

Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

U R U G U A Y

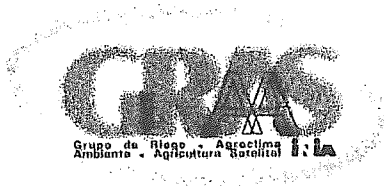
Día de Campo de Cultivos de Verano

7 de Febrero de 2001

“Sistemas Experimentales de Producción Bajo Riego”

Serie Actividades
de Difusión N° 250

 LA ESTANZUELA



INIA La Estanzuela

Día de Campo de Cultivos de Verano

7 de Febrero de 2001

**“Sistemas Experimentales de Producción
Bajo Riego”**

Programa Nacional de Cereales de Verano y Oleaginosas



El Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital, GRAS¹, se formó en el año 1997 como un equipo técnico base, a fines de planificar, implementar y ejecutar actividades contenidas en el Proyecto "Intensificación de los Sistemas de Producción del Litoral Mediante la Utilización del Riego", en el marco del Programa Nacional de Cereales de Verano y Oleaginosas del INIA.

Actualmente, el Grupo también desarrolla, apoya y coordina proyectos y actividades relacionadas a Agroclimatología, Ambiente y Agricultura Satelital.

El GRAS es claramente un equipo técnico interdisciplinario, integrado por especialistas en variadas disciplinas tales como fisiología vegetal, ecología de suelos, agroclimatología, agua en el suelo y riego, economía agrícola y ambiental, manejo de procesos de desarrollo de innovaciones y tecnologías, entre otras. El Equipo esta focalizado en la identificación y desarrollo de temáticas globales y tecnologías y metodologías novedosas y emergentes.

Aparte del desarrollo de investigaciones en riego para sistemas de producción de cultivos en rotación con pasturas, el GRAS nuclea una serie muy importante de actividades tendientes a la preservación de los recursos naturales y el ambiente. Es así que en el tema Aire y Atmósfera, el estudio y análisis de los distintos aspectos de la problemática de los Gases con Efecto Invernadero y del Secuestro y el Mercado del Carbono son algunas de sus principales líneas de acción. En el tema Agua, el monitoreo y cuantificación del impacto de sistemas y tecnología de producción en general y bajo riego en particular sobre la calidad de tan importante recurso natural, es una actividad considerada con especial énfasis. Así mismo, el estudio del ciclo hidrológico en sistemas forestales o el desarrollo de métodos de determinación de agua en el suelo a fines de poder brindar a los productores información que les permita una aplicación más controlada y eficiente del riego, son acciones que apuntan a una mejor preservación del recurso agua.

Herramientas modernas tales como los sistemas de información geográfica (GIS), los modelos de simulación y sistemas expertos y la telepercepción remota principalmente a través de satélites, integran fuertemente la base metodológica de los estudios e investigaciones que el equipo interdisciplinario realiza y promueve.

¹ GRAS, INIA La Estanzuela, Ruta 50 km 11, Colonia. Casilla de Correo 39173, Colonia, 70000 Colonia, Uruguay, América del Sur. Teléfonos: 0520 4411/12/13 Fax: 052 24061
email: lasat@le.inia.org.uy internet: www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/

Disciplinas emergentes tales como la economía ecológica, la valoración y evaluación económica de los impactos ambientales y la agricultura de precisión, son también fuertemente priorizadas y motivo de capacitación y desarrollo por parte de los integrantes del GRAS.

