

Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

U R U G U A Y

TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE CULTIVOS Y PASTURAS BAJO RIEGO

2000

Serie Actividades
de Difusión N° 227

 LA ESTANZUELA



INIA La Estanzuela

**Jornada de Cultivos de Verano
3 de Agosto de 2000**

**“Tecnología de Producción
de Cultivos y Pasturas Bajo Riego”**

Programa Nacional de Cereales de Verano y Oleaginosas

CONTENIDO

	Página
ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS PARA EL MANEJO DEL RIEGO <i>JORGE SAWCHIK - INIA</i>	1
NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO EN MAIZ <i>RICARDO ROMERO - INIA</i>	7
INSERCIÓN DEL RIEGO EN ROTACIONES DE CULTIVOS Y PASTURAS <i>JORGE SAWCHIK, FRANCISCO FORMOSO - INIA</i>	13
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS FORRAJERAS CON RIEGO <i>FRANCISCO FORMOSO, JORGE SAWCHIK - INIA</i>	27
ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE SISTEMAS DE RIEGO PARA MAIZ: ESTUDIO DE CASOS Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS <i>GUILLERMO CARDELLINO - PRENADER</i> <i>WALTER BAETHGEN - IFDC</i>	47
PERSPECTIVAS DE MERCADOS PARA LOS CULTIVOS DE VERANO OLEAGINOSOS <i>GONZALO SOUTO, MARIA METHOL - OPYPA - MGAP</i>	57
RESUMEN DEL PROYECTO - INTENSIFICACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL LITORAL SUR DEL URUGUAY MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL RIEGO <i>GRAS - INIA</i>	69

Algunos conceptos básicos para el manejo del riego

Jorge Sawchik*

El uso de la tecnología del riego implica el conocimiento de algunos parámetros básicos del suelo y el cultivo fundamentales para lograr un uso eficiente del agua aplicada. El objetivo del presente artículo pretende revisar algunos conceptos básicos sobre estos parámetros y como estimarlos o calcularlos con las herramientas que hoy tenemos disponibles. El conocimiento de estos parámetros es de utilidad para el manejo de cultivos bajo secano o riego indistintamente.

Parámetros del suelo

El suelo está constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida se compone de partículas minerales y de materia orgánica. El espacio no ocupado por la fase sólida constituye los poros del suelo. Estos están normalmente ocupados por agua y aire en proporciones variables según el contenido de humedad del suelo. El contenido de agua de un suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas pero además otras propiedades del suelo como por ejemplo: consistencia, plasticidad, compactación y resistencia a la penetración entre otras.

Contenido de agua de un suelo

El contenido de agua de un suelo puede expresarse de diferentes formas:

Humedad en base a peso:

$$\% H (\text{peso}) = (PH - PS) / PS * 100 \quad (1)$$

Donde % H (peso) es el contenido de agua en base a peso expresada como porcentaje, y PH y PS (g) representan el peso del suelo húmedo y seco respectivamente. El peso seco se determina luego de secar la muestra en estufa por 24 horas a 105°C. También puede utilizarse para su determinación el horno de microondas.

Otra forma de expresar el contenido de agua es en base a volumen y para ello debemos conocer la densidad aparente que es el cociente entre el peso seco de la muestra de suelo y su volumen. Como esta medida es difícil de determinar a nivel de campo, a manera de guía se presentan valores de densidad aparente para diferentes situaciones: suelo recién laboreado, 0.95 – 1.05 gr/cm³, suelos bajo pastura 1.25 gr/cm³, suelos compactados 1.4 gr/cm³.

Humedad en base a volumen

$$\% H (\text{volumen}) = \% H (\text{peso}) * D. \text{ aparente} \quad (2)$$

En la práctica como las láminas de riego, la precipitación y la evapotranspiración son medidas en mm, es conveniente el uso de esta misma unidad para expresar el contenido de agua de un suelo. Para ello podemos decir que:

* Ing. Agr., MSc., Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital , INIA La Estanzuela

$$mm \text{ de agua} = (\% H \text{ (peso)} * D. \text{ aparente} * Profundidad \text{ (cm)})/10 \text{ (3)}$$

Siendo en este caso la profundidad, el espesor del horizonte de suelo considerado.

Cabe acotar que a nivel de investigación, se dispone de otros métodos que estiman el contenido de agua de un suelo con sus debidas calibraciones; por ejemplo la sonda de neutrones, el TDR (Time Domain Reflectometry) de los cuales no brindaremos detalles en este artículo.

Almacenaje de agua de los suelos

En general, no toda el agua del suelo está disponible para las plantas. Es por ello que se introduce aquí el concepto de agua disponible (AD) de un suelo. Se define AD como la diferencia entre el contenido de agua de un suelo a capacidad de campo (CC) y el contenido de agua en el punto de marchitez permanente (PMP).

$$AD = CC - PMP \text{ (4)}$$

Si bien existe una amplia discusión sobre la validez de estos parámetros siguen siendo utilizados como medidas prácticas para el cálculo de la AD.

La CC se define como el contenido de agua de un suelo de un suelo inicialmente saturado luego de que el agua gravitacional ha drenado. Este parámetro puede determinarse en el laboratorio, o en el campo por el método de humedecimiento natural o inferirse a través de otras propiedades del suelo como la granulometría y la materia orgánica. El PMP sería el límite inferior de disponibilidad de agua en el suelo y también puede determinarse con métodos de laboratorio similares a la CC, o mediante ecuaciones que utilizan otras propiedades del suelo.

A manera de guía en el cuadro 1 se presentan los valores promedio de CC, PMP y AD para suelos de diferente textura.

Cuadro 1. Valores promedio y rango de CC, PMP y AD (expresados como % en peso) para suelos de diferente textura (adaptado de Israelsen y Hansen, 1979).

Textura del suelo	Capacidad de campo (CC)	Punto de marchitez permanente (PMP)	Agua disponible (AD)
Arenoso	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)
Franco	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)
Franco - Arcilloso	27 (23 - 31)	14 (12 - 16)	13 (11 - 15)
Arcilloso	36 (31 - 39)	18 (16 - 20)	18 (15 - 19)

Si se quieren utilizar valores más precisos, para nuestros suelos, Silva et. al, (1988) han estimado estos parámetros para diferentes suelos. Algunas ecuaciones ajustadas se presentan a continuación:

Para horizontes A de textura media a pesada estos autores encontraron que:

$$CC = 21.977 - 0.681 * (\% \text{ arena}) + 2.601 * (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.127 * (\% \text{ arcilla})$$

Para el caso de los suelos arenosos:

$$CC = 8.658 + 2.571 * (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.296 * (\% \text{ Limo})$$

Estos mismos autores ajustaron las siguientes ecuaciones para el cálculo del PMP en horizontes A.

$$PMP = -2.177 + 0.393 * (\% \text{ arcilla}) + 1.206 (\% \text{ Materia orgánica})$$

Otra manera de estimar el CMP es dividiendo el contenido de agua a CC por 1.7 o 2 para suelos arcillosos o arenosos respectivamente.

Así mediante análisis fáciles de realizar en el laboratorio (como la textura y la materia orgánica), el técnico asesor puede tener una información más precisa de la capacidad de almacenaje de un suelo. Esquemáticamente podremos ahora referirnos al valor de CC como aquel donde tenemos un 100 % de agua disponible y al PMP donde $AD = 0$ %. Este sería el rango de disponibilidad de agua que tenemos para el manejo de los cultivos en secano o bajo riego.

Fácilmente utilizando los valores presentados en el cuadro 1 o utilizando las ecuaciones recién descriptas uno podría estimar utilizando las ecuaciones 3 y 4 el AD expresada en mm para la profundidad de suelo deseada.

Para ilustrar esto pongamos un ejemplo:

Horizonte A de textura franca (0 - 20 cm de profundidad): CC = 24 % en peso, CMP = 10 % en peso, densidad aparente = 1.25 gr/cm³

Horizonte B de textura arcillosa (20 - 40 cm de profundidad): CC = 31% en peso, CMP = 16% en peso, densidad aparente = 1.4 gr/cm³

AD para horizonte A: $((24-10) * 1.25 * 20) / 10 = 35$ mm

AD para horizonte B: $((31-16) * 1.4 * 20) / 10 = 42$ mm

AD acumulada = 35 + 42 = 77 mm en 40 cm de profundidad.

Existe una gran variación en la cantidad de AD para los suelos del Uruguay. Alvarez et al. (1989) estimaron la capacidad de almacenaje de agua para las Unidades 1:1.000.000 teniendo en cuenta la morfología de los suelos y la probable profundidad de arraigamiento. Para suelos de La Estanzuela, Burgos y Corsi (1967), estimaron una capacidad de almacenaje de 115 mm para 60 cm de profundidad.

Cabe realizar aquí algunas consideraciones: el AD para el cultivo va a depender de su profundidad de arraigamiento. Para ello tendremos que tener en cuenta donde se acumula el mayor % de raíces y hasta que profundidad la exploración es significativa. Por ejemplo, si queremos regar trébol blanco, con un sistema radicular superficial, consideraríamos solamente los 20 primeros cm de profundidad para el cálculo de la AD. En el caso de maíz, la exploración radicular puede llegar a más de 1 m de profundidad, pero a los efectos prácticos tomamos una profundidad efectiva de 40-50 cm en el período de floración.

El agua no está en las mismas condiciones de disponibilidad para la planta en el intervalo que definimos entre 0 y 100 % de AD. La curva de retención de agua de un suelo es la relación entre el contenido de agua y el potencial de matriz (que es generado por diferentes mecanismos de retención). Cuanto más seco está el suelo, el potencial de matriz es mayor, el agua está retenida con más fuerza. Así por ejemplo en un suelo arcilloso la CC se determina a un potencial de 0.1 bar, mientras que en el PMP la determinación se realiza a 15 bar de presión. Esta curva de retención de agua varía para suelos de diferente textura y está además afectada por la estructura. Un proyecto de riego bien diseñado debería contar con esta información.

De acuerdo a esto cabe definir aquí el término umbral de riego, como el potencial de agua en el suelo al cual se aplica la lámina de riego. Este dependerá de factores de cultivo

(grado de sensibilidad al estrés hídrico), de suelo (textura, conductividad hidráulica), y demanda atmosférica. Como a nivel práctico es difícil obtener la curva de retención de agua de un suelo curva expresamos los umbrales en términos de % de AD.

Para cultivos extensivos como por ej. Maíz se puede considerar un umbral de riego de 50 % como apropiado. Si tomamos el suelo del ejemplo anterior y deseamos conocer la lámina de riego a reponer tenemos que:

AD (40 cm) = 77 mm

Dejamos agotar el agua disponible un 50 %, por lo tanto la lámina neta de reposición será de 38 mm

Demanda de agua de los cultivos

La evapotranspiración de un cultivo es el proceso por el cual el agua es transferida desde el suelo hacia la atmósfera, e incluye los términos evaporación desde el suelo o la planta y transpiración desde la planta. Está influenciada por diversos factores climáticos como radiación, humedad relativa, temperatura y viento; factores de suelo como la disponibilidad de agua y factores de cultivo como tipo y estado fenológico del cultivo.

