) han observado reducción en el desarrollo radical a medida que disminuye la radiación solar. Lo que significa que tendrán una menor habilidad para tolerar la sequía y para captar nutrientes y además, aquellas plantas que crecen bajo sombra tendrán un anclaje más pobre.

Además de los cambios morfológicos antes citados, como respuesta a la disminución de la luz al pasar por el follaje de los árboles, podemos mencionar otros cambios como la elongación de los tallos y la inhibición en cierto grado de la formación de nuevos vástagos o macollos en especies forrajeras (Wilson y Ludlow, 1991; Zelada, 1996.)

Los cambios en la producción de biomasa y en la morfología de la planta podrían verse intensificados o modificados cuando se asocia la fertilización y el efecto de la sombra

en un sistema silvopastoril. Sin embargo, estos fenómenos pueden variar de acuerdo a la estructura del sistema (especie, densidad de plantación, arreglo de plantación, orientación de las hileras de árboles), posición que ocupe la herbácea dentro del sistema silvopastoril, tipo de fertilizante y dosis empleada.

En cuanto a la especie, el grado de sombreado ejercido por los árboles y/o arbustos varía con la morfología de la planta (por ejemplo características de copa y altura) y edad de la misma. En plantaciones de cualquier leñosa perenne, la transmisión de la luz hacia el estrato herbáceo tiende a declinar con el tiempo. Sin embargo, hay diferencias en el patrón de respuesta a la edad que son atribuibles a la morfología de la leñosa. Wilson y Ludlow (1991) encontraron que el sombreado se incrementaba aceleradamente en los primeros años de la plantación y este efecto era más marcado en hule (*Hevea brasiliensis*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) que en el cocotero (*Cocos nucifera*) y en *Eucalyptus deglupta*.

La densidad de árboles y el arreglo espacial o de plantación son otros factores que pueden ser modificados para regular la interferencia de luz ejercida por las leñosas perennes.

Con la siembra de hileras dobles o en franjas de 3 a 5 hileras, pero ampliando el espaciamiento entre franjas es posible mantener la misma densidad de árboles lo que permitiría un mayor paso de luz al estrato herbáceo por lo cual se favorecería el crecimiento de la biomasa herbácea (Reynolds, 1995). Cualquiera sean las densidades propuestas se recomienda la realización de prácticas silvícolas como raleos y podas. Estas últimas mejoran la calidad de la madera como así también la llegada de luz al estrato herbáceo (Peri, 1999).

La orientación de las hileras de árboles en una plantación es también un factor de manejo importante que debe ser tenido en cuenta al momento de planificar un sistema silvopastoril, debido a que este factor también puede ser modificado para regular el acceso de la luz hacia el estrato herbáceo. Pezo e Ibrahim (1998) han demostrado que árboles sembrados en hileras con orientación este-oeste facilitarían la penetración de los rayos solares al estrato herbáceo en aquellas horas (antes de las 10 y después de las 14) en que por el ángulo de inclinación de los rayos su transmisión es interferida por una barrera arbórea. Esto resulta en una mayor incidencia total diaria de luz al estrato herbáceo y consecuentemente en una mayor producción de biomasa, especialmente cuando se trabaja con menor espaciamiento entre las hileras de árboles.

Además de los factores mencionados anteriormente (especie, densidad de plantación, y arreglo espacial) otros de los factores que podrían intensificar o modificar los cambios en la producción de biomasa y en la morfología de la herbácea, en un sistema silvopastoril son la dosis de fertilizante empleada y el momento de aplicación del mismo. Si bien no abunda la información sobre fertilización nitrogenada de verdeos invernales en

sistemas silvopastoriles, si existen numerosas experiencias en diversas áreas de la región pampeana que demuestran que la fertilización nitrogenada en verdeos de invierno (en ausencia de severas limitantes para el crecimiento) responden positivamente y linealmente al agregado de nitrógeno aun hasta con dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorita y Gonella, 1995; Duarte, 1995; Quiroga *et al.*, 1995; Trasmonte, 1995; Romero *et al.*, 1994; Mazzanti *et al.*, 1997 b; Amigone *et al.*, 1998; Quiroga *et al.*, 1999; Quiroga y Fernández, 2005).

Ensayos realizados en la provincia de Buenos Aires en las localidades de Balcarce y Tandil donde evaluaron los efectos de un amplio rango de dosis de N aplicados a la siembra sobre la acumulación de forraje de avena (*Avena sativa* L.) y raigrás (*Lolium multiflorum*), demostraron que la acumulación de forraje de los tratamientos fertilizados fue mayor que en aquellos tratamientos no fertilizados. Las dosis de N que permitieron lograr las máximas tasas de crecimiento de forraje fueron de 100 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> para raigrás y avena. Además los tratamientos fertilizados adelantaron la acumulación de materia seca (MS) en aproximadamente 30 días respecto de los no fertilizados (Mazzanti *et al.*, 1997 b).

Kenny y Resch (1996) realizaron ensayos en el sur de Córdoba (Huinca Renancó) en centeno (*Secale cereale*), donde evaluaron el efecto de la aplicación de urea al voleo en tres momentos de aplicación: todo a la siembra, fraccionado mitad a la siembra y mitad al macollaje y fertilizado en macollaje; encontrando que el tratamiento con 80 kg de urea a la siembra fue el de mayor rendimiento por hectárea y también el más eficiente en kg MS por kg de N aplicado.

Otra experiencia similar con centeno realizada al oeste de Buenos Aires por (Trasmonte y Díaz-Zorita, 2000) también mostró resultados similares a lo mencionado anteriormente, con menores diferencias entre las aplicaciones tempranas y las aplicaciones divididas, pero la eficiencia de uso del N aplicado fue superior en la aplicación temprana.

Quiroga y Ormeño (1999) también mencionan que fertilizaciones a la siembra presentan mayor eficiencia debido a la mayor disponibilidad de agua en capas superficiales del suelo.