En todos sus proyectos y acciones en general, una estrategia clave utilizada por el Grupo es la realización de convenios y alianzas estratégicas con instituciones de excelencia reconocida a nivel mundial. Entre ellas, cabe mencionar por ejemplo el International Fertilizer Development Center (IFDC) con el cual se está desarrollando, entre otras cosas, un Sistema de Información y Soporte para la Toma de Decisiones (SISTD) en el sector agropecuario, integrando los resultados de la investigación con datos de suelos, de producción, de clima, de costos y precios, entre otras. Con el Instituto de Clima y Agua del INTA de Argentina y con el Goddard Institute de la NASA de los Estados Unidos, se está adquiriendo capacitación y calibrando y desarrollando la utilización y aplicaciones de herramientas e información satelital de última generación, así como el manejo de modelos de circulación atmosférica que permitan mejorar los pronósticos climáticos. La University of Georgia (UGA) y North Carolina State University (NCSU) de los Estados Unidos, están apoyando y asesorando en los estudios enfocados al recurso agua en sistemas de producción con rotaciones de cultivos y pasturas bajo riego y sistemas de producción forestales. Finalmente, cabe mencionar también a instituciones nacionales tales como la División de Suelos y Agua del MGAP, el IMFIA de la Facultad de Ingeniería y el Departamento de Meteorología de la Facultad de Ciencias y empresas privadas como COLONVADE S.A., con las cuales se está trabajando en forma conjunta o se las está apoyando en el desarrollo de alguna de las temáticas anteriormente mencionadas.

El GRAS tiene su sede principal en el INIA La Estanzuela y está integrado básicamente por:

Ing. Agr. MSc. Ricardo Romero, Fisiología Vegetal, Riego y Agua, Agroclimatología, Sensoreamiento Remoto; Ing. Agr. MSc. Jorge Sawchik, Manejo de Suelos y Cultivos, Riego y Agua, Agricultura de Precisión; Ing. Agr. MSc. Francisco Formoso, Fisiología Vegetal, Manejo de Especies Forrajeras; Ing. Agr. Alberto Fassio, Mejoramiento Genético, Manejo de Maíz y Girasol; Ing. Agr. MSc. Enrique Fernández, Economía Agrícola y Ambiental, Sistemas de Producción Agrícola-Ganaderos; Tec. Gr. Marcelo Schusselin, Manejo de Cultivos y Riego, Tec. Gr. José María Furest, Agroclimatología y Manejo WEB; Ing. Agr. MSc. Alejandro La Manna, Nutrición Animal y Sistemas de Producción Lecheros, Efectos Ambientales de la Producción Animal y Economía Ambiental; Ing. Agr. PhD Daniel Martino, Ciencias del Suelo y Ambientales y el Ing. Agr. MSc. Agustín Giménez, (Coordinador) Manejo de Empresas y Procesos de Desarrollo de Innovaciones y Tecnologías, Sistemas de Acceso y Manejo de Información.

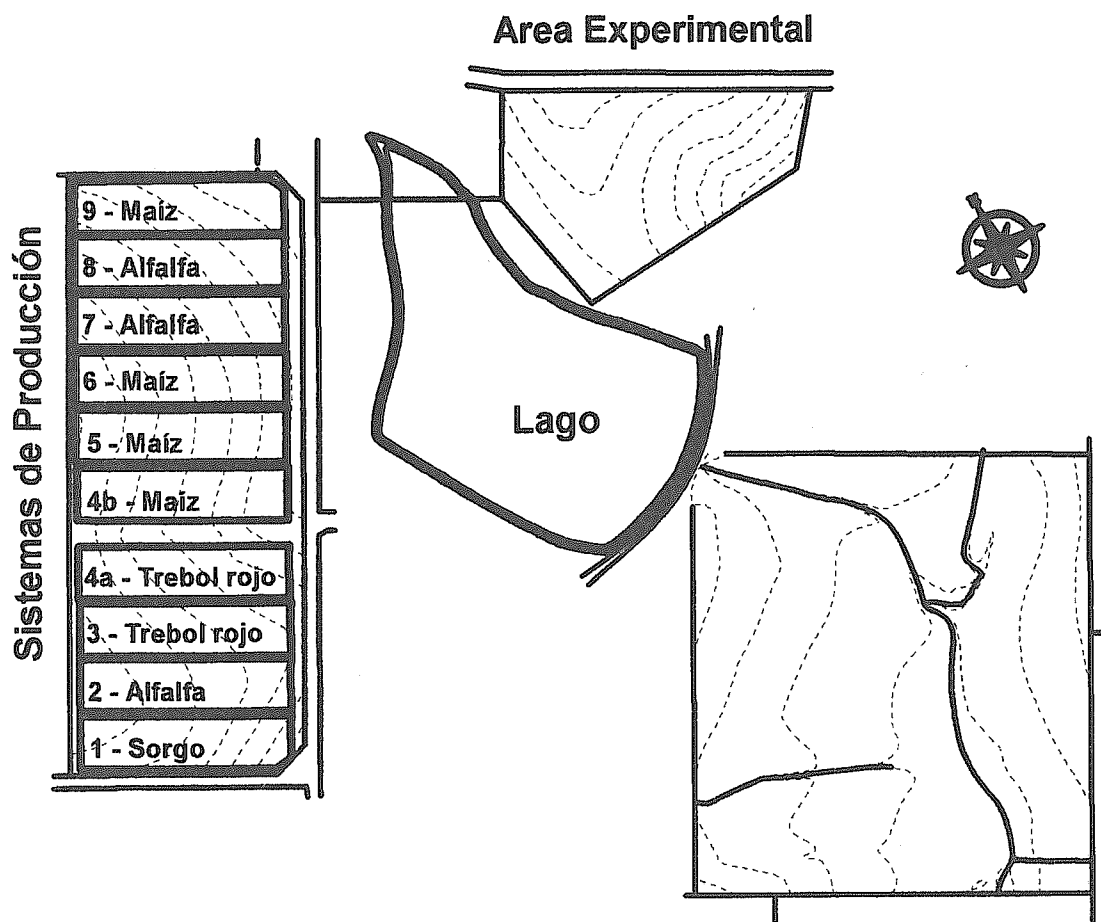
Así mismo, los siguientes técnicos del INIA son referentes del GRAS en distintas regiones del país:

Ing. Agr. MSc. Alvaro Otero en el INIA Salto Grande, Ing. Agr. PhD Gustavo Ferreira en el INIA Tacuarembó, Ing. Agr. MSc. Alvaro Roel en el INIA Treinta y Tres y el Ing. Agr. PhD. Alfredo Albin en el INIA Las Brujas.

Todo tipo de Información relativa al GRAS, Proyectos, Socios, Datos Agroclimatológicos, Pronósticos Climáticos, Información Satelital, etc, se puede encontrar en el sitio WEB:

www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/

Area bajo Riego - INIA La Estanzuela



GIS - Arcview

Parcela	Cultivo	Variedad	Fecha de Siembra	Lámina	Laboreo	Cultivo
				Riego (mm)		Anterior
1	SORGO	DA 38	30/11/00	50	Directa	RAIGRAS
2	ALFALFA 1 ^{er}	Chana	—		Conven.	MAIZ
3	TR. ROJO 2 ^o	LE 116	—	30	Conven.	TR. ROJO
4a	TR. ROJO 1 ^{er}	LE 116	—	40	Conven.	MAIZ
4b	MAIZ	DK 757	3/11/00	140	Min. Lab.	MAIZ
5	MAIZ	DK 705	19/10/00	140	Conven.	ALFALFA
6	MAIZ	DK 757	19/10/00	135	Conven.	TR. ROJO
7	ALFALFA 3 ^{er}	Crioula	—		Conven.	ALFALFA
8	ALFALFA 2 ^o	Crioula	—		Conven.	ALFALFA
9	MAIZ	DK 688	3/11/00	95	1/3 Dir. 2/3 M.L.	MAIZ



Inserción del riego en rotaciones de cultivos y pasturas

Jorge Sawchik¹
Francisco Formoso
Ricardo Romero

La rotación de cultivos y pasturas está ampliamente adoptada y justificada en los sistemas agrícola – ganaderos o lecheros intensivos del litoral y sur de nuestro país. El maíz es un componente clave de la rotación con diversos destinos: grano, silo de grano húmedo o silo de planta entera.

El Uruguay se caracteriza por presentar un clima de alta variabilidad con períodos de déficit hídrico a veces muy importantes durante los meses de verano. Esto trae como consecuencia una gran variación en los rendimientos del cultivo de maíz e introduce un componente de incertidumbre y riesgo a los sistemas de producción.