Podemos caracterizar la demanda de la atmósfera con el término ET_0 (Evapotranspiración del cultivo de referencia). Existen métodos para medir directa e indirectamente esta propiedad. En nuestro país, el método de Penman, y el tanque clase A son los más comunes. El valor de ET de tanque A debe ser corregido por coeficientes de tanque que varía mensualmente. Las Estaciones Experimentales de INIA tienen disponible diariamente los valores para ambos métodos, mientras que las estaciones agrometeorológicas de la Dirección Nacional de Meteorología toman los datos de tanque A. El acceso diario a estos datos sería muy aconsejable a los efectos de programar el riego.

La evapotranspiración del cultivo se calcula como:

$$Etc = Eto * Kc$$

Definiendo el Kc como el coeficiente del cultivo. Este varía con el desarrollo del cultivo, pero también depende de si estamos ante una alta o baja disponibilidad de agua en el suelo. Existen varias fuentes para tomar los datos de Kc de los cultivos. Los más utilizados son los publicados por FAO, aunque los trabajos de INIA La Estanzuela tratan de obtener los valores más apropiados para nuestras condiciones.

Tomemos como ejemplo el caso del maíz.

En base a Doorembos y Pruitt (1976) citados por Agorio et al, (1988) podemos definir 4 fases:
Inicial: desde la siembra hasta un 10 % de cobertura por el cultivo donde podemos tomar un valor de 0.4

Intermedio: se computa hasta que el cultivo cubre completamente el suelo hasta el máximo en forma ascendente

Máximo: el máximo se toma entre 1.1 y 1.2 y ocurre en el período de máxima demanda del cultivo alrededor de floración.

Final: en general es la etapa donde ya no se realizan riegos y toma un valor entre 0.55 y 0.6.

Con estos valores podemos estimar los Kc diarios y estimar con datos también diarios de Eto , los valores Etc .

Si seguimos el ejemplo del suelo anterior, y queremos determinar la frecuencia de riego en el período de demanda pico, tendremos que:

La lámina neta de reposición calculada era de 38 mm. Si consideramos un maíz en floración con un Kc de 1.2 y un valor promedio de Eto de 6.5 mm/día, podremos calcular el intervalo entre riegos como:

Lámina neta a reponer/(Eto * Kc) o sea $38 / (6.5 * 1.2) = 4.8$ días de intervalo entre riegos.

Para la programación diaria del riego podemos basarnos en diferentes métodos: balance hídrico, indicadores de suelo, indicadores de planta. El más práctico es el método de balance hídrico. Para ello debemos conocer los parámetros del suelo ya expuestos, los registros diarios de precipitación y la evapotranspiración diaria del cultivo (utilizando los valores de Kc mencionados). Podremos corregir además este balance con medidas ocasionales de agua en el suelo.

Las otras medidas utilizables para programación del riego son de difícil transferencia para el uso a nivel comercial y son usadas a nivel de investigación.

Referencias:

Alvarez, C.; Cayssials, R.; Molfino J.H. 1989. Estimación del almacenaje de agua en las tierras de Uruguay p 63 – 75.

Agorio, C.; Cardellino, G.; Corsi, W.; Franco, J. 1988. Estimación de las necesidades de riego en Uruguay. I. Magnitud y frecuencia de la lámina neta total. MGAP, Dirección General de Recursos Naturales renovables, División Uso y Manejo del Agua. 110 p.

Burgos, J.J.; Corsi, W. 1967. Constantes hidrológicas de dos suelos de pradera de Colonia. CIAAB, Boletín Técnico No.6 24 p.

Silva, A.; Ponce de León, J.; García F.; Durán, A. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía. Boletín de Investigación No. 10. 20 p.

NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO EN MAIZ

Ricardo Romero¹

Introducción

El maíz es el cultivo de verano de mayor demanda de agua del suelo. Su característica de cultivo tipo C4 determina que sea una de las especies de mayor eficiencia en el uso de agua. Esto hace que el cultivo sea extremadamente sensible a la cantidad y distribución de las precipitaciones durante la estación de crecimiento, siempre que el paquete tecnológico aplicado sea el adecuado para el cultivo (preparación de tierra, control de malezas, fertilización, etc.)

El clima de Uruguay se clasifica como de tipo templado sub-húmedo, con una distribución de precipitaciones mensual que oscila entre los 70 a 100 mm en valores normales. Sin embargo la distribución tanto espacial como temporal de las lluvias es altamente variable.

Para una adecuada caracterización de la disponibilidad de agua para el cultivo, resulta mas apropiado determinar la disponibilidad de agua en el suelo a la profundidad de exploración de las raíces. Para ello es necesario cuantificar el aporte al suelo y la demanda del cultivo por agua. El balance hídrico es la herramienta mas adecuada para ello. En base a las series históricas de registros de lluvia y demanda se puede cuantificar el estado "normal" de disponibilidad de agua para las plantas y su variación dentro y entre años.

En la Figura 1 se presenta la evolución anual del contenido medio de agua en un suelo tipo para el área de La Estanzuela durante el periodo 1965-1999. Los valores de agua disponible corresponden al cálculo del balance hídrico climatológico para la región, y permiten determinar una ventana de oportunidad para el uso del riego como suplemento del régimen de lluvia estival de octubre a marzo.

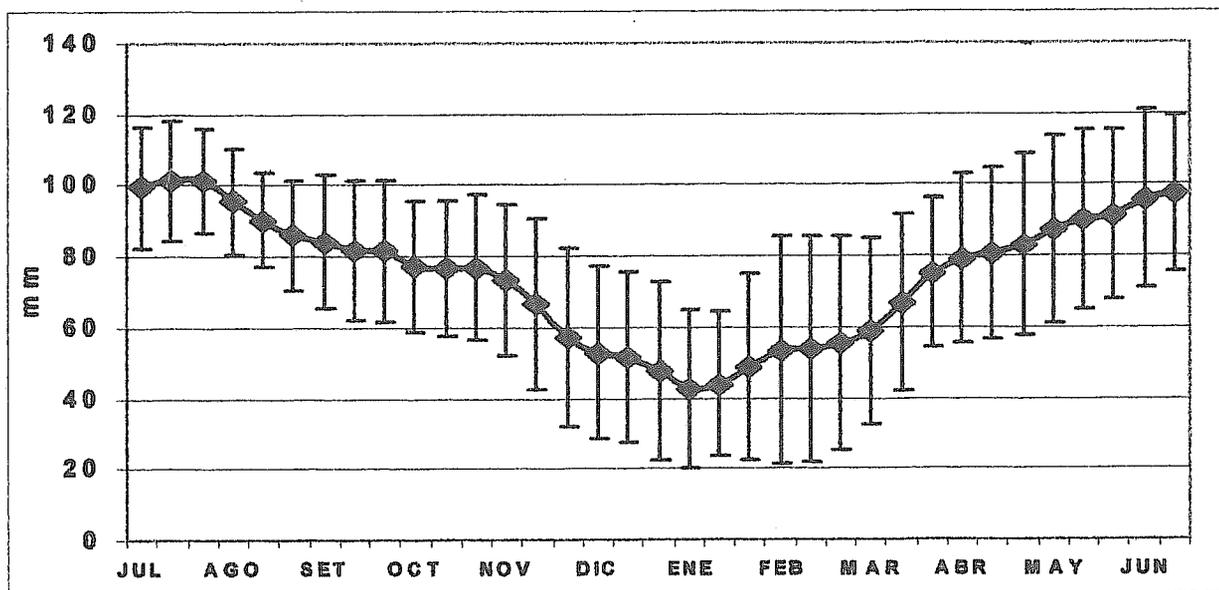


Figura 1: Evolución media del contenido de agua disponible (AD) de un suelo de 60 cm de profundidad y 115 mm de AD a capacidad de campo (CC). Las barras indican los valores de desviación standard típica (STD) correspondientes a cada valor.

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

Puede observarse que en términos medios, el contenido de agua en el suelo a partir del mes de octubre disminuye en forma casi lineal, con un mínimo de aproximadamente el 50% de la capacidad de campo (CC) durante el mes de enero, para luego comenzar una recuperación hacia marzo.

Por otro lado es extremadamente poco frecuente que la evolución en el contenido de agua disponible en un año en particular sea igual a la evolución climatológica. De hecho la variabilidad dentro y entre estaciones y años es muy elevada.

En la Figura 2 se comparan los valores de agua disponible registrados durante los años 1997-1998 y 1999-2000 con los valores normales esperados. Del análisis de las mismas surge que la disponibilidad de agua es extremadamente variable. Asimismo, aunque en general los totales de precipitación estival parecen ser adecuados para cultivos de verano (año 1997-1998), existen oportunidades en las que se producen déficits hídricos. Estos periodos pueden corresponder a ventanas de oportunidad para el uso estratégico del riego suplementario.

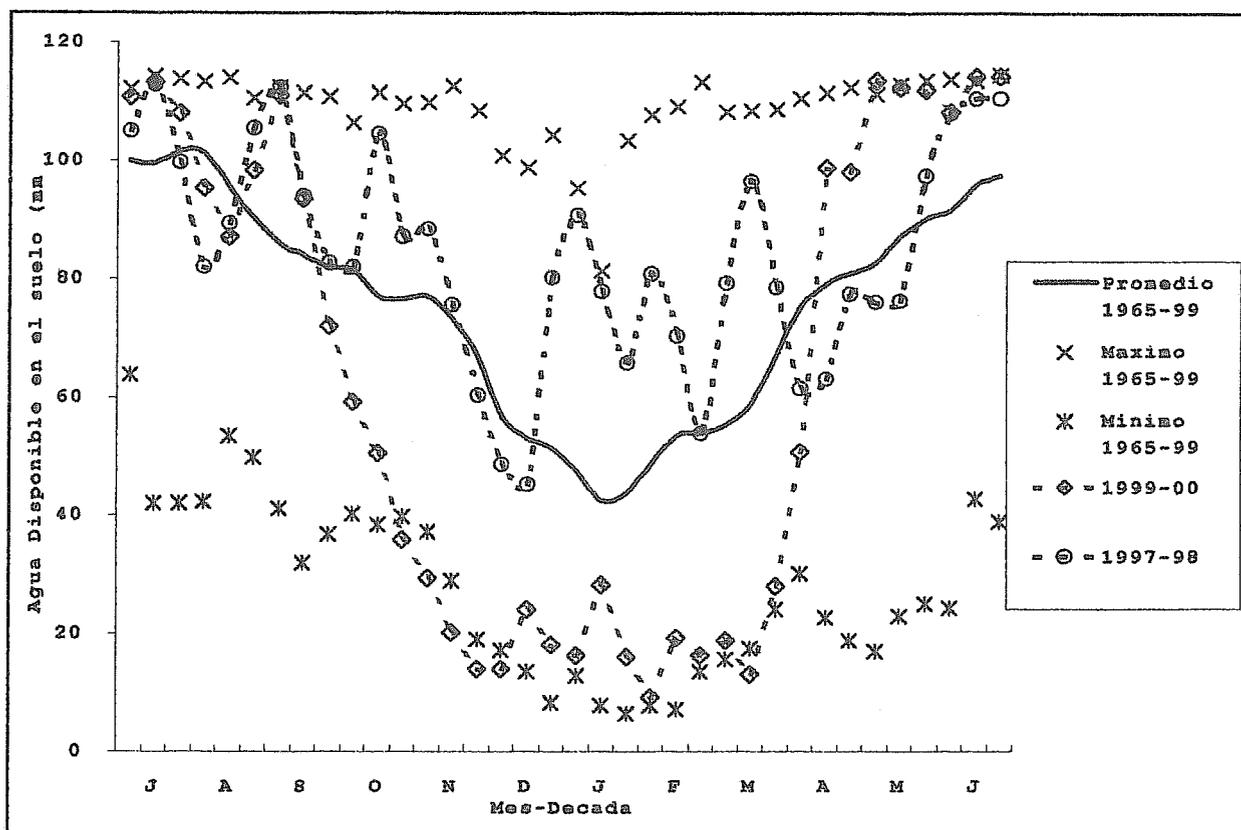


Figura 2: Variabilidad interanual observada en el contenido de AD en el suelo. La línea continua corresponde a la media aritmética de los valores registrados durante la serie 1965-2000; las X y asteriscos corresponden a los máximos y mínimos absolutos respectivamente, registrados durante la misma serie. Las líneas punteadas representan la evolución real observada durante los años 1997-1998 (círculos) y 1999-2000 (diamantes)