Díaz-Zorita y Duarte (1998) y Fontanetto (1999) coinciden que en aquellas zonas en las cuales existen bajas probabilidades de lluvias durante el macollaje, la fertilización al momento de la siembra en los verdeos de invierno ha resultado en una mayor eficiencia de uso del N que las aplicaciones retrasadas del mismo. Por el contrario en zonas en las cuales existen elevada probabilidad de ocurrencia de precipitaciones (zonas más húmedas como el sudeste Bonaerense) durante el macollaje, las aplicaciones de nitrógeno demorada permiten obtener elevadas eficiencias de uso de N respecto de aplicaciones a la siembra del cultivo.

Resultados de ensayos realizados por Mazzanti *et al.* (1997 b) sobre avena y raigrás demuestran que entre las variables que caracterizan la estructura de las pasturas, la fertilización nitrogenada incrementó en mayor medida el largo foliar, la longitud del pseudotallo y el número de hojas por macollo en raigrás, mientras que en avena la variable más afectada fue el ancho foliar.

Marino *et al.* (1996) también afirman que el agregado de nitrógeno afecta la tasa de crecimiento de los cultivos, estimulando la elongación de las hojas, sobre todo en los primeros estadios de crecimiento. Trasmonte y Díaz-Zorita (2000) coinciden en que las plantas fertilizadas presentan hojas de mayor tamaño final que aquellas no fertilizadas.

Como comentario final podemos decir que, si bien en Argentina las experiencias de sistemas silvopastoriles (SSP) son muy limitadas (siendo la escasez de datos experimentales una de las mayores limitantes para el desarrollo e implementación de los SSP) hay organismos, como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación (SAGPyA), quién apoya el desarrollo de sistemas agroforestales mediante diversas iniciativas. Entre ellas se destaca el componente Apoyo a Pequeños Productores para la Conservación Ambiental (CAPPCA) del Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA / BIRF), cuyo objetivo es la protección y recuperación de ecosistemas frágiles o degradados a través de la transferencia de tecnología sustentable a pequeños productores en áreas piloto. También se concede un subsidio a los pequeños productores en bienes y servicios para la realización de estos fines.

Además en el marco del Régimen de Plantaciones Forestales, la modalidad “Presentación de Proyectos de forma Agrupada” considera en forma explícita el financiamiento de estos sistemas (SAGPyA, 2004).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Campo de docencia y experimentación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, “Pozo del Carril”, ubicado en la proximidad del paraje La Aguada pedanía de San Bartolomé, siendo sus coordenadas geográficas 25° 55' LS y 44° 41' LO, a 550 msnm.

El ensayo se llevó a cabo a nivel del lote 10, sobre un suelo Hapludol éntico, franco arenoso muy fino, donde el proceso erosivo se manifiesta en forma laminar o mantiforme. En dicho lote se encuentra implantado un sistema silvopastoril (SSP) compuesto por *Eucalyptus viminalis* (subsistema leñoso) implantado en el año 1998, con una configuración en trincheras de dos hileras de árboles orientadas de Este a Oeste. La distancia entre plantas es de 2m x 2m y 21m entre trincheras (callejón). El subsistema herbáceo, en el año 2001 estuvo compuesto por *Avena sativa* L. cv Cristal INTA, la misma fue sembrada en los callejones del SSP y en un sitio alejado 12 veces la altura de los árboles, el 30 de mayo de 2001. Las labores previas a la siembra fueron, dos pasadas de rastra de discos excéntrica para eliminar la alfalfa (cultivo antecesor). A la siembra se aplicaron 40 kg/ha de fosfato diamónico (18-48-0) como arrancador.

El fertilizante que se utilizó para efectuar la fertilización fue urea (46-0-0), en forma granular. Los niveles de fertilización utilizados fueron 50 y 150 Kg/ha que se corresponden con 23 y 69 kg de N por hectárea y un testigo sin fertilizar. La aplicación de la urea fue al voleo y se hizo una aplicación a fin de la etapa de macollaje, el 11 de septiembre de 2001.

En este caso, debido a que nos encontrábamos en un sistema silvopastoril donde el estrato arbóreo presentaba una corta edad (3 años), no se realizó pastoreo directo y se optó por confeccionar heno al estado de Avena granada, considerada como alternativa al pastoreo directo (Galetti, 2004).

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se estableció el ensayo como se muestra en la figura 2.

Para procesar el material recolectado en el campo se utilizó: balanza, medidor de área foliar (Licor 3000 A), equipos de frío y estufas para obtener datos de materia seca, puesto a disposición del proyecto por el Departamento de Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (U.N.R.C.).

El diseño experimental que se utilizó para analizar la influencia de la sombra sobre el macollaje fue un diseño en bloques completamente aleatorizados. Para las variables longitud y ancho de la hoja y producción de biomasa área se utilizó un diseño en bloques divididos (en franjas) con tres repeticiones. Los bloques fueron divididos en tres franjas:

cerca del árbol (CA), lejos del árbol (LA) y 12 veces la altura del árbol que fue considerada como sin la influencia del mismo (SA). Cada franja se dividió en tres parcelas donde aleatoriamente se asignaron los dos niveles de fertilización y el testigo sin fertilizar.