El uso del riego suplementario puede ser una buena herramienta para incrementar y asegurar los potenciales de rendimiento del cultivo de maíz y asociarlo al resto de los componentes de la rotación.

Para ello, es necesario armonizar los recursos naturales del predio, la gestión de la empresa y el manejo agronómico de los cultivos. Estas son condiciones necesarias para que la implementación del riego sea viable y exitosa.

El Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital (GRAS) viene desarrollando en el INIA La Estanzuela varias actividades de investigación y validación con el objetivo general de desarrollar sistemas de producción sustentables bajo riego y definir paquetes tecnológicos más adecuados para diferentes rubros.

En este contexto, se evalúan, a escala semi-comercial, diferentes secuencias de cultivos bajo riego, que tienen al maíz como componente principal, con inclusión o no de pasturas en la rotación y tendientes a la disminución o eliminación del laboreo.

¿ Cómo debemos manejar un cultivo de maíz bajo riego?

Si bien existe un paquete tecnológico adecuado para el logro de buenos rendimientos en seco, haremos énfasis en algunas prácticas a tener en cuenta cuando decidimos producir en un sistema con riego.

Epoca de siembra y población

Teniendo presente la gran variabilidad que presentan las precipitaciones de verano en nuestro país, las siembras de octubre y noviembre enfrentarían en promedio un menor contenido de agua disponible en el suelo en la etapa de floración y valores máximos de demanda atmosférica, por lo que requerirían mayores láminas brutas de riego que las siembras tempranas.

¹ Ing. Agrs. (MSc.), Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital (GRAS), INIA La Estanzuela.

Si se pretende optimizar al máximo un equipo o estructura de riego es conveniente combinar las variables época de siembra y ciclo del cultivar, de manera de no juntar las demandas máximas de riego (30 días alrededor de la floración) en un solo momento. Un ejemplo de esto sería la siembra de una parte del área en setiembre con un cultivar de ciclo corto y la otra parte con un material de ciclo medio en el mes de octubre.

De los cultivos de verano comúnmente utilizados, el maíz es el más sensible a los cambios en la población de plantas. Para nuestras condiciones, Fassio (datos sin publicar), determinó los potenciales máximos de rendimiento en condiciones de buena disponibilidad de agua con poblaciones mayores a 70.000 plantas/ha a cosecha en materiales de ciclo corto y medio.

Manejo de nutrientes

El diagnóstico y manejo correcto de los nutrientes resulta fundamental para el logro de altos potenciales de rendimiento en el cultivo de maíz. Para la toma de decisiones, es importante basarse en los indicadores de disponibilidad en suelo o planta como herramientas de diagnóstico.

Para el caso particular del nitrógeno (N), el uso de la concentración de nitratos en el suelo a la siembra y al estado V6-V8 (6 a 8 hojas) es un buen predictor de la probabilidad de respuesta al agregado de N.

En este experimento de Rotaciones bajo riego y en dos años, con maíces de alto potencial de rendimiento, no se encontró respuesta al agregado de N con valores > a 30 ppm de nitratos en el suelo al estado V6. La alta capacidad de aporte de N de nuestros suelos, debido a la inclusión de pasturas, junto con altas temperaturas y el mantenimiento de condiciones óptimas de humedad son una buena explicación para estos resultados.

En el caso del Fósforo (P), para maíces de alto potencial deberíamos lograr niveles mayores a 15 ppm de P asimilable (Bray 1).

No se detectó respuesta en rendimiento al agregado de potasio (K) al estado V6, en suelos con un contenido de K intercambiable mayor a 0.6 meq/100 g, valor éste superior al crítico. Sin embargo, la rotación de maíces de alto potencial con destino a silo con pasturas para corte determina remociones importantes de este nutriente.

Para tener una idea de la cantidad de nutrientes retirados por el cultivo, podemos decir que un maíz cortado para silo con un potencial alto (20 ton MS/ha), remueve 260, 58 y 300 kg/ha de N, P y K respectivamente.