Es importante destacar que el uso estratégico del riego suplementario cuando el contenido de agua del suelo alcanza los valores críticos es una situación frecuente que ocurre cada año durante algún período de la estación de crecimiento. El riego debe ser considerado como una

tecnología que asegura un adecuado contenido hídrico a lo largo de toda la estación de crecimiento.

Resultado experimentales

Durante los veranos 1998-1999 y 1999-2000 se llevó a cabo un experimento de campo para determinar la respuesta en rendimiento del cultivo de maíz al contenido de agua del suelo. Para ello se utilizó un híbrido de ciclo corto (Pioneer 3572) sembrado en 2 épocas de siembra: 21 de setiembre y 31 de octubre. La variabilidad en el contenido de agua en el suelo se generó por medio de varias líneas de aspersores. Los tratamientos fueron regados utilizando el criterio de riego del 50% de agotamiento del agua disponible en el perfil de suelo explorado por las raíces.

Este experimento permitió ajustar un modelo de balance hídrico que requiere información climática: precipitación y evapotranspiración Penman o Tanque A; y las características hídricas del tipo de suelo: capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

En base a los resultados del modelo se estableció para el híbrido y épocas de siembra considerados una relación entre el porcentaje de agua disponible medio (como % de la CC) desde siembra a madurez fisiológica y el rendimiento final. Para las condiciones de este experimento se obtuvo (Figura 3) una respuesta media de 180 kg. de grano por cada unidad de aumento en el porcentaje de agua disponible del suelo. Vale decir que si mediante el riego suplementario se logra aumentar desde 40% (año seco) a 80% en el porcentaje de agua disponible (AD media a lo largo del cultivo dividido por la CC), se obtiene una respuesta en el rendimiento del orden de los 7200 kg./ha.

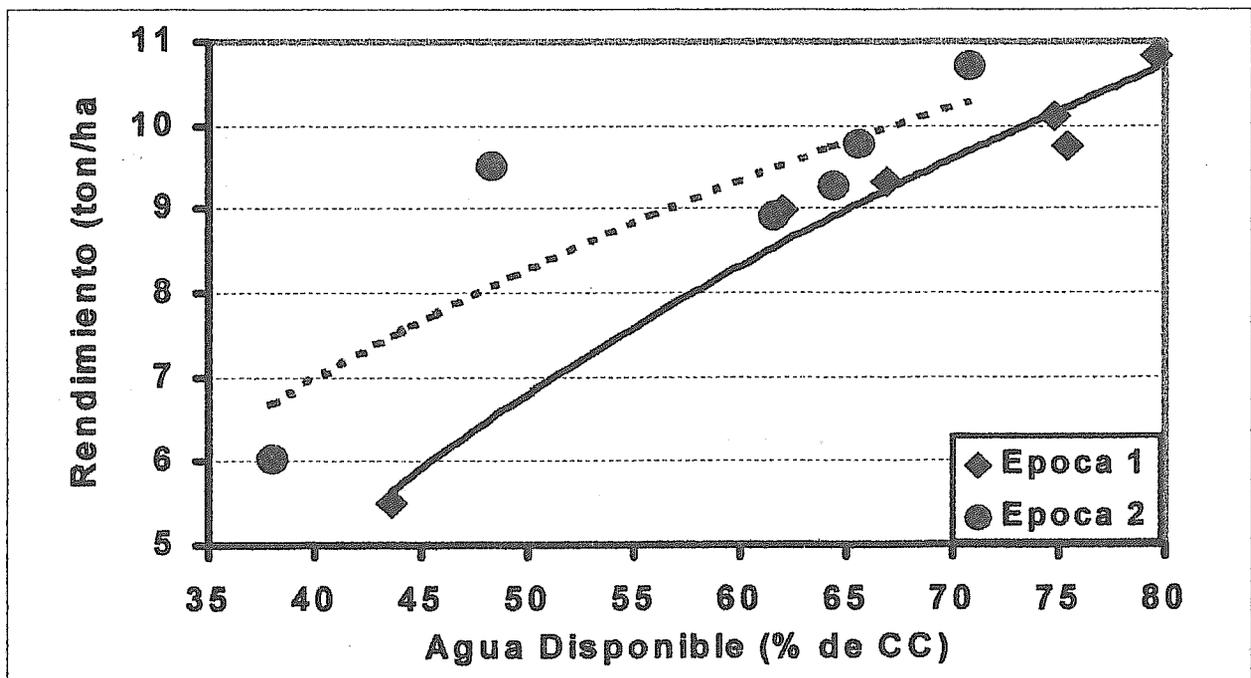


Figura 3: Rendimiento medio observado en función del contenido de AD como porcentaje de la CC del suelo. Las líneas corresponden a la tendencia en la respuesta para la época 1 (línea continua) y la época 2 (línea punteada)

Necesidades netas de agua de riego

En base a estos resultados, y utilizando la serie histórica de datos climáticos de INIA La Estanzuela (precipitación y evapotranspiración desde 1965 a 1999) se estimó la evolución diaria de agua disponible para el cultivo de maíz para cada uno de los 34 años de la serie. Esto permitió determinar no solo las características del estado hídrico del suelo para cada una de las zafras y época de siembra, sino también las necesidades de agua de riego para cada una de las mismas.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en base a esta simulación.

Cuadro 1: Estadísticas de precipitación, AD (%de CC) en seco, necesidades de agua de riego netas y AD (%de CC) con riego en base a la serie histórica de 1965 a 1999. Los valores normal, mínimos y máximos corresponden al percentil 50%, 0% y 100% respectivamente. La Eficiencia se estimó en base a la respuesta media en rendimiento dividido por los milímetros aplicados.

Epoca	Valor	Precipitación (mm)	Agua Disp. (%)	Riegos (mm)	Agua Disp. c/Riego (%)
1	Normal	382	70.1	66	81.5
	(Min-Max)	174-650	32.1-93.8	2-177	67.1-94.0
2	Normal	332	52.6	121	73.6
	(Min-Max)	202-579	26.0-82.3	38 -297	37.1-86.8

Considerando una respuesta de 180 kg//há por cada incremento del porcentaje de AD medio durante el ciclo del cultivo, la eficiencia de la aplicación de riego (respuesta en rendimiento dividido por los milímetros aplicados) para la época 1 es de 29.7 kg/mm (entre 4.8 y 49.1) y para la época 2 es de 27.4 kg/mm (entre 40.0 y 12.8).

Frecuencia de distribución de las necesidades netas de riego

En base a las necesidades netas de riego calculadas para un maíz de ciclo corto sembrado en las 2 épocas consideradas, se obtuvieron las curvas de frecuencia de necesidades netas de agua de riego (Figura 4) para cada época.

Las necesidades netas de agua de riego son mayores para la época de siembra de fines de octubre comparada con las de siembras de fines de setiembre.

También se puede ver que para un maíz de ciclo corto (90 días de siembra a floración) sembrado el 21 de setiembre, las necesidades netas de agua de riego son en un 90% de las oportunidades, iguales o inferiores a 150 mm; mientras que para el mismo híbrido sembrado el 31 de octubre, las necesidades netas en un 90% de los casos son iguales o inferiores a 225 mm.

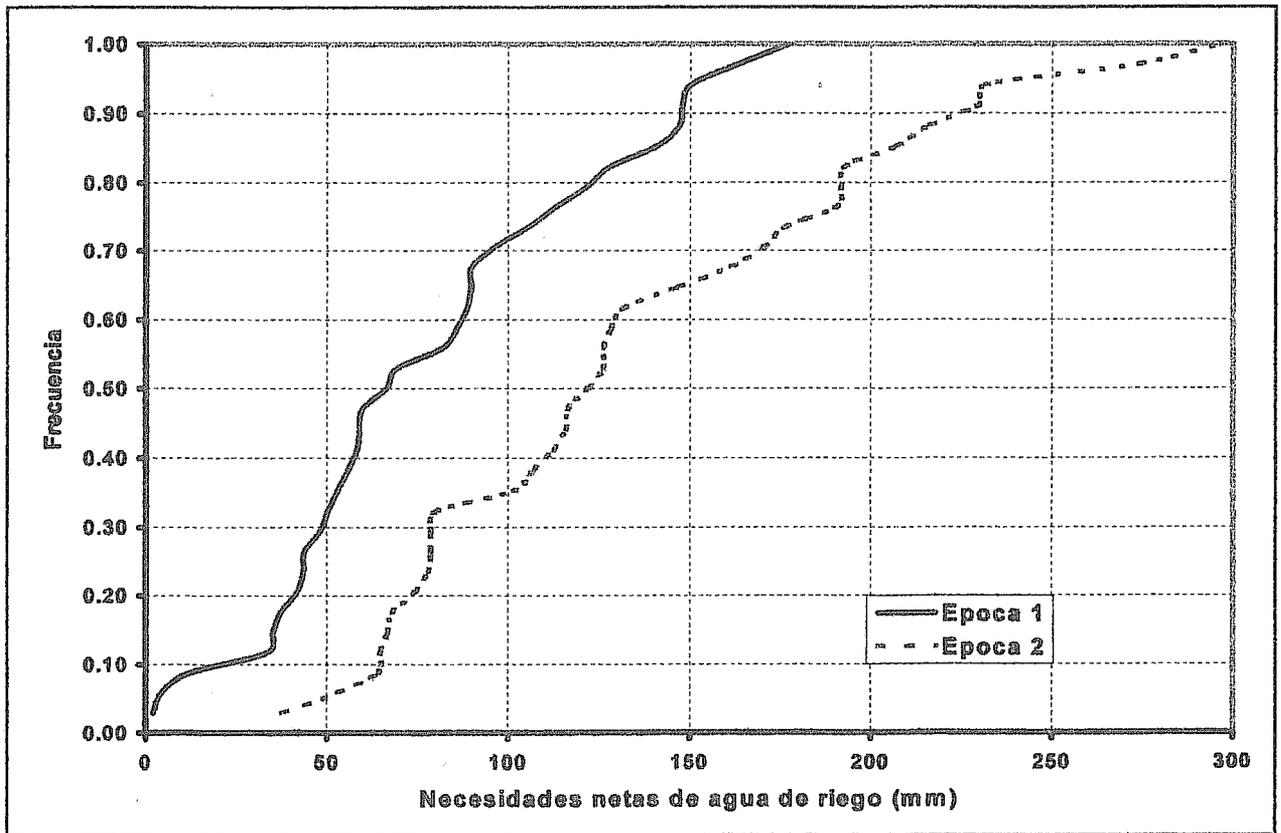


Figura 4: Frecuencias acumuladas de las necesidades netas de agua de riego por un cultivo de maíz de ciclo corto para dos épocas de siembra: 21 de setiembre y 31 de octubre en base a la serie de datos de precipitación y evapotranspiración de 1965 a 1999

Los riegos aplicados durante la zafra 98-99 fueron de aproximadamente 100 mm, que correspondieron a una frecuencia de 0.70 para la época 1 y de 0.35 para la época 2. Sin embargo en la zafra 1999-2000, los riegos aplicados fueron en ambas épocas mayores a 250 mm. Estas necesidades son extremadamente poco frecuentes para la época 2, mientras que para la época 1 corresponden a valores nunca registrados en la serie histórica de 1965 a 1999.