El modelo estadístico para los bloques completamente aleatorizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n, \\ J = 1, 2, \dots, K, \end{array}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = es la observación de la respuesta en el i-ésimo bloque y bajo el j-ésimo tratamiento

$\mu$  = es la media general

$\beta_i$  = es el efecto sobre la respuesta debido al i-ésimo bloque

$\alpha_j$  = es el efecto debido al j-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = es el error aleatorio

El modelo estadístico para el diseño en franja fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + c_{ij} + \beta_k + d_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + c_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, q$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : es la respuesta de la combinación jk en el i-ésimo bloque

$\mu$ : media general

$\rho_i$ : efecto del i-ésimo bloque

$\alpha_j$ : efecto del j-ésimo nivel de A

$c_{ij}$ : variable aleatoria del error asociado a las unidades correspondientes al factor A, con distribución  $N(0; \sigma_c^2)$

$\beta_k$ : efecto del k-ésimo nivel de B

$d_{ik}$ : variable aleatoria del error asociado a las unidades correspondientes al factor B, con distribución  $N(0; \sigma_d^2)$

$(\alpha\beta)_{jk}$ : interacción del j-ésimo nivel de A con el k-ésimo de B

$c_{ijk}$ : variable aleatoria del error asociado a las subparcelas, con distribución  $N(0; \sigma_e^2)$

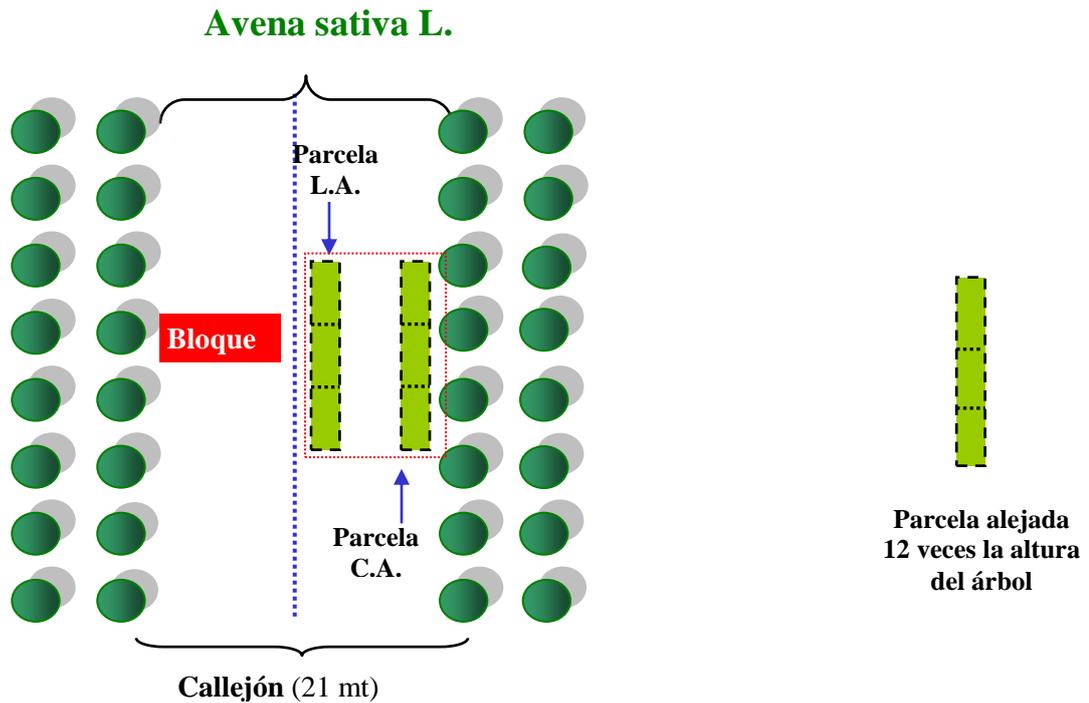


Figura 2. Esquema del ensayo (representación de un solo bloque).

### MEDICIONES Y / O DETERMINACIONES

Las mediciones se efectuaron tomando las muestras de  $1/2 \text{ m}^2$  a 1,3 m del fuste del árbol (CA), a 7,5 m del árbol (LA) y a 48 m del árbol (SA) en una parcela testigo. En las distintas situaciones previstas hubo tres repeticiones.

En el caso particular de la variable número de macollos por planta se determinó únicamente el efecto de los diferentes niveles de distanciamiento al árbol (para evaluar el efecto de la sombra). Para ello al finalizar la etapa de macollaje se contaron número de macollos por planta, tomando una muestra  $1/2 \text{ m}^2$  para cada tratamiento y repeticiones propuestas. En este momento se contó con la humedad suficiente como para fertilizar.

Cuando el cultivo alcanzó el estado fenológico de grano lechoso se tomaron muestras de plantas en una superficie de  $1/2 \text{ m}^2$ , para cada tratamiento que involucró sombra y fertilización en el diseño en franjas. Para determinar el ancho y el largo de las hojas de estas muestras, el primer paso que se efectuó fue determinar el número de plantas a las que se le efectuaría estas mediciones. Para ello se utilizó el coeficiente de variación de los datos obtenidos. En promedio este parámetro se mantuvo constante y por debajo del 20 % entre las 15 y 20 plantas medidas, de allí que el número de plantas elegidas aleatoriamente como alícuota de la muestra obtenida a campo fuera de 20 plantas. Este material, más el remanente

de las muestras de donde fue obtenido se utilizó para determinar la producción de biomasa en cada tratamiento. Luego de haber realizado el análisis de la varianza, la comparación entre medias fue utilizado la prueba LSD de Fisher.

Para el análisis de los resultados se diseñó una base de datos, utilizando una hoja de cálculo Microsoft Excel en la cual se registraron los datos de las distintas variables medidas. El análisis estadísticos de estos datos se procesó con el paquete estadístico SAS (1990).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como se mencionó en la introducción el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la sombra y la fertilización nitrogenada sobre diferentes variables que determinan la producción de *Avena sativa L.* Las variables medidas fueron: densidad de macollos, ancho y largo de la hoja, área foliar y producción de biomasa aérea.

A continuación se presentan los resultados de las variables evaluadas.

### **NÚMERO DE MACOLLOS POR PLANTA**

En este caso en particular, la variable número de macollos por planta se midió únicamente en los diferentes niveles de sombra, sin aplicación de las distintas dosis de fertilizante utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizados. Los datos obtenidos se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Promedio de macollos por planta a diferentes distanciamientos desde el árbol  $\pm$  SD.