Otro nutriente a considerar para la nutrición del cultivo de maíz es el azufre (S). Un relevamiento del estado nutricional del cultivo de maíz en condiciones comerciales y para un año húmedo determinó que un 70 % de las chacras de la cuenca lechera del sur estaban en un nivel sub-óptimo de contenido de S en planta (Morón y Baethgen, 1996).

La dinámica de este nutriente es similar a la del N, pudiendo sufrir pérdidas importantes por lavado en años de altas precipitaciones como las que ocurrieron en este relevamiento. El indicador de disponibilidad en el suelo que se puede utilizar para establecer deficiencias es el S disponible como sulfatos. Aunque no hay datos nacionales al respecto, se considera un valor de

10 ppm de S como sulfato como valor crítico. En este caso el agregado de pequeñas cantidades de S, entre 15-20 kg/ha, serían suficientes.

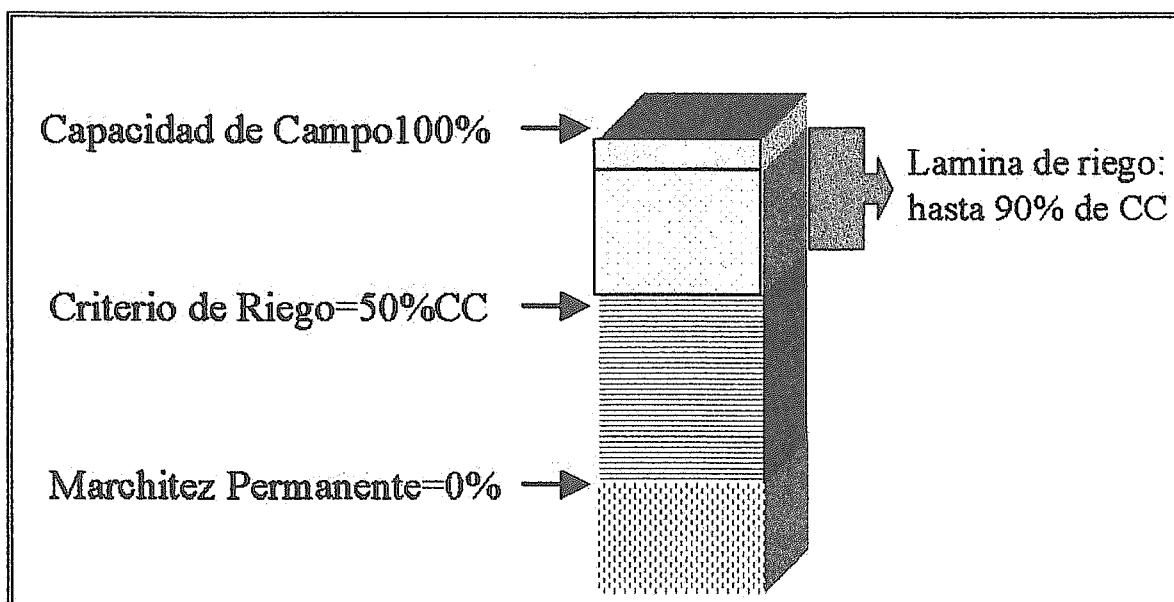
De los micronutrientes, el Zinc (Zn) es el que puede limitar en mayor medida el rendimiento del maíz. Giménez y García (1999) encontraron en condiciones de riego y en una zona con valores de Zn en suelo y planta deficientes, respuesta al agregado de este nutriente en aplicaciones foliares.

Manejo del riego

Para utilizar en forma eficiente el agua de riego debemos manejar algunas variables. En primer lugar conocer el agua disponible que puede almacenar el suelo. Esto puede estimarse indirectamente conociendo la textura y materia orgánica del suelo (Silva et al., 1988). Así, por ejemplo, un suelo franco de 40 cm de profundidad, puede almacenar unos 70 mm de agua disponible.