Lo mismo puede expresarse como demanda de agua de riego neta cada 10 días desde siembra a madurez fisiológica (Figura 5).

En la gráfica se muestra la demanda de agua de riego con un margen de seguridad de 75% (1 de cada 4 años la demanda fue superior) en periodos de 10 días a partir de la fecha de siembra para las dos épocas consideradas. La demanda se complementa entre épocas, y cuando comienza el período de máxima demanda de la segunda época, las necesidades de la época 1 son prácticamente nulas.

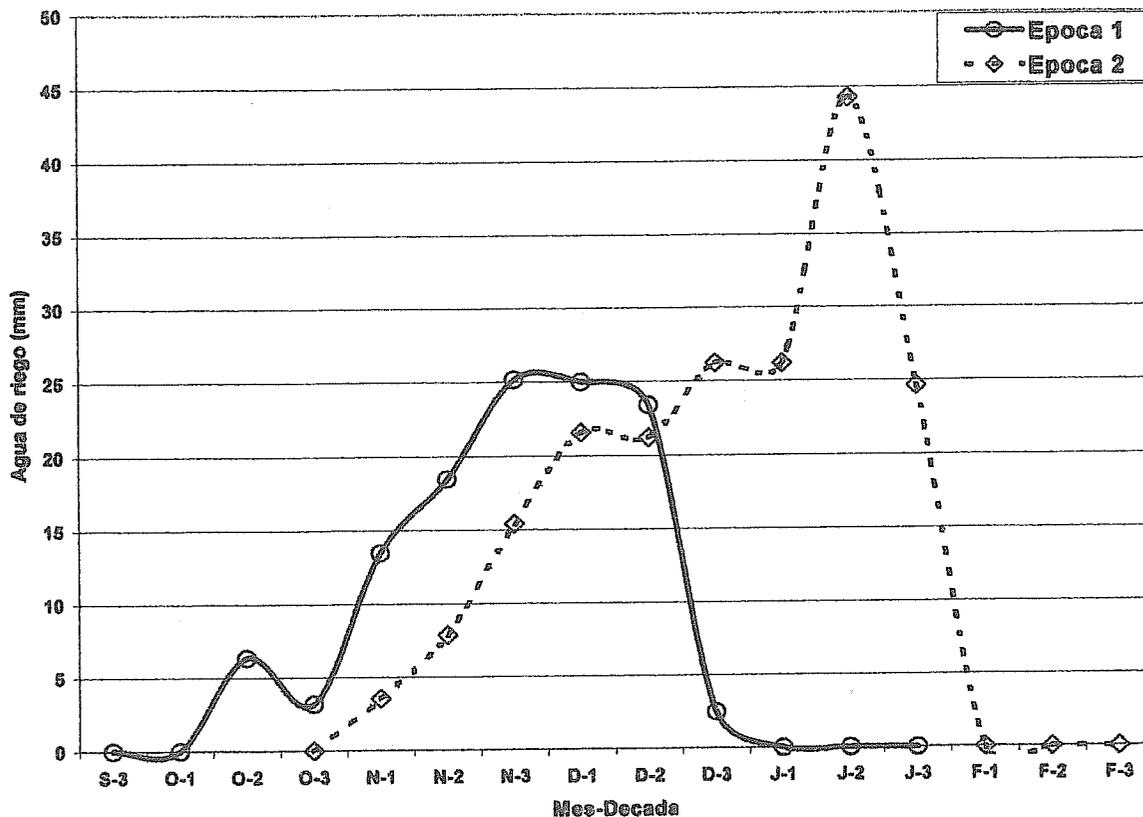


Figura 5: Demanda de agua de riego (con frecuencia 75%) acumulada cada 10 días post siembra para 2 épocas de siembra (1-21 de set.; 2-31 de oct) para un cultivo de maíz de ciclo corto.

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que por medio del riego suplementario se logra un significativo aumento en el contenido de agua disponible para maíz. Este aumento en el contenido de agua disponible en el suelo está relacionado con un significativo aumento en el rendimiento del cultivo.

El análisis de series históricas de registros climáticos permite establecer para cada localidad, las necesidades netas de riego medias, y las frecuencias de ocurrencia de las necesidades de agua de riego para maíz en distintas épocas de siembra. Las mayores demandas corresponden a épocas de fines de octubre, mientras que demandas menores son necesarias para siembras de fines de septiembre.

Las frecuencias de necesidades de agua de riego permite establecer un nivel de seguridad de necesidades máximas de riego y su probabilidad de ocurrencia. Esta información es relevante para el diseño de un sistema de riego apropiado a las necesidades del sistema.

El escalonamiento de épocas de siembra contrastantes permite disminuir las necesidades de agua del sistema, y por lo tanto una mayor eficiencia en el uso del agua para riego.

Inserción del riego en rotaciones de cultivos y pasturas

Jorge Sawchik*
Francisco Formoso

La rotación cultivo – pastura está ampliamente adoptada en los sistemas agrícola – ganaderos o lecheros. Las ventajas de la inclusión de las pasturas en estos sistemas han sido claramente determinadas y se relacionan con menores pérdidas de suelo por erosión, mayores entradas de nitrógeno y carbono a los sistemas, menores costos de producción del forraje, entre otras. Dentro de los sistemas intensivos de producción, el maíz es un componente importante con múltiples 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 y por lo tanto de sus costos de producción por kg de materia seca y repercute además en mayor o menor medida en los otros componentes de la cadena forrajera.

Dentro de este contexto, la previsión de una mayor área de reservas forrajeras durante los meses de primavera, el uso de especies forrajeras de alta producción estival como por ej. alfalfa y la realización de cultivos de verano con destino a reservas más adaptados al déficit hídrico como el sorgo, son alternativas válidas para disminuir los riesgos debido a posibles deficiencias hídricas.

A pesar de estas consideraciones, el uso del riego suplementario puede ser una buena herramienta para incrementar y asegurar los potenciales de rendimiento del cultivo de maíz y eventualmente utilizarlo para otros cultivos de verano de menores requerimientos de agua o en pasturas con destino a forraje o semilla. Para ello, las condiciones del predio, el manejo de la empresa y el manejo agronómico de los cultivos debe ser el óptimo. Estas son condiciones necesarias para que la implementación del riego sea viable y exitosa.

La investigación en riego en el Uruguay para cultivos extensivos del área agrícola – ganadera tradicional es escasa y se desarrolla principalmente en las décadas de los 70 y 80. Así, se generó información sobre la respuesta del cultivo de maíz al riego en diferentes momentos del ciclo del cultivo (Hofstadter, 1983), a la población (De León y Capurro, 1977), entre otros factores de manejo.

Por otra parte se llevaron a cabo experimentos con el objetivo de seleccionar umbrales de riego óptimo para diferentes especies forrajeras. Así, Hofstadter (1983) recomienda el uso de umbrales de riego de 30 % para el cultivo de alfalfa, encontrando una escasa respuesta a la aplicación del riego. Cardellino et al. (1982) reportan que el riego en el promedio de 2 años secos incrementó la producción de forraje de alfalfa en un 100 % sobre el secano.

Considerando estos antecedentes, en INIA La Estanzuela, desde 1998 se lleva a cabo un Proyecto que tiene como objetivos generales el desarrollo de sistemas de producción bajo riego con una productividad física y económica superior y/o más estable que los sistemas de producción bajo secano, y la determinación de los paquetes tecnológicos más adecuados para los diferentes rubros seleccionados.

* Ing. Agrs , (MSc.), GRAS, INIA La Estanzuela

En este contexto, y en ese mismo año, se instala un experimento de rotaciones bajo riego, a escala semi-comercial, donde los tratamientos evaluados son:

- a) Maíz – Maíz – Alfalfa – Alfalfa – Alfalfa
- b) Maíz – T. Rojo – T. Rojo
- c) Cultivo continuo, que incluye además del cultivo de maíz, otras opciones como girasol y sorgo.

En este experimento todas las etapas de la rotación están presentes en cada año. El tamaño de parcela es de 1 ha. El método de riego seleccionado es el de aspersión móvil con cañón autoenrollable. En la primera rotación, los cultivos de maíz son con destino a silo de planta entera o silo de grano húmedo. En la segunda y tercera rotación el destino es para grano preferentemente.

La alfalfa entra aquí como una especie para pastoreo directo y corte, mientras que en trébol rojo se realiza pastoreo y cierre temprano con el objetivo de lograr doble cosecha de semilla.

El objetivo es además poder llegar a aplicar siembra directa en todas las rotaciones, como forma de aprovechar las ventajas de este sistema en cuanto a los efectos en el almacenaje del agua del suelo, la disminución del escurrimiento superficial y el aumento de la infiltración.

En este experimento se estudia además el efecto de diferentes factores de manejo en el rendimiento del cultivo de maíz bajo riego.

Componente maíz:

Trataremos primero este componente considerando que en una rotación bajo riego este sería el cultivo principal a manejar. Se presenta la información utilizando datos obtenidos en los ensayos de campo, además de la información generada en experimentos desarrollados con otros objetivos en La Estanzuela particularmente y en la región.

La primera consideración que debemos realizar es que el éxito en alcanzar buenos potenciales del cultivo bajo riego indefectiblemente pasa por un correcto manejo de las variables agronómicas involucradas. Es por ello que describiremos brevemente los principales componentes de un buen manejo del cultivo.

Largo de barbecho

Definimos el largo de barbecho como la diferencia en días entre la fecha de laboreo o de aplicación del herbicida total (glifosato por ej.) y la fecha de siembra.

Para el caso de siembra directa, la supresión de la vegetación con suficiente antelación determina que el cultivo anterior al maíz deja de transpirar y además se logra una cobertura muerta que reduce las pérdidas directas por evaporación del suelo. Esto puede ser muy importante si la recarga del suelo durante el cultivo de maíz no es importante.