<b>Posición</b>	<b>N° de macollos / planta</b>
CA (1,3 m del árbol)	2,56 $\pm$ 0,53 <b>b</b>
LA (7,5 m del árbol)	4,78 $\pm$ 2,28 <b>a</b>
SA (48 m del árbol)	4,11 $\pm$ 1,45 <b>a</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

Al observar la tabla 1, los datos muestran un mayor número de macollos por planta en la posición lejos del árbol (7,5 m de distancia) y en el potrero sin árboles (48 m de distancia) siendo estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ). No ocurre lo mismo en la posición cerca del árbol (1,3 m de distancia) donde tenemos menor número de macollos por planta, lo cual coincide con Chen (1993); Wilson y Ludlow (1991) y Zelada (1996) quienes mencionan que el sombreado reduce entre otras cosas la producción de macollos por planta.

### **ANCHO Y LARGO DE LA HOJA, ÁREA FOLIAR Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA**

Las variables ancho y largo de la hoja, área foliar y producción de biomasa aérea fueron analizados en un diseño de bloque divididos (en franja). Como el análisis estadístico no mostró interacciones entre niveles del factor sombra y los niveles del factor fertilización, el efecto de cada factor fue estudiado por separado. Los resultados se presentan a continuación.

## ANCHO DE LA HOJA

El ancho de la hoja medido a diferentes distancias desde el árbol se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Ancho promedio de hojas a los diferentes distanciamientos desde el árbol  $\pm$  SD.

Posición	Ancho de la hoja (cm)
CA (1,3 m del árbol)	0,78 $\pm$ 0,04 <b>b</b>
LA (7,5 m del árbol)	0,82 $\pm$ 0,15 <b>b</b>
SA (48 m del árbol)	0,91 $\pm$ 0,07 <b>a</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

De estos datos se desprende que el ancho medio de la hoja es menor dentro del callejón que en el testigo donde no existe la influencia del árbol existiendo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Esta tendencia coincide con lo propuesto por Smith y Whiteman (1983), quienes reportaron que las plantas desarrollándose bajo sombra o bajo influencia del árbol poseen hojas más angostas que aquellas plantas creciendo en ambientes de 100% de radiación.

Dentro del callejón si bien existe una tendencia que muestra que lejos del árbol (menor sombra) el ancho de la hoja es mayor que cerca del mismo, estadísticamente no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). La situación lejos del árbol (a 7,5 metros), si bien no tiene una influencia directa de la copa del árbol existe una proyección de la sombra durante parte del día que permitiría explicar la disminución en el ancho de la hoja con respecto a la situación sin árboles (Plevich<sup>1</sup>, 2005).

Cuando las plantas crecen sin limitaciones hídrico-nutricionales, pero experimentan un estrés de carbohidratos (por ejemplo sombreo), la partición de fotoasimilados favorece el crecimiento de las hojas en relación a los tallos y raíces (Satorre *et al.*, 2003).

La intensidad de sombreo en sistemas silvopastoriles es variable de acuerdo a la edad, altura, espaciamiento y estructura de la copa del componente arbóreo (Wilson y Ludlow, 1991). El sistema silvopastoril con el cual se trabajo tenía al momento de la toma de datos 3 años de edad con 4 a 5 m de altura.

Se ha mencionado con anterioridad que otros factores que pueden influir sobre las variables estudiadas son el tipo de fertilizante, la dosis empleada y el momento de aplicación.

<sup>1</sup> Plevich, J.O., Ing. Agr. Depto Prod. Veg. FAV. UNRC, 2005.

Los datos que se muestran en la tabla 3 relacionan dos dosis de urea, aplicadas a fines de macollaje con el ancho medio de la hoja.

Tabla 3. Ancho promedio de hojas para diferentes niveles de fertilización nitrogenada  $\pm$  SD.

Tratamiento	Ancho de la hoja (cm)
U 0	0,86 $\pm$ 0,13 a
U 50	0,81 $\pm$ 0,09 a
U 150	0,84 $\pm$ 0,14 a

Letras iguales no difieren significativamente.

Como puede observarse los niveles de fertilización con urea para los tratamientos planteados no tuvieron efecto sobre el ancho de la hoja.

Esta respuesta puede deberse a la menor eficiencia en la utilización que presentan los cultivos cuando la fertilización se retrasa en el tiempo.

Kenny y Resch (1996) realizaron ensayos en el sur de Córdoba (Huinca Renancó) en centeno (*Secale cereale*), donde evaluaron el efecto de la aplicación de urea al voleo en tres momentos de aplicación: todo a la siembra, fraccionado mitad a la siembra y mitad al macollaje y fertilizado en macollaje; encontrando que el momento de aplicación temprano (a la siembra) fue el más eficiente en la utilización del nitrógeno en relación a aquellas aplicaciones retrasadas en el tiempo.

### **LARGO DE LA HOJA**

El largo medio de las hojas obtenidos en relación al distanciamiento del árbol se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Largo medio de hojas a los diferentes distanciamientos desde el árbol  $\pm$  SD.

Posición	Largo de la hoja (cm)
CA (1,3 m del árbol)	14,28 $\pm$ 1,38 a
LA (7,5 m del árbol)	14,15 $\pm$ 1,81 a
SA (48 m del árbol)	15,2 $\pm$ 2,4 a

Letras iguales no difieren significativamente.

Al analizar el largo medio de las hojas se observa que no existen diferencias en los tratamientos de distanciamientos propuestos, lo que sugiere que los niveles de sombreado no son suficientes para observar lo mencionado por Sanderson *et al.* (1997) y Smith y Whiteman (1983), que afirman que para compensar el sombreado las especies forrajeras tienden a desarrollar hojas más largas. Cuando la variable largo de hoja se observó para las situaciones con fertilización nitrogenada se encontraron los datos que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Largo promedio de hojas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada  $\pm$  SD.

<b>Tratamiento</b>	<b>Largo de la hoja (cm)</b>
U 0	13,61 $\pm$ 1,68 <b>b</b>
U 50	14,21 $\pm$ 2,5 <b>b</b>
U 150	15,8 $\pm$ 1,8 <b>a</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

Los datos observados en la tabla 5 muestran que altos niveles de fertilización afectan positivamente la longitud de la hoja en concordancia con lo encontrado con Mazzanti *et al.* (1994), Whitehead (1970) y Wilman y Wright (1983) quienes mencionan que la longitud de las hojas se incrementa significativamente con la aplicación de nitrógeno.