Por otra parte debemos fijarnos un % de agotamiento de esa agua disponible, antes de iniciar el riego, que variará según el cultivo y su estado de desarrollo. Para este ejemplo tomaremos un 50 %. El cálculo de la lámina de riego se realiza considerando un aporte correspondiente a reponer hasta un 90% de la capacidad de campo de ese suelo. Por lo tanto en cada riego aplicaremos una lámina neta de 30 mm. En la figura 1 se ejemplifica el criterio de riego utilizado para el cultivo de maíz.

Figura 1: Diagrama de utilización de agua del suelo y criterio de riego aplicado en sistemas de producción agrícola-ganaderos.



Finalmente debemos conocer cual es el valor de evapotranspiración diaria que es función de factores climáticos (temperatura, viento, radiación, humedad relativa) y del cultivo (estado de desarrollo). Cardellino y Baethgen (2000) determinaron que los valores de evapotranspiración potencial máxima se ubican en el entorno de los 6 mm/día.

Los valores diarios de demanda de agua para las Estaciones Experimentales del INIA pueden obtenerse en la página WEB del GRAS (www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/ seleccionando "Información para riego"

Con este manejo del agua, para materiales de ciclo medio, en dos zafra contrastantes (98/99 y 99/00) se obtuvieron rendimientos de 12.6 y 11.4 ton/ha de grano y 24.7 y 22.7 ton MS/ha en los maíces para silo respectivamente. Las láminas netas aplicadas fueron de 90 mm para la zafra 98/99 y 280 mm para el año seco (99/00). Con la aplicación de estas láminas se logró mantener un 80 % de agua disponible en promedio durante la estación de crecimiento.

Romero (datos sin publicar), en un experimento paralelo realizado en La Estanzuela que estudió la aplicación de diferentes regímenes hídricos al cultivo de maíz, encontró respuestas en rendimiento al riego aún en un año de altas precipitaciones como el 98/99 con una eficiencia de uso del agua de riego de 18 kg. de grano/mm aplicado. Estas eficiencias están en el rango medio encontrado por varios autores para el cultivo de maíz.

En el cuadro 1 se presentan los valores normales y extremos de precipitación, % de agua disponible en el suelo y necesidades netas de riego para la serie histórica de datos climáticos de INIA La Estanzuela.

Cuadro 1. Valores de precipitación, % de agua disponible y necesidades netas de riego (normales y extremos).

Epoca de siembra		Precipitación (mm)	% Agua disponible	Lamina neta de riego (mm)
20 de setiembre	Valor normal	375	70	80
	(Mín - Máx)	175 - 650	30 - 100	280 - 0
30 de octubre	Valor normal	330	50	140
	(Mín - Máx)	200 - 580	25 - 85	300 - 50

Una de las alternativas que ofrece la posibilidad de utilizar el riego es la realización de dos cultivos de verano de bajo riesgo en la misma estación de crecimiento. En este experimento de Rotaciones, en el tratamiento de cultivo continuo, se evaluó, el comportamiento de un doble cultivo de maíz (de ciclo corto) con siembra directa. Con este manejo, se obtuvieron rendimientos acumulados de 33 ton MS/ha de silo, con la ventaja de que los requerimientos de riego del 2º maíz son menores a los de una siembra normal.

Componente pasturas – producción de forraje

El riego de pasturas con destino a forraje representa un componente marginal dentro de un sistema en el cual el maíz es el rubro con mayor retorno esperado.

Desde el año 1997 se han conducido diversos experimentos que tienen como objetivo la definición de umbrales de riego óptimos para distintas leguminosas, los potenciales de

rendimiento de forraje alcanzables y el conocimiento de la capacidad de exploración radicular de las diferentes especies.

Tomaremos a manera de ilustración, años con regímenes hídricos contrastantes (97/98 como húmedo y 99/00 como muy seco).

En un año húmedo, la única especie que respondió al riego fue el Trébol rojo cv. E116 (de 1er año). El riego incrementó la producción primavera-estival en un 20 % con respecto al testigo, manejando un agotamiento del agua disponible de un 60 % en un perfil de 40 cm. Los períodos de déficit hídrico fueron escasos y de corta duración y aún en ese caso el agua disponible fue de un 20 a 30 % en promedio en el tratamiento bajo secano.