En la zafra 1999/00, los barbechos de mayor duración (60-70 días) determinaron mayores rendimientos de cultivos de maíz y sorgo, por un mayor ahorro del agua del suelo. Esto fue evidente además para las siembras de 2ª, en donde el cultivo anterior extrae agua del suelo hasta avanzada la primavera, lo que determinó rotundos fracasos en este tipo de siembras.

Si consideramos como ejemplo que un suelo Brunosol Eútrico de la zona de Colonia puede almacenar unos 115 mm en 60 cm de profundidad de perfil, el hecho de poder contar con

buena parte de esta agua puede sin duda reducir las necesidades de riego en etapas vegetativas para el cultivo de maíz, de ahí la importancia de manejar este factor.

Epoca de siembra:

La elección de la época de siembra determinará el largo del ciclo del cultivo, su potencial, y las condiciones ambientales que deberá enfrentar el cultivo de maíz en la etapa más sensible al déficit hídrico: la floración.

Fassio et al. (1998) con una base de datos de ensayos de épocas de siembra determinaron los requerimientos de suma térmica (tomando una temperatura base de 8° C) para la floración de cultivares de ciclo corto, medio y largo. En base a esto en el Cuadro 1 se presentan las fechas estimadas para la ocurrencia de determinados eventos fenológicos en función de la época de siembra para dos localidades: Colonia y Salto.

Cuadro 1. Ocurrencia de eventos fenológicos para un cultivar de ciclo medio para diferentes fechas de siembra (Colonia y Salto).

Fecha de siembra	La Estanzuela		Salto	
	8 hojas	Floración	8 hojas	Floración
1 Setiembre	17/11	20/12	31/10	1/12
1 Octubre	1/12	31/12	20/11	17/12
1 Noviembre	19/12	19/1	15/12	10/1
1 Diciembre	14/1	14/2	9/1	6/2

Adaptado de Fassio et al., (1998).

Obviamente y debido a la ocurrencia de temperaturas más altas, los largos de ciclo se acortan a medida que sembramos más al norte del país. Globalmente en este rango de épocas de siembra los ciclos a floración se acortan a medida que atrasamos la época de siembra. Bajo condiciones de riego, y con capacidades limitadas, convendría elegir épocas de siembra en las que no se junten demasiado las demandas máximas de agua que se dan alrededor de la floración.

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

Población de plantas

De los cultivos de verano comúnmente utilizados, el maíz es el más sensible a los cambios en la población de plantas. Así en buenos ambientes (sin limitantes nutricionales y de agua) para las condiciones de Balcarce, Andrade et al., (1996) citados por Vega y Andrade (2000), encontraron respuestas positivas en rendimiento a la población hasta valores de 90.000 plantas/ha.

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 en materiales de ciclo corto y medio.

En el experimento de rotaciones descrito anteriormente se encontraron respuestas positivas en producción de materia seca total hasta las 100.000 plantas/ha para un material de ciclo corto.

El aspecto a destacar es que si nuestra capacidad de riego es limitada, el uso de poblaciones altas puede ser negativo, de no cubrirse adecuadamente los períodos de mayor demanda de agua por el cultivo.

Nutrición mineral

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) nos referiremos básicamente a 2 indicadores: la determinación del potencial de mineralización de nitrógeno (PMN) por el método de incubación anaeróbica, y el uso de la concentración de nitratos en el suelo a dos momentos: siembra y estado V6-V8. Ambos son complementarios en cuanto a la información que brindan y son indicadores de la probabilidad de respuesta al agregado de N.

El PMN es un indicador que ha mostrado una alta correlación con el contenido de nitratos en el suelo, especialmente en situaciones de buena disponibilidad de nitrógeno (por ej. luego de praderas) (Morón y Sawchik, 1998).

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 N-NO₃ en el suelo al estado V6. Esto concuerda con datos internacionales y nacionales (Perdomo, com. pers.). Las altas tasas de mineralización de nuestros suelos, debido a la inclusión de pasturas, junto con altas temperaturas y el mantenimiento de condiciones óptimas de humedad debido al riego son una buena explicación para estos resultados.

De todas formas es esperable para las condiciones promedio, que en sistemas bajo riego, el suelo no pueda aportar el nitrógeno necesario para cubrir los requerimientos del cultivo

En algunos sistemas de riego por superficie donde las láminas brutas aplicadas son altas, el riesgo de lavado existe y por lo tanto es imprescindible realizar un monitoreo de este nutriente.

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

En este mismo experimento de Rotaciones bajo riego, trabajos realizados con fertilización potásica no detectaron respuesta a este nutriente al estado V6, en suelos con K intercambiable $>$ a 0.6 meq/100 g. Sin embargo, la rotación de maíces de alto potencial con destino a silo con pasturas para corte determina remociones importantes de este nutriente (Cuadro 2). En este mismo cuadro se presentan las remociones esperadas de nutrientes para maíz y alfalfa de altos rendimientos.

Cuadro 2. Retiro estimado de N, P y K (kg/ha) para maíz y alfalfa bajo altos potenciales de rendimientos.

Cultivo	Rendimiento	% N	kg N/ha	% P	kg P/ha	% K	kg K/ha
Grano Maíz	10000	1.7	170	0.31	31	0.37	37
Silo Maíz	20000	1.3	260	0.29	58	1.5	300
Alfalfa para corte	10000	3.0	300	0.25	25	1.65	165

Los altos valores de remoción de nutrientes especialmente bajo maíces para silo de alto potencial ponen en el tapete la necesidad de ajustar las rotaciones y los requerimientos de los cultivos muy afinadamente en condiciones de riego.

Otro nutriente a considerar para la nutrición del cultivo de maíz es el azufre (S). Un relevamiento detallado del estado nutricional del cultivo de maíz en condiciones comerciales 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. Las deficiencias pueden aparecer además en general en suelos de bajos tenores de materia orgánica, de texturas livianas. Por otra parte es cada vez más raro el uso de superfosfato simple que representa la principal fuente de S como fertilizante. 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 este mismo experimento de rotaciones bajo riego y en una zona con valores de Zn en suelo y planta considerados deficientes, respuesta al agregado de este nutriente en aplicaciones foliares. En ese sentido valores < a 0.6 mg/kg en suelo son considerados deficientes y entre 0.6-1 mg/kg marginales. Las deficiencias de Zn en general están asociadas a pH altos, altas disponibilidades de P.

Control de malezas

La presencia de malezas en cultivos de verano interfiere con el desarrollo de los mismos de manera muy importante, fundamentalmente a causa de la competencia por luz, nutrientes y en particular y sobre todo, agua. Así mismo, el maíz es uno de los cultivos más sensibles al enmalezamiento, cuantificándose en Uruguay bajas en los rendimientos de más de un 100% en varias situaciones de cultivos de maíz sin control de malezas en relación a aquellos en donde las malezas habían sido bien controladas (Giménez y Rios, 1992).

En condiciones de producción bajo riego, la utilización efectiva y eficiente del agua agregada es un factor relevante, no sólo para el logro de altos rendimientos físicos del cultivo,

sino también, por los costos de la aplicación del riego y el resultado económico final del sistema de producción.

Por tal motivo es que, en áreas de producción bajo riego, un buen control de malezas es un objetivo clave a alcanzar, a fines de que el agua aplicada sea utilizada mayormente por el cultivo y no por otras especies vegetales presentes en la chacra.

Las malezas de verano más frecuentes en el área agrícola del litoral sur del país, son especies anuales como el pasto blanco (*digitaria sanguinalis*), la verdolaga (*portulaca oleracea*) y el yuyo colorado (*amaranthus sp.*) y especies perennes tales como la gramilla (*cynodon dactylon*) y el sorgo de alepo (*sorghum alepense*).

En general, las aplicaciones preemergentes tradicionales de atrazina en mezcla con alachlor, metolachlor o acetochlor, realizan un buen control de las especies anuales mencionadas. Se puede optar también por aplicaciones postemergentes de herbicidas como el 2,4-D en mezcla con picloram o banvel para el control de malezas de hoja ancha.

Para el control de gramíneas perennes en general se aplica, en presiembra incorporado, el herbicida Eradicane (EPTC + antídoto) para el control de gramilla y sorgo de alepo y también graminicidas postemergentes para el control de sorgo de alepo.

Las condiciones de buena disponibilidad de agua en cultivos bajo riego pueden provocar el incremento poblacional de especies tales como los cyperus (*cyperus rotundus* y *cyperus esculentus*) y la gambarosa (*alternanthera filoxeroides*), las cuales son de muy difícil y costoso control. Por tal motivo, hay que estar alerta ante la presencia de las mismas, a fines de planificar estrategias específicas de control de tales malezas. En tal sentido, los cultivares de maíz genéticamente tolerantes, como por ejemplo a las imidazolinonas (IR) o al glifosato (RR), pueden ser herramientas claves a considerar para viabilizar un mejor control de estas malezas, así como también de la gramilla y el sorgo de alepo, conjuntamente con las especies anuales (Giménez, com. pers.).

Finalmente cabe puntualizar, que en áreas bajo riego, es esperable que se produzca un mayor escurrimiento superficial y sub-superficial de agua. A fines de disminuir o evitar esto y la consecuente contaminación de fuentes de agua tales como cañadas, arroyos o lagos, hay que ser muy criterioso en el uso de herbicidas. Se deben ajustar las dosis a lo estrictamente recomendado y necesario para controlar el tipo y nivel de enmalezamiento esperable o presente, e incluso priorizar la utilización de herbicidas con escasa o nula residualidad en el suelo. (Giménez, com. pers.)

Manejo del riego:

Básicamente en el artículo previo se destacan los principales parámetros a tener en cuenta para el manejo de esta variable. Para el experimento de rotaciones en particular se maneja un balance hídrico diario que considera la precipitación y precipitación efectiva (Precipitación – Escurrimiento), el cálculo diario de la evapotranspiración del cultivo (Etc) en base a datos diarios de Etp (Evapotranspiración potencial Penman) y medidas de humedad del suelo con sonda de neutrones para corregir el balance.

El umbral de riego utilizado es de un 50 % durante todo el ciclo del cultivo, pero considerando que la profundidad radicular del mismo es creciente llegando a un máximo en floración. De todas formas y a pesar de que se han medido consumos de agua por el cultivo hasta profundidades mayores a 80 cm aún en años húmedos como el 98/99 (datos no presentados), se considera a los efectos del cálculo de la lámina de reposición una profundidad radicular máxima de 40 cm.