### **AREA FOLIAR**

El área foliar es dependiente del largo y el ancho de la hoja. En la tabla 6 se muestran los datos determinados para diferentes niveles de sombreamiento.

Tabla 6. Área foliar a diferentes distanciamientos desde el árbol  $\pm$  SD.

<b>Posición</b>	<b>Área Foliar (cm<sup>2</sup>)</b>
CA (1,3 m del árbol)	9,73 $\pm$ 1,77 <b>a</b>
LA (7,5 m del árbol)	10,21 $\pm$ 3,49 <b>a</b>
SA (48 m del árbol)	11,51 $\pm$ 2,23 <b>a</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

Los datos que se observan en la tabla muestran que el área foliar medido a diferentes distanciamientos desde el árbol, no presenta diferencias significativas entre los distintos tratamientos ( $p > 0.05$ ).

Hasta ahora los datos encontrados muestran que el sombreamiento en el sistema silvopastoril tuvo efecto sobre el ancho de la hoja produciendo plantas con hojas más angostas, sin embargo no tuvo efecto sobre su longitud. Este débil efecto de sombreamiento dentro del callejón del sistema silvopastoril a los tres años de crecimiento de la leñosa, no es suficiente como para que existan diferencias significativas entre el área foliar encontrado en zonas con sombras, respecto al testigo alejado del árbol cuando el cultivo no se fertiliza.

En la tabla 7 se muestran los datos de área foliar como respuesta a diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Tabla 7. Área foliar con diferentes niveles de fertilización nitrogenada  $\pm$  SD.

Tratamiento	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )
U 0	9,88 $\pm$ 2,85 <b>b</b>
U 50	9,9 $\pm$ 2,45 <b>b</b>
U 150	11,69 $\pm$ 2,85 <b>a</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

La tabla 7 muestra que existen diferencias en el área foliar entre las distintas dosis de fertilizantes, siendo significativa para la dosis más alta, esto coincide con lo observado por Whitehead (1970) y Wilman y Wright (1983) quienes demostraron que la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de las especies forrajeras se manifiesta principalmente por la acción que ejerce sobre los componentes del área foliar, principalmente la longitud de las hojas.

### **BIOMASA**

En la tabla 8 muestra para el caso en estudio, datos de biomasa tomados a diferentes distancias al árbol.

Tabla 8. Biomasa área en Kg MS/Ha a diferentes distanciamientos desde el árbol  $\pm$  SD.

Posición	Biomasa (Kg/ha)
CA (1,3 m del árbol)	1092 $\pm$ 147 <b>b</b>
LA (7,5 m del árbol)	1380 $\pm$ 212 <b>a</b>
SA (48 m del árbol)	1200 $\pm$ 110 <b>b</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

De esta tabla se desprende que la mayor cantidad de biomasa se obtiene en la parcela lejos del árbol existiendo diferencias significativas. En cambio no hubo diferencias significativas entre la parcela alejada del árbol a 12 veces su altura (48 m) y la parcela cerca del árbol. Este comportamiento es semejante a lo que ocurre en las cortinas rompevientos donde los rendimientos se ven disminuidos por sombra o competencia cerca del árbol hasta 1,5 veces su altura, punto después del cual se recupera y supera a las situaciones sin árboles hasta que entre 10 y 12 veces la altura ya no existe influencia de árbol. Entre 2 a 10 veces la altura del árbol al reducirse el viento significativamente disminuye los valores de evapotranspiración y con ello se incrementa la eficiencia en el uso del agua, resultando de ello, a igualdad de otras condiciones, un mayor rendimiento (Bellón y Boffi de Schulte, 1991).

Como se ha mencionado anteriormente existen numerosos trabajos que muestran el comportamiento de las especies herbáceas bajo la sombra de leñosas. Por ejemplo los

ensayos realizados por Peri (1999), mostraron una clara tendencia en la reducción de la producción de biomasa a medida que la densidad de árboles aumenta, pero a la edad de tres años, la producción de pasturas con una densidad de 50 árboles/ha fue mayor que en la parcela sin árboles. Con densidades intermedias de 100 árboles/ha a la edad de tres años no hubo disminución en la producción de forraje.

El nivel de sombra ejercido por los árboles según (Reynolds, 1995) varía con la morfología de la planta (como características de la copa y altura), la edad, la densidad y distribución espacial de los árboles con respecto al estrato herbáceo. La distribución de árboles con escaso espacio entre ellos y espacios abiertos en los callejones, como ocurre en este estudio parece adecuado para mantener la producción de la herbacea por mayor tiempo en el sistema silvopastoril.

Cuando se analizó la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa aérea se encontraron los datos que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Biomasa área Kg MS/Ha con diferentes niveles de fertilización nitrogenada  $\pm$  SD.

<b>Tratamiento</b>	<b>Biomasa (Kg/ha)</b>
U 0	1248 $\pm$ 252 <b>a</b>
U 50	1258 $\pm$ 148 <b>a</b>
U 150	1166 $\pm$ 230 <b>a</b>

Letras iguales no difieren significativamente.

Los datos muestran que la fertilización nitrogenada aplicada a fines de macollaje no tuvo efecto sobre la producción de biomasa total.

Numerosas experiencias en diversas áreas de la región pampeana demuestran que la fertilización nitrogenada en verdeos de invierno (en ausencia de severas limitantes para el crecimiento como agua y fósforo principalmente) responden positivamente y linealmente al agregado de nitrógeno aún hasta con dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> (Gonella y Díaz-Zorita, 1995; Duarte, 1995; Quiroga *et al.*, 1995; Trasmonte, 1995; Romero *et al.*, 1994; Mazzanti *et al.*, 1997 b; Amigone *et al.*, 1998; Quiroga *et al.*, 1999; Quiroga y Fernández, 2005).