En el caso de Alfalfa cv. Crioula, especie con una capacidad de exploración radicular en profundidad mayor que el trébol rojo, no hubo diferencias significativas en producción de forraje con respecto al secano. En este caso el riego además aumentó significativamente el porcentaje de plantas afectadas por podredumbre húmeda de la raíz causada por *Phytophthora*. Similares tendencias fueron observadas en lotus.

En un año que puede caracterizarse como de máxima demanda de agua (1999/2000), se determinaron las respuestas en producción de forraje al riego en pasturas de 2º año de Trébol rojo cv. INIA Mizar, Alfalfa cv. Crioula, Lotus cv. INIA Draco y Festuca cv. Tacuabé.

La respuesta al riego se relacionó estrechamente con la capacidad de exploración radicular de cada especie. Trébol rojo y festuca, de sistemas radiculares más superficiales al menos triplicaron los rendimientos de forraje en el período considerado.

En el caso del lotus, su raíz pivotante es importante para la persistencia de la especie aún en condiciones muy secas y eso explica en parte su buena adaptación a ambientes como el de nuestra región. Salvo condiciones de sequía severa, la consideración de esta especie en sistemas bajo riego sería totalmente marginal.

La alfalfa incrementó en un 70 % la producción de forraje con respecto al secano. La mayor respuesta al riego ocurrió en enero, con tasas de crecimiento de 120 kg de MS/ha/día. En este caso se obtuvieron eficiencias de 35 kg de MS/mm aplicado. El tratamiento de alfalfa en secano, rindió más que los tratamientos regados de las otras especies lo que refuerza su importancia en los esquemas forrajeros intensivos. Cabe acotar sin embargo, que no son estrictamente comparables los datos de producción de trébol rojo con las demás especies, ya que el pico de producción de ésta generalmente se da en el primer año.

En el caso de la alfalfa, existe la posibilidad debido a su ciclo más estival, de potenciar la producción de forraje con el riego logrando cortes valiosos en diciembre - enero. En esta especie y dada su flexibilidad, es posible dimensionar áreas más grandes en sistemas bajo riego debido a su buena resistencia al estrés hídrico. Cabe recordar que el mantenimiento de valores muy altos de agua disponible en esta especie puede incidir en la aparición de enfermedades de raíz y corona.

A los efectos del riego, debería tenderse a explotar los períodos en los cuales estas especies presentan sus mayores tasas de crecimiento. Esta sería una forma de armonizar la existencia de cultivos de alta demanda como el maíz, con áreas consideradas marginales para el riego como las pasturas.

Componente pasturas – producción de semilla

El uso del riego en leguminosas forrajeras con destino a semilla puede ser una alternativa interesante como rubro complementario al cultivo de maíz. Sin embargo es necesario conocer el comportamiento diferencial de las especies a la aplicación del riego.

Como norma general podemos decir que las necesidades de agua para producir semilla son menores que para forraje. Por otro lado buscaremos maximizar el cociente kg de semilla/kg de forraje, o sea debemos producir el forraje mínimo imprescindible para maximizar el rendimiento de semilla.

Alfalfa, lotus y trébol blanco presentan plantas y tallos de crecimiento indeterminado. Por lo tanto en condiciones sin restricción de agua, pueden aumentar excesivamente la producción de forraje en detrimento de la producción de semilla. Es necesario entonces cierto nivel de estrés hídrico durante la fase reproductiva, para maximizar la producción de semilla.

Con el objetivo de determinar el manejo correcto del agua desde el año 1997 se llevan a cabo experimentos en INIA La Estanzuela en Alfalfa cv Crioula y Lotus cv INIA Draco. Para el caso de alfalfa, la concreción de altos rendimientos de semilla se obtuvo manteniendo durante el período de floración contenidos de agua disponible en el suelo menores al 10 % considerando un perfil para la lámina de reposición de 40 cm.

En el caso de lotus con un número menor de experimentos, se sugiere a manera orientativa y preliminar, mantener un contenido de agua disponible del 40 –50 % del valor de capacidad de campo.