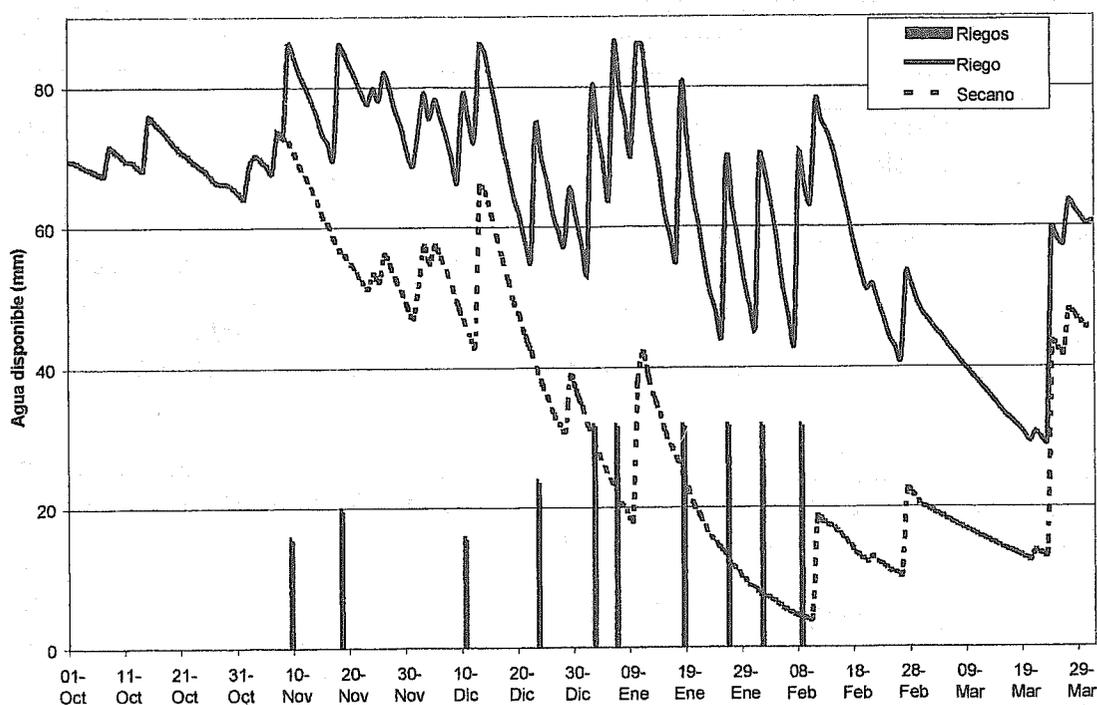
Con este manejo del agua, para híbridos de ciclo medio, sin limitantes nutricionales en el cuadro 3 se presentan los rendimientos de grano y materia seca para dos zafras (98/99 y 99/00) en este experimento de Rotaciones.

Cuadro 3. Rendimiento promedio de grano y materia seca (ton/ha) para las zafras 1998-99 y 1999-00.

Año	Grano (ton/ha)	Materia seca (ton/ha)	Lámina neta media aplicada
1998/99	12.6	24.7	90
1999/00	11.4	22.7	280

Estos años muestran un contraste importante en cuanto a precipitaciones, estando el año 1999/2000 en el extremo más seco de la serie histórica de datos climáticos de La Estanzuela. En la figura 1 se presenta el balance hídrico para la última zafra (1999/2000). Este fue construido tomando datos diarios de ETP en base al método de Penman, para una profundidad de perfil de 40 cm, corregido con medidas de humedad del suelo.

Agua disponible - Maíz 1999-2000



Cabe puntualizar aquí que el promedio del agua disponible fue de un 80 % del máximo considerando esta profundidad de perfil. Puede decirse que los potenciales de rendimiento de grano y materia seca logrados fueron buenos, teniendo en cuenta las características del suelo en cuestión con un horizonte A no mayor a 20 cm y de contenido de materia orgánica medio a bajo. Considerando la información existente sobre la respuesta al riego en el cultivo de maíz, podría considerarse un agotamiento mayor al 50 % de agua disponible durante la fase

vegetativa, teniendo en cuenta que el estrés hídrico en este estado no afecta tanto el rendimiento potencial del cultivo.

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 de agua de 18 kg. de grano/mm aplicado. Estas eficiencias están en el rango medio encontrado por varios autores para el cultivo de maíz.

Una de las alternativas que ofrece la posibilidad de utilizar el riego es la realización de dos cultivos de verano con bajo riesgo en la misma estación de crecimiento. Así Vaz Martins y Fassio (datos sin publicar), en condiciones de secano obtuvieron rendimientos altos con la alternativa del doble cultivo de maíz.

En este experimento de Rotaciones, en el tratamiento de cultivo continuo, se evaluó en ambos años del experimento (1998/99 y 1999/00), el comportamiento de un cultivo doble de maíz, realizándose este último con siembra directa. Los resultados más importantes se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimientos de una secuencia maíz/maíz en la misma estación de crecimiento (1998/99 y 1999/00).

Año	Combinación	MS (Ton/ha)	% MS 2° Maíz	MS total (Ton/ha)	Fecha de muestreo
98/99	Precoz/Precoz	18.7/8.0	36.3	26.7	18/1-6/5
99/00	Precoz/Precoz	22.0/11.8	38.7	33.8	19/1-10/5
	Precoz/Corto	22.0/12.7	28.9	34.7	19/1-10/5
	Precoz/Medio	22.0/13.6	25.3	35.6	19/1-10/5

Cabe resaltar que la fecha de siembra para el primer maíz se realizó el 15 de setiembre y la siembra del 2° maíz el 20 de enero aproximadamente. Adelantando la época de siembra del 1er maíz podríamos combinar materiales precoces y cortos más eficazmente. La ventaja aquí es que los requerimientos hídricos del 2° maíz serían más bajos en promedio y el objetivo del riego sería lograr más que nada una buena implantación y desarrollo vegetativo de este 2° maíz.

El riego puede permitir además potenciar el rendimiento de otros cultivos de verano a incluir en la rotación. En La Estanzuela en este mismo experimento de rotaciones, se evaluó el potencial del cultivo de girasol en dos épocas de siembra. En la zafra 1999/2000, para las siembra temprana y normal (17/9 y 27/10 respectivamente) se obtuvo un potencial de rendimiento de 4.3 y 4.6 ton/ha. A pesar de que el potencial de esta especie es mucho menor que el del maíz, en ambos casos las láminas netas aplicadas fueron menores que en maíz. En promedio se aplicaron 130 mm, considerando que la especie tiene una buena capacidad de exploración radicular en profundidad. Esto determinó riegos prácticamente en el período de floración – llenado de granos que es el momento crítico de definición del rendimiento para la especie.

El riego de sorgo granífero puede ser otra alternativa a estudiar especialmente en aquellos predios con orientación más ganadera, que no tienen acceso a maquinaria adecuada para el manejo del maíz. En este caso se podría programar un área de siembra mayor a la del

maíz, considerando la alta resistencia que tiene el cultivo al estrés hídrico por diferentes mecanismos.

Componente pasturas

En este artículo se presenta un resumen de la información más relevante obtenida hasta el momento sobre la respuesta de diferentes especies en términos de producción de forraje al riego. El tema producción de semilla de estas especies es tratado en otro artículo de esta misma publicación.

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.

Los umbrales de riego evaluados fueron de 40 % (agotamiento del 60 % de agua disponible) y 75 % (agotamiento del 25 % del agua disponible). Esto determina la aplicación de láminas mayores de menor frecuencia y láminas menores de mayor frecuencia para uno y otro caso respectivamente.

En el año 1997/98, estos tratamientos se aplicaron a 3 especies: T. Rojo, Alfalfa y Lotus. En el cuadro 5 se presentan los rendimientos de forraje acumulados para T.Rojo.

Cuadro 5. Producción de forraje (ton MS/ha) para 1er año de trébol rojo cv. LE 116 en 3 regímenes hídricos.

Tratamiento	Secano	Riego 1 (Umbral 40 %)	Riego 2 (Umbral 75 %)
Prod. Acumulada (ton MS/ha)	6.79	8.1	7.99
Rendimiento relativo	100	119	118
Lámina neta Aplicada (mm)		100	140

Cabe acotar aquí que la producción de forraje corresponde al período 3/11 – 31/3 de la estación de crecimiento. Para este experimento se consideró una profundidad radicular de 40 cm para el cálculo de la lámina de reposición. La respuesta al riego fue significativa pero de baja magnitud (20 %). Los períodos de déficit hídrico fueron pocos y de corta duración y aún en ese caso el agua disponible fue de un 20 a 30 % (datos no presentados) 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 bajo los 3 regímenes hídricos señalados.

En este caso el riego además incidió en el porcentaje de plantas afectadas por podredumbre húmeda de la raíz causada por *Phytophthora*. Mientras en el secano el % de plantas afectadas fue de 1.6 %, en los tratamientos bajo riego este alcanzó un 65 %.

Los datos obtenidos en lotus mostraron tendencias similares a alfalfa en términos de respuesta en producción de forraje al riego.

En el año 1998 se instaló un experimento con 4 especies: Festuca cv. Tacuabé, Trébol rojo cv. INIA Mizar, Lotus cv. INIA Draco y Alfalfa cv. Crioula. El objetivo era estudiar bajo las mismas condiciones de suelo y edad de pastura, la respuesta en producción de forraje al riego de estas especies, su capacidad comparativa de exploración radicular en profundidad, con un umbral de riego prefijado de 30 - 40 % de agua disponible. Se consideró para el cálculo de la lámina de reposición de agua una profundidad de 40 cm. Como criterio conservador se trató de reponer el agua hasta un 80-90 % del agua disponible, de forma de evitar excesos en el caso de que ocurrieran precipitaciones.

Para el año de instalación de las pasturas no se encontraron respuestas significativas al riego en producción de forraje para ningún corte en trébol rojo, alfalfa y lotus. Las deficiencias hídricas para este año ocurrieron básicamente durante la primavera. La única especie que manifestó respuesta al riego fue la festuca, en los cortes de primavera. Globalmente para el período de crecimiento analizado, el tratamiento regado para esta especie rindió solamente un 10 % más que el secano. Esta especie presenta un sistema radicular más superficial que el de las leguminosas y esto puede explicar en parte la respuesta obtenida.

El año 1999/2000 que representaba el 2º año de edad de la pastura fue uno de los más secos de la serie histórica climática en La Estanzuela. Este año puede considerarse cercano a la máxima demanda de agua para una pastura.

En el cuadro 6 se presenta la producción de forraje acumulada para la primavera - verano de esta estación de crecimiento.

Cuadro 6. Producción acumulada de forraje (primavera-verano) para tres especies en su 2º año para el año 1999/2000.

	Alfalfa		Trébol rojo		Lotus	
	Secano	Riego	Secano	Riego	Secano	Riego
Ton MS/ha	8.5	14.2	1.8	6.4	4.4	5.8
R.Relativo Testigo Base 100	100	167	100	355	100	131
Kg MS/mm Aplicado promedio		16.9		13.6		4.2

Este año puede caracterizarse como extremo y es donde se notaron respuestas en producción de forraje al riego. Estas estuvieron relacionadas en parte con la capacidad de exploración radicular de cada especie.

Trébol rojo y festuca (datos no presentados), 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.