Sin embargo en este caso existen dos situaciones que pueden hacer variar esta respuesta: 1) el momento de aplicación y 2) los niveles de agua durante el ciclo del cultivo.

En relación al momento de aplicación, ya se ha comentado que trabajos donde se muestra que en la medida que esta se retrasa las respuestas son menores e inexistentes. Esto se puede ver acentuado cuando la limitante de agua juega un papel importante. En la tabla 10 se muestra el balance hidrológico para el ciclo del cultivo.

Los datos de la tabla 10 muestran un balance hidrológico climático donde se puede observar que la lámina de agua media, acumulada en el suelo hasta 1 metro de profundidad

durante el ciclo del cultivo fue de 131 mm, mostrando déficit de agua desde el mes de mayo hasta agosto, revirtiéndose en el mes de setiembre donde se tomo la decisión de fertilizar. Las precipitaciones de septiembre, octubre y noviembre no fueron suficiente para eliminar los déficits. La combinación del retraso en la aplicación del fertilizante y la escasez de agua podría explicar la falta de respuesta en el rendimiento de biomasa área.

## CONCLUSIONES

Del análisis e interpretación de los datos obtenidos en el presente trabajo sobre el efecto de la sombra sobre densidad de macollos y el efecto de la sombra y la fertilización nitrogenada sobre el ancho de la hoja, largo de la hoja, área foliar y producción de biomasa aérea en un cultivo de *Avena sativa* L. cv. Cristal INTA en un sistemas silvopastoril integrado por *Eucalyptus viminalis* se arriba a las siguientes conclusiones:

- El número de macollos por planta fue menor en el callejón del sistema silvopastoril en la posición cerca del árbol, cuando se comparo con la posición más alejada del árbol y el potrero sin árboles.
- El ancho de la hoja fue menor en las diferentes posiciones del callejón del sistema silvopastoril coincidiendo con datos encontrados en la bibliografía. A la luz de los resultados esta variable es más sensible al sombreo que el número de macollos por planta.
- La fertilización nitrogenada aplicada a fin de macollaje no tuvo efecto sobre el ancho de la hoja.
- El largo de las hojas no fue modificado por los niveles de sombreamiento presentes en el callejón del sistema silvopastoril lo que sugiere que esta variable es menos sensible que las anteriores al efecto de la sombra.
- El largo de la hoja se vio incrementado con la fertilización nitrogenada aplicada en el estadio fin de macollaje cuando la dosis fue de 150 Kg/ha .
- El débil efecto de sombreamiento dentro del callejón del sistema silvopastoril a los tres años de crecimiento de la leñosa, es insuficiente para modificar el área foliar de *Avena sativa* L.
- El área foliar se vio incrementada cuando se efectuó la fertilización nitrogenada con una dosis de 150 Kg/ha por el crecimiento de la hoja en longitud.
- El nivel de sombra ejercido por los árboles en el callejón del sistema silvopastoril si bien muestra un efecto que se traduce en un menor número de macollos por planta y un menor ancho de la hoja aún no es suficiente para tener efecto sobre el área foliar y por lo tanto tampoco se observa una disminución en la producción de biomasa.
- La fertilización nitrogenada utilizada para aumentar los rendimientos de biomasa aérea no tuvo efecto para el caso en estudio.

Por último, de acuerdo al conjunto de conclusiones arribadas se puede afirmar que *Avena sativa L.* puede crecer en forma conjunta con *Eucalyptus viminalis* durante los tres primeros años de establecimiento silvopastoril sin que la primera vea afectada su producción de biomasa forrajera.

## APENDICE I

Cuadro 1. Balance Hidrológico seriado para la Estación La Aguada. Período enero 2001-diciembre 2001.

Parámetros	MESES												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
Pp	165	23	180	131	6	16	12	8	75	53	10	27	706
EP	126	117	89	48	30	22	18	31	37	69	83	119	790
ALM	87	48	139	160	137	132	128	111	149	135	85	48	
ER	126	62	89	48	29	21	16	25	37	67	59	64	644
DÉFICIT	0	55	0	0	2	1	1	6	0	2	24	55	146
EXCESO	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	62

Referencia: -Pp: precipitaciones. -EP: evapotranspiración potencial. -ALM: almacenamiento.  
-ER: evapotranspiración real.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALIPPE, H.A., 1999. Invernada, situación actual. Revista del Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Año X, N° 47: 8-12.
- AMIGONE, M.A., 1992. Principales características de cultivares de cereales forrajeros. Hoja informativa N° 211. Proyecto AMCPAG, EEA INTA Marcos Juárez. 10 pp.
- AMIGONE, M.A., A. MONTESANO y B. MASIERO, 1998. Siembra directa de verdeos de invierno.. Publicación N° 1. Serie Ganadería. UEE Ganadería Agrícola Centro-Oeste. EEA INTA Marcos Juárez. Córdoba, Argentina.
- AMIGONE, M.A, A. KLOSTER, N. BERTRAM., 2005. Verdeos invernales. Producción de forraje en el área de Marcos Juárez. Hoja Informativa N° 364. Área Producción Animal INTA Marcos Juárez.
- BELANGER, G., F. GASTAL, F.R. WARENBOURG, 1992. The effects of nitrogen fertilization and the growing season on carbon partitioning in a sward of tall fescue (*Festuca arundinacea*). Annals of Botany 70: 239-244.
- BELLON, A. y E. BOFFI de SCHUELTE, 1991. Cortinas Forestales y Montes de Abrigo. Cátedra de planificación física del predio rural. Fac. Agro. UBA. Buenos Aires, Argentina. 25 pp.
- BRAGACHINI, M., 1981. Heno de calidad. Cuadernillo de actualización técnica N° 1. Proyecto INTA-PROPEFO. SAGyP: 70-73.
- BRONSTEIN, G., 1983. Los árboles en la producción de pastos. Curso Corto Intensivo Prácticas Agroforestales con énfasis en la Medición y Evaluación de Parámetros Biológicos y Socio-Económicos. L. Babbar (comp.). Turrialba, Costa Rica, CATIE. Mimeo, p.d.
- CANTERO, A., M. CANTU, J.M. CISNEROS, J.J. CANTERO, M. BLARASIN, A. DEGIOVANNI, J. GONZALES, V. BECERRA, H. GIL, J. De PRADA, S. DEGIOVANNI, C. CHOLAKY, M. VILLEGAS, A. CABRERA, y E. CARLOS, 1998. Las tierras y aguas del sur de Córdoba. Propuesta para un manejo sustentable. Editorial U.N.R.C. Pág. 119.
- CHEN C.P., 1993. Pastures as the secondary component in tree-pasture systems. En Proseeding 17 th Internacional Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand y Rockhampton, Australia. New Zealand Grassland Association y Tropical Grasslands Society of Australia: 27-43.
- DIAZ-ZORITA, M. y C. GONELLA, 1995. Fertilización nitrogenada de verdeos de invierno en la región noroeste bonaerense. I. Producción primaria neta. Memorias XIV Reunión ALPA 19 Cong. AAPA.