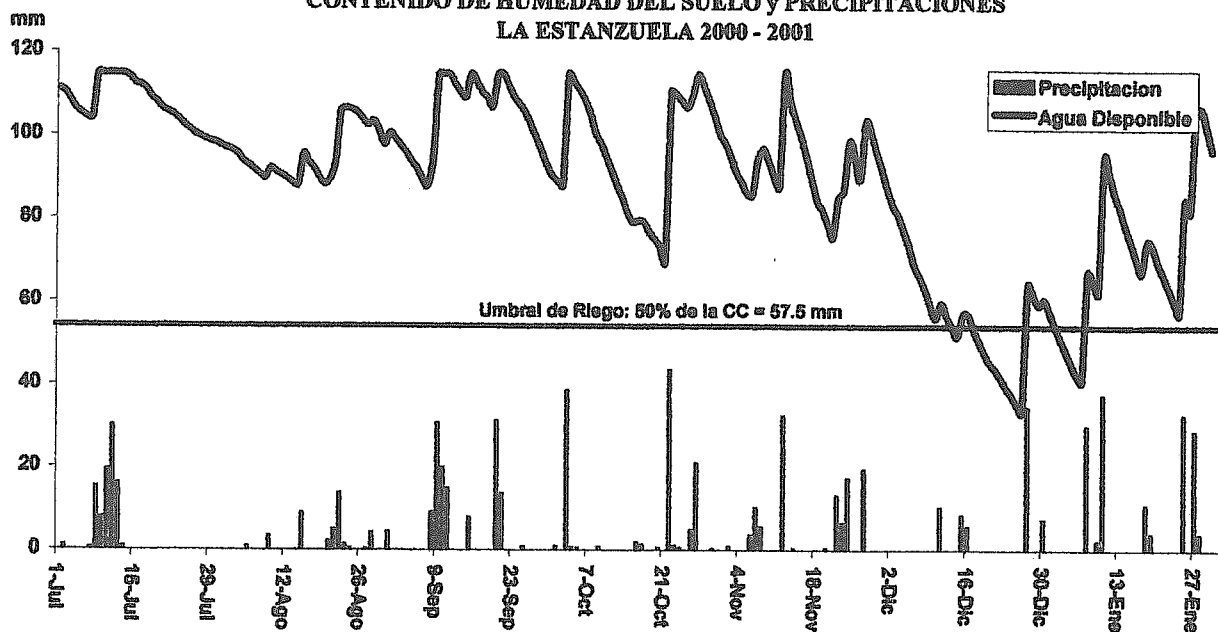
Como contraste, el trébol rojo presenta algunos atributos interesantes en términos de potencial de producción de semilla bajo riego. Presenta tallos de crecimiento determinado (pueden desarrollar una cabezuela en el ápice de cada tallo). Es además mucho más tolerante a contenidos de agua en el suelo altos. Por otro lado, tiene mayores probabilidades de obtención de segunda cosecha (con un apropiado manejo del semillero).

Los experimentos llevados a cabo por INIA La Estanzuela en años con regímenes hídricos contrastantes. En las zafra 97/98 y 98/99 los tratamientos de riego y secano no difirieron estadísticamente. En condiciones de sequía durante la primavera y el verano (zafra 99/00), el riego aplicado enseguida de la 1er cosecha promovió un rebrote rápido de las plantas que fue imprescindible para el logro de una 2ª cosecha con retorno económico.

Por otra parte el riego promovió aumentos significativos en la producción de cabezuelas, especialmente de origen axilar y en los rendimientos de semilla.

En general los rendimientos de semilla mayores y bajos se registraron con niveles promedio de agua disponible entre inicio del rebrote y pico de floración del orden de 60 % o más y menos de 25 % respectivamente.

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO y PRECIPITACIONES
LA ESTANZUELA 2000 - 2001**



**EVAPOTRANSPIRACION PENMAN Y TRANSPIRACION
LA ESTANZUELA 2000 - 2001**