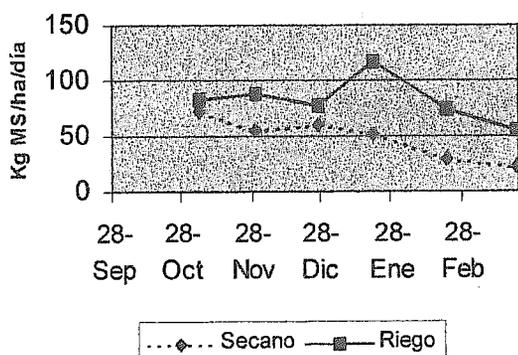
En el caso de alfalfa, a pesar de su capacidad de explorar agua en profundidad, sus altas tasas de crecimiento en verano determinan un mayor consumo de agua que el resto de las especies estudiadas, por lo que el riego potenció su capacidad para producir forraje. La

importancia de esta especie en los sistemas forrajeros de nuestro país es obvia en vista de los resultados obtenidos, ya que permitiría amortiguar los déficits de forraje en condiciones de baja disponibilidad de agua. El tratamiento de alfalfa bajo secano aún en un año extremo como el 99/2000, rindió más que los tratamientos regados de las otras especies. 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.

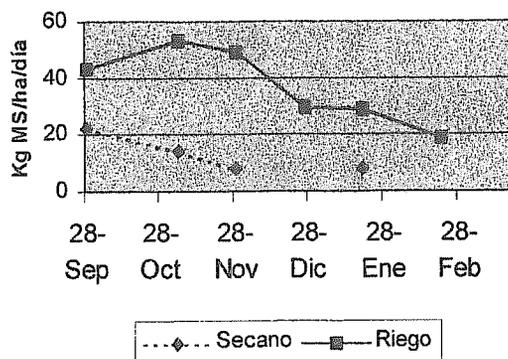
Las tasas de crecimiento de alfalfa y trébol rojo se presentan en las figuras 2 y 3 para el período considerado. Las tasas máximas de crecimiento para la alfalfa se obtuvieron en el corte de enero. Los valores máximos son similares a los obtenidos por Díaz Lago et al. (1996) en un estudio sobre tasas de crecimiento para las leguminosas, en base a una serie importante de ensayos de pasturas desarrollados en La Estanzuela. En el caso del trébol rojo, el pico de producción es más primaveral. El trébol rojo en el tratamiento de secano no persistió más allá del mes de febrero.

Uno de los objetivos de este experimento es estudiar la capacidad de exploración radicular en profundidad de estas especies. Esto tiene como fin relacionar el consumo de agua

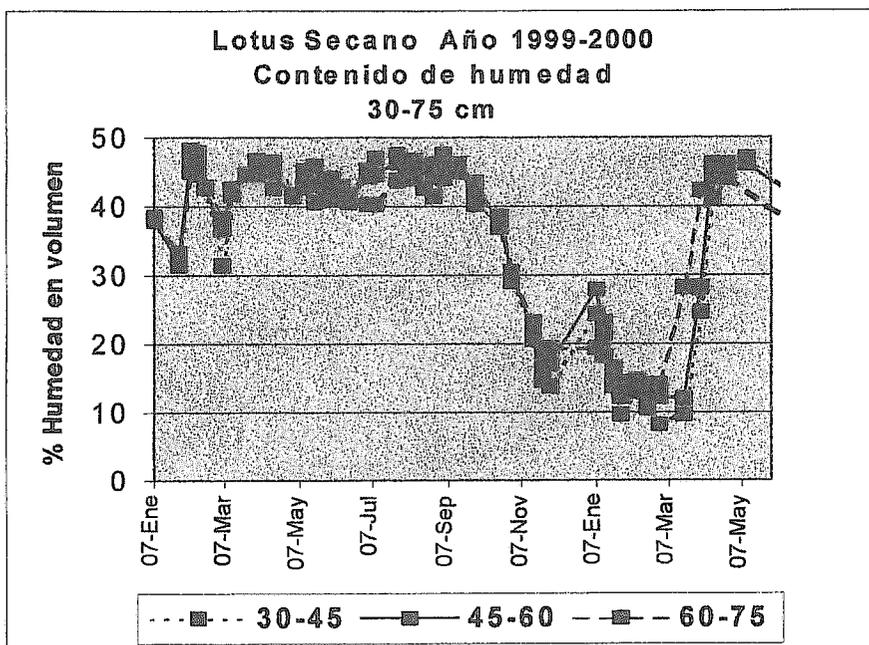
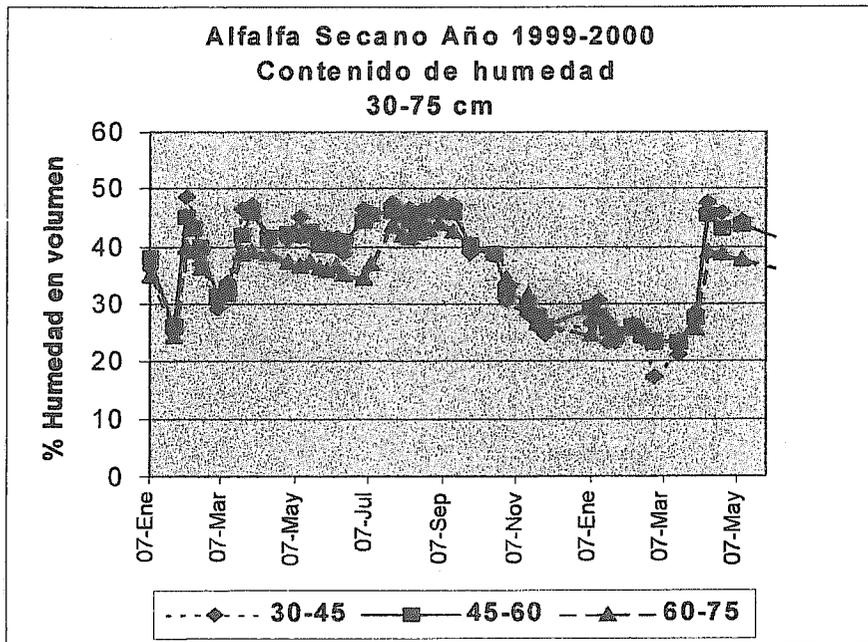
**Figura 2. Tasas de crecimiento
Alfalfa 2o año 1999-2000**



**Figura 3. Tasas de crecimiento
T. rojo 2o año 1999-2000**



con la respuesta vegetal y determinar los valores de coeficiente del cultivo para pasturas en nuestras condiciones. Para ello se realizan muestreos periódicos de humedad en el perfil, utilizando metodología apropiada para esos fines. Como ejemplo de esto en las figuras 4 y 5 se presentan los cambios en el contenido de agua en profundidad bajo lotus y alfalfa para este año.



Ambas especies mostraron una excelente capacidad de exploración radicular, aunque con potenciales y por lo tanto eficiencias de uso de agua mayores para el caso de la alfalfa.

Los resultados preliminares obtenidos para estas especies dan una pauta de su posible inclusión en sistemas bajo riego. El lotus sería la especie menos apropiada por lo ya expuesto. En el caso de trébol rojo, la exploración de altos rendimientos puede verse beneficiada en mayor medida durante el 1er año porque el cultivo presenta mayores tasas de crecimiento en este período y un menor desarrollo radicular. Pueden obviamente producirse condiciones de déficit hídrico moderado o severo que, como en este caso incrementen la producción de 2º año.

En el caso de la alfalfa, además de enfatizar su buena producción en condiciones de secano, existe la posibilidad por su ciclo más estival de potenciar la producción de forraje con el riego. 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 puntualizar que el riego a umbral fijo durante toda la estación de crecimiento no tendría mayor sentido, y más bien se debería tender 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.

Las eficiencias máximas logradas para el caso de alfalfa fueron de alrededor de 35 kg de MS/ha en los momentos picos de producción. El costo del riego juega aquí un papel fundamental en determinar la viabilidad económica del riego de pasturas con destino a forraje

Finalmente, cabe recordar que la persistencia de trébol rojo y alfalfa pueden verse seriamente afectadas por enfermedades en aquellos sistemas que apliquen láminas de riego brutas altas y mantengan condiciones de alta disponibilidad de agua durante el verano.

Referencias

- Díaz Lago, J.E.; García, J.A.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. INIA Serie Técnica 71.
- De León, J.L.; Capurro, E. 1977. Efecto de la población de plantas en el rendimiento en grano de maíz bajo riego. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay 2ª época, 9: 12-16.
- Fassio, A.; Carriquiry, A.I.; Tojo, C.; Romero, R. 1998. Maíz: aspectos sobre fenología. INIA Serie Técnica 101.
- Giménez, A.; García, A. 1999. Agricultura de precisión: "zona con deficiencia de Zinc en un cultivo de maíz bajo riego". INIA Serie Actividades de Difusión No. 197: 1-7
- Hofstadter, R. 1983. Producción de maíz, alfalfa y trébol blanco en condiciones de riego. Agua en la Agricultura 1:7-13.
- Morón, A.; Baethgen, W. 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay. INIA Serie Técnica 73.
- Morón, A.; Sawchik, J. 1998. Fertilización nitrogenada y potencial de mineralización de nitrógeno In: Serie Actividades de divulgación No. 159, p 1-4.
- Vega, C.R.; Andrade, F.H. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. In: Andrade, F.H., Sadras, V.O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. p 97-133.

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS CON RIEGO

F. Formoso*
J. Sawchik*

INTRODUCCION

La información disponible nacional e internacional es muy escasa en el tema, siendo alfalfa la especie mas estudiada.

En el país los pocos trabajos realizados utilizaron riego por superficie, aplicando una lámina bruta muy alta, estrategia que no permite un adecuado control del agua disponible en el suelo, llevando en general el contenido de la misma a capacidad de campo.

Tanto el método de riego seleccionado como los altos umbrales de riego elegidos durante la fase reproductiva, determinaron aumentos excesivos en la producción de forraje de trébol blanco, rojo, alfalfa y lotus. Estos generalmente se traducen en disminuciones drásticas en la producción de semillas de trébol blanco, lotus y alfalfa, trébol rojo puede ser la excepción, si el cultivo no vuelca y se logra una adecuada polinización.

En predios que hacen agricultura, la inclusión de leguminosas en la rotación con cultivos, constituye una tecnología clave para mejorar los suelos y actualmente, esta opción está plenamente validada a escala comercial.

Si estas leguminosas además de producir forraje se destinan para producir semilla, los ingresos generados por este rubro pueden contribuir a mejorar la rentabilidad global del sistema de producción.

En este contexto, INIA a partir de 1997 comienza a investigar en las principales leguminosas forrajeras, la capacidad de exploración radicular y extracción de agua en el suelo, las magnitudes de respuesta al riego aplicado en diferentes momentos del año y a distintos umbrales, en producción de forraje y semilla.

CONSIDERACIONES GENERALES

Con relación al riego en la producción de semillas de estas leguminosas forrajeras deben tenerse en cuenta una serie de conceptos generales, que son claves, para aumentar la probabilidad de éxito económico en este rubro.

* Ings. Agrs., MSc., GRAS, INIA La Estanzuela

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Todos la información que se reportará en este trabajo fue obtenida de experimentos localizados sobre Brunosoles eútricos típicos de La Estanzuela.

Los comentarios que se realicen con relación al agua en el suelo se refieren al agua disponible (AD) en los primeros 40 cm de suelo durante el período comprendido entre inicio y pico de floración.