- DIAZ-ZORITA, M., 1997. Fertilización de Pasturas y Verdeos de invierno. EEA INTA Gral. Villegas. Boletín de Divulgación Técnica N°2.
- DIAZ-ZORITA, M. y G. DUARTE, 1998. Curso de actualización para profesionales en fertilización de pasturas y cereales de invierno. EEA. INTA Gral. Villegas.
- DOMÍNGUEZ, M., M.A. AMIGONE, y A.M. KLOSTER, 1994. Comportamiento de cereales forrajeros en el área de Laboulaye. Hoja informativa N° 4, AER INTA Laboulaye, 6 pp.
- DONOSO ZEGERS, C., 1992. Ecología forestal, el bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Universidad Nacional de Chile. 32-49; 278-283.
- DUARTE, G.A., 1995. Fertilización de verdeos de invierno. Resultados en el CREA América. Rev. CREA 171: 44.
- DUGGAN, M. y R. MELGAR, 2001. Manejo de la fertilización en verdeos invernales. Rev. Fertilizar N° 22. Proyecto INTA-FERTILIZAR.
- ECHEVERRÍA, H. y H. SAINZ ROSAS, 2000. Nitrógeno: Las opciones. Rev. Fertilizar Especial Siembra Directa. Proyecto INTA-FERTILIZAR.
- FERGUSON, R.B., D.E. KISSEL, J.K. KOELIKER, y W. BASEL, 1984. Soil Sci. Soc. Am. J. 2:578-582.
- FONTANETTO, H., 1999. Seminario Diagnóstico de deficiencias de nitrógeno, fósforo, y azufre en cultivos de la región pampeana. EEA INTA Balcarce.
- FUENTES YAGUE, J.L., 1989. El suelo y los fertilizantes. Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: 121-184.
- GALETTI, M.A., 2004. Sistemas Silvopastoriles en la Provincia de Buenos Aires. Equipo Forestal Balcarce. EEA INTA Balcarce.
- GONELLA, C. y M. DIAZ-ZORITA, 1995. Evaluación de verdeos de invierno. EEA INTA Gral. Villegas. Plan de trabajo, Informe Anual.
- HORNE, P.M., y G.J. BLAIR, 1991. Forage tree legumes.IV. Productivity of leucaena/grass mixture. Australian Journal of Agricultural Research 42:1231-1250.
- INDEC, 2004. Encuesta Nacional Agropecuaria 2001 de la región Pampeana. En: [www.indec.mecon.ar/principal/agricultura/forrajeras](http://www.indec.mecon.ar/principal/agricultura/forrajeras). Consultada: 15/05/04.
- INFOAGRO, 2004. El cultivo de la Avena. En: [www.infoagro.com/herbáceos/cereales/avena.asp](http://www.infoagro.com/herbáceos/cereales/avena.asp). Consultada: 24/05/04.
- KENNY, M.R. y G. RESCH, 1996. Fertilización nitrogenada en centeno en Huinca Renancó. INTA EEA Marcos Juárez. Hoja informativa.
- KLOSTER, A. M., y M. A. AMIGONE, 1999. Eficiencia en la utilización de los recursos forrajeros. Rev. Argentina de Producción Animal 19 (1):47-56.

- LATIMORI, N.J. y A.M. KLOSTER, 1997. Invernada bovina en zonas mixtas, claves para una actividad más rentable y eficiente. INTA Centro Regional Córdoba. Editorial Editar: 39-52.
- MARINO, A., A. MAZZANTI y H. ECHEVERRIA, 1995. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros anuales de invierno en el sudeste bonaerense.1. Crecimiento y acumulación de forraje. Actas 19° Cong. Arg. Prod. Anim: 179-182.
- MARINO, A., A. MAZZANTI, H. ECHEVERRIA, y F. ANDRADE, 1996. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. Acumulación de forraje. Actas 20 Cong. AAPA: 248-249.
- MARINO, A., F. LATTANZI y S. CAMPO, 1999. Fertilización nitrogenada en verdeos invernales. Rev. Agromercado. Cuadernillo de forrajeras N° XXX.
- MAZZANTI, A., G. LEMAIRE y F. GASTAL, 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue Swards continuously grazed with sheep.1. Herbage growth dynamics. Grass and Forage Science 49: 111-120.
- MAZZANTI, A., M.H. WADE y S.C. GARCIA, 1997 a. Efecto de la fertilización nitrogenada en invierno sobre el crecimiento y la composición química del forraje de raygrás anual. Rev. Arg. Prod. Anim. 17 (1):25-32.
- MAZZANTI, A., M.A. MARINO, F. LATTANZI, H. ECHEVERRIA y F. ANDRADE, 1997 b. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 143. EEA INTA Balcarce. Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- MELGAR R. y M. DÍAZ-ZORITA, 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. INTA-Editorial Hemisferio Sur S.A.
- MELGAR, R., 2001. Volatilización de la urea. Rev. Fertilizar N° 22. Proyecto INTA-FERTILIZAR. 20-23.
- MONTALDI, E. R., 1995. Principios de Fisiología Vegetal. Ediciones Sur: 115-138.
- MUSLERA PARDO, E. y C. RATERA GARCIA, 1991. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 674 pp.
- ONG, C.K., J.E CORLETT, R.P. SINGH y C.R BLACK, 1991. Above and below ground interactions in agroforestry systems. Forest Ecology and Management.
- PERI P., 1999. Efecto de la sombra sobre la producción y calidad de pasturas en sistemas silvopastoriles. Rev. SAGPyA Forestal N° 13-36 pp.
- PEZO, 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 noviembre de 1996. Morelia, México. FIRA-Banco de México. 39 pp.
- PEZO, D. y M. IBRAHIM, 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza Agroforestal N° 2. CATIE-GTZ, Turrialba, Costa Rica. 275 pp.
- QUIROGA, A., O. ORMEÑO, D. FERNÁNDEZ, A. VALLEJO y E. ADEMA, 1995. Fertilización de verdeos de invierno. Rev. CREA 171: 36-40.
- QUIROGA, A. y O. ORMEÑO, 1999. Verdeos de invierno: La fertilización nitrogenada permite aumentar la productividad. Rev. CREA Año XXXIV, N° 220: 70-72. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- QUIROGA, A., O. ORMEÑO, D. FERNÁNDEZ y A. VALLEJO, 1999. Verdeos de invierno: Pautas para un manejo eficiente. Rev. CREA Año XXXIV, N° 221: 66-72. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- QUIROGA, A. y F. VALLEJO, 2001. Siembra directa y fertilización de verdeos en la región semiárida pampeana. Rev. CREA Año XXXV, N° 243: 59-61. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- QUIROGA, A. y R. FERNÁNDEZ, 2005. Verdeos de invierno: Requerimientos de agua y nutrientes. Memorias de la Jornada Invierno al verdeo, herramientas para una ganadería profesional. EEA INTA Gral. Villegas: 9-11.
- REYNOLDS, S.G., 1995. Pasture-Cattle-Coconut systems. Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific.
- ROMERO, L.A., O.A. BRUNO, M.C. DIAZ, M. GAGGIOTTI., 1994. Fertilización nitrogenada en avena para pastoreo. EEA INTA Rafaela. Información para Extensión. 117, 3 pp.
- RUSSO, R.O. 1994. Los Sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible. Agroforestería en las Américas 1 (2): 10-13.
- SAGPyA, 2003. Avena, Informe General. En: [www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/estimaciones/infavena.php](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/estimaciones/infavena.php). Consultada: 08/12/2003.
- SAGPyA, 2004. En: [www.sagpya.mecon.gov.ar/new/o-o/forestación/regimen/regi2000.htm](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/o-o/forestación/regimen/regi2000.htm). Consultada: 12/08/2004.
- SAMARAKOON, S.P., J.R. WILSON y H.M. SHELTON, 1990. Growth morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 114: 161-169.
- SANDERSON, M.A., D.W. STAIR y M.A. HUSSEY, 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. Advances in Agronomy 59: 171-224.

- SAS INSTITUTE, 1990 SAS/STAT. User's Guide: statistics, versión 6, Fourth Edition Statistical Analysis System Institute, Cary North Carolina, USA.
- SATORRE, E., R. BENECH ARNOLD, G. SLAFER, E. B. de la FUENTE, D. MIRALLES, , M. OTEGUI y R. SAVIN, 2003. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. 783 pp.
- SHELTON, H.M., L.R. HUMPHREYS, y C. BATELLO., 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospects. *Tropical Grasslands* 21: 159-168.
- SMITH, M.A. y P.C. WHITEMAN, 1983. Evaluation of tropical grasses in increasing shade under coconut canopies. *Experimental Agriculture* 19: 153-161.
- TIESZEN, L.L., 1983. Photosynthetic systems: implications for agroforestry. En Huxley, P.A.(ed). *Plant research and agroforestry. Proceedings of a Consultation Meeting held in Nairobi, april 8-15, 1981. Nairobi, Kenya. ICRAF: 323-346.*
- TOMASO, J.C., 2002. Cereales forrajeros de invierno. Producción de materia seca, manejo del cultivo, curvas de producción. En invierno al verdeo. Jornada demostrativa de Actualización Profesional. INTA EEA Gral. Villegas: 11-14.
- TRASMONTE, D., 1995. Fertilización de verdeos de invierno. Resultados en el CREA Quemú-Catriló. *Rev. CREA* 171: 42-44.
- TRASMONTE, D. y M. DIAZ-ZORITA, 2000. Fertilización de verdeos de invierno. *Rev. CREA Año XXXIV, N° 231: 54-59. AACREA. Buenos Aires, Argentina.*
- VASQUEZ, M. y L. BARBERIS, 1982. Variación estacional de la concentración de nitratos en el suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. INTA. Vol. .XVII N° 1: 13-22.*
- WATSON, C.J., H. MILLER, P. POLAND, D.J. KILPATRICK, M.D. ALLEN, M.K. GARRET y C.B. CHRISTIANSON, 1994. *Soil Biol. Biochem. 9:1165-1169.*
- WHITEHEAD, D.C., 1970. The Role of Nitrogen in Grassland Productivity. *Bul. 48. Comm. Bureau of pasture and field Crops, Hurley, Berkshire, 202 pp.*
- WILMAN, D. y P.T. WRIGHT, 1983. Some Effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts, Wallingford, 53: 387-393.*
- WILSON J.R., y M.M. LUDLOW, 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In Shelton, H.M. y W.W. Stur (eds). *Forages for plantation crops. ACIAR Proceedings N32: 10-24. Camberra. Australia. ACIAR.*
- ZELADA, E.E., 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 88 pp.