Con la letra D se indican las disminuciones del agua disponible en porcentaje del total a partir de capacidad de campo (100% de AD) y con la letra F la reposición del AD en porcentaje del total a partir del punto de marchitez permanente (0 % de AD).

Así por ejemplo, el par de valores D70 F50, indica que el AD disminuye un 70% a partir del 100% o capacidad de campo (o sea, queda un remanente de 30% de AD para las plantas) y se repone hasta el 50% del total de AD partiendo de 0 ó coeficiente de marchitez permanente.

Si se desea calcular el AD promedio en el período comprendido entre D y F, para el ejemplo anterior sería $(30 + 50) \div 2 = 40 \%$.

ALFALFA cv CRIOULA

Se realizaron 5 experimentos, dos en 1997/98, dos en 1998/99 y uno en 1999/2000 en semilleros de tercer, primer y cuarto año respectivamente.

Los resultados obtenidos se reportan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Producción de semillas de alfalfa cv Crioula (kg/há) en diferentes situaciones de disponibilidad de agua en el suelo, considerando una lámina de 40 cm.

	AD	20/1/98 S kg/ha	AD	25/3/98 S kg/ha	AD	26/1/99 S kg/ha		26/3/99 S kg/ha		3/1/00 S kg/ha
S	D80 F100	40	D50 F100	0.9	D20 F100	15	D20 F100	9	D 95 D 100	362
R	D70 F100	10	D80 F100	0.8	D 20 F100	11	D 20 F100	9	D 95 F26	157
Signif		NS		NS		NS		NS		P<0.01

S (secano), R (riego), · día de cosecha, Signif (nivel de significación).

Las precipitaciones mensuales (mm), los días con lluvia (D) y los días con precipitaciones iguales o superiores a 10 mm (D10) se reportan en el Cuadro 2.

Interesan resaltar someramente los siguientes:

1. Las necesidades de agua para producir semilla son menores que para forraje.
2. Las estrategias del manejo de semilleros deben estar orientadas a maximizar el cociente kg de semilla/kg de forraje, en otras palabras, producir el mínimo imprescindible de forraje, tal que asegure, el máximo rendimiento de semilla posible.
3. Las plantas y los tallos de trébol blanco, lotus y alfalfa son indeterminados, razón por la cual, si el ambiente es favorable, por ejemplo agua sin restricciones para las plantas, se va a aumentar excesivamente la producción de forraje e inexorablemente bajarán los rendimientos de semilla.
4. Las plantas de trébol rojo son indeterminadas, pero sus tallos son determinados (pueden desarrollar una cabezuela en el ápice de cada tallo), por tanto, el comportamiento de trébol rojo frente al riego es diferente a las otras leguminosas.
5. Alfalfa, lotus y trébol blanco requieren necesariamente cierto nivel de estrés hídrico en las diferentes etapas dentro de la fase reproductiva, distinto y específico con las etapas, con las especies y con el manejo realizado (fecha de cierre, nivel de fertilidad, etc), si el objetivo es maximizar la producción de inflorescencias y semilla. Trébol rojo se comporta bien con estrés hídrico moderado a nulo.
6. Alfalfa y lotus presentan una profundidad de exploración radicular mayor que trébol rojo y este mayor que blanco, consecuentemente, en alfalfa y lotus es más difícil que las plantas en fase reproductiva presenten estrés hídrico, mientras que en blanco, es más fácil.
7. En alfalfa lotus y trébol blanco, contenidos de agua disponible, ya sea por riego o lluvia, próximos a capacidad de campo durante fase reproductiva, determinan una probabilidad alta de obtener bajos rendimientos de semilla cosechable. En trébol rojo este riesgo es menor, salvo que el semillero vuelque antes del pico de polinización.

Finalmente se debe tener presente, que las condiciones climáticas de nuestro país son marginales para la producción de semillas. Esto no quiere decir que no se pueda producir, simplemente que para algunas especies, las temperaturas excesivamente altas (trébol blanco y lotus) y/o los excesos de precipitaciones (trébol blanco, lotus y alfalfa) y la variabilidad de estas, en fase reproductiva, determinan rendimientos de semilla en general bajos, muy variables entre años, donde no es raro obtener una producción económicamente nula, a pesar de que se haya aplicado toda la tecnología de manejo disponible correctamente.

En este contexto el riego de semilleros debe ser considerado solamente como un factor más de manejo, que además interacciona con el momento de riego dentro de la etapa reproductiva de la especie en cuestión, con fechas de cierre, nivel de fertilidad, de enmalezamiento etc.

Cuadro 2. Precipitaciones mensuales (P mm), días con lluvia (D) y con precipitaciones iguales o mayores a 10mm (D10), en diferentes períodos experimentales.

Mes	10	11	12	1	2	3
Año	1997	1997	1997	1998	1998	1998
P	114	72	226	87	73	118
D	11	13	13	9	11	9
D10	8	3	6	4	1	3
Año	1998	1998	1998	1999	1999	1999
P	30	110	150	93	179	283
D	5	7	10	10	7	12
D10	1	5	4	4	3	6
Año	1999	1999	1999			
P	13	24	58			
D	5	7	8			
D10	0	0	1			

De las 5 situaciones estudiadas, en las primeras 4 cosechas realizadas, los rendimientos experimentales de semilla obtenidos fueron muy bajos, económicamente despreciables en condiciones comerciales de producción (Cuadro 1).

Los altos contenidos de AD en floración (Cuadro 1), resultado de las precipitaciones registradas (secano), o de éstas más los riegos (riego), (Cuadro2), determinaron fracasos en la expresión reproductiva de esta especie, bajos números de flores, vainas y semillas por vaina (información no presentada). En la mayoría de las vainas los óvulos abortaron, es decir, no desarrollaron semilla y el número máximo de semillas por vaina cuantificado fue de dos.

Paralelamente, los excesos hídricos promovieron mayores problemas de enfermedades, especialmente fitóftora (podredumbre húmeda de la raíz), aspecto que se desarrollará en el capítulo correspondiente a producción de forraje.

En la primavera de 1999 se registraron escasas precipitaciones y días de lluvia, determinando depresiones muy importantes del total de AD, registrándose extremos de D100, valor que implica que en los primeros 40 cm de suelo el AD fue 0 (Cuadros 1 y 2).

Condiciones de estrés hídrico severo en floración determinaron una depresión en la producción de forraje y una muy buena expresión reproductiva, elevados números de flores, vainas, semillas por vaina. Consecuentemente los rendimientos de semilla resultaron muy interesantes económicamente.

En el tratamiento regado (aspersión) se aplicaron a las 19 horas dos riegos de 30 mm de lámina bruta cada uno, en floración temprana y previo al pico de máxima floración, llevando el AD a solamente un 26% del total (F26) .

El riego estimuló levemente la producción de forraje, deprimió la formación de flores, vainas y número de semillas por vaina, por tanto, los rendimientos de semilla disminuyeron un 57 % con relación al secano, pasando de 362 kg/ha en el secano a 157 en el tratamiento regado.

La obtención de buenos rendimientos de semilla en alfalfa requiere que durante el período de floración – maduración, el contenido de agua disponible en el suelo (primeros 40 cm) se deprima en forma importante, en el entorno de 95 a 100 % del total disponible.

Pequeñas recargas de agua en floración que eleven el contenido a valores próximos al 25 – 30 % de agua disponible, ya son suficientes para determinar depresiones importantes en los rendimientos de semilla.

Contenidos altos de agua disponible en el suelo en floración generalmente se traducen en rendimientos muy bajos de semilla, que muchas veces pueden llegar al extremo que no justifiquen económicamente la cosecha, a pesar del alto precio de la semilla de alfalfa en nuestro mercado.

Los semilleristas de alfalfa en nuestro país conocen que en las primaveras y/o veranos llovedores deben destinar los alfalfares para producción de forraje.

En contraposición, períodos de sequía importantes como los registrados en 1989 y 1999, determinaron que en condiciones comerciales de producción frecuentemente se reportaran rendimientos de semilla limpia superiores a los 300 kg/ha.

Un error generalizado en nuestro país consiste en seleccionar las mejores chacras dentro de los establecimientos para producir semilla de alfalfa. Comúnmente estas se corresponden con los mejores suelos, los más profundos y fértiles.

Las condiciones de fertilidad y profundidad del perfil potencian el crecimiento vegetativo de esta especie. Este irá en desmedro del desarrollo reproductivo, es decir, comúnmente se eligen características exactamente opuestas a las que deberían seleccionarse si el objetivo es semilla.

La gran capacidad de alfalfa de explorar suelo, a 60 o más centímetros de profundidad, determina que sea muy difícil y poco frecuente que ocurran períodos prolongados con muy bajas o nulas precipitaciones, suficientes como para generar una disminución importante del contenido de agua disponible en el suelo, tal que asegure buenos rendimientos de semilla.

La elección de suelos menos profundos para producción de semillas aumenta las probabilidades de que la alfalfa entre en estrés hídrico más intenso y consecuentemente se obtengan mayores rendimientos.

CONCLUSIONES

1. Para la obtención de altos rendimientos de semilla de alfalfa es imprescindible que durante el período de floración, el agua disponible en el suelo disminuya a valores muy bajos, del orden del 5 % o menos en los primeros 40 cm.

2. Contenidos de agua disponible del 30 % o más determinan disminuciones importantes en la producción de semilla, en tanto, contenidos de 50 % a capacidad de campo pueden traducirse en rendimientos tan bajos que no justifiquen la cosecha.

LOTUS CORNICULATUS

En esta especie se realizaron dos experimentos con el cv INIA Draco, sobre un cultivo de primer año, en la primer y segunda floración.

Lotus presenta una tendencia similar a alfalfa con relación a la incidencia del agua disponible sobre la producción de semillas.

Con disponibilidades medias y altas de agua en el suelo, lotus direcciona prioritariamente su capacidad de crecimiento hacia la generación de estructuras vegetativas, forraje, en desmedro de las reproductivas, semilla.

La diferencia entre ambas especies radica en que depresiones del 95 a 100 % del AD en los primeros 40 cm de suelo resultan muy excesivas para lotus.

En estas condiciones lotus presenta disminuciones importantes en el número de tallos y umbelas por planta, en el número de flores por umbela, semillas por vaina y en los rendimientos de semilla.

El crecimiento en altura de los tallos se deprime en tal magnitud que las vainas pueden localizarse a menos de 10cm de altura a partir del nivel de suelo, de hecho se verificaron valores de tan solo 5 cm, característica que prácticamente no posibilita la recolección y cosecha de las mismas.

Los efectos negativos que originan depresiones tan importantes del AD, (D 95) sobre las estructuras reproductivas de lotus son superiores en el segundo ciclo de floración – semillazón que en el primero.

Los comentarios precedentes se fundamentan a partir de muestreos realizados durante la primavera 99 – verano 00 (condiciones de sequía intensa) en parcelas bajo riego y secano, donde se evaluaba la producción de forraje. En estas, el manejo de cortes impuesto posibilitó que las plantas solamente alcanzaran la etapa de vainas inmaduras.

El período noviembre de 1998 a marzo de 1999 presentó abundantes precipitaciones (Cuadro 2), especialmente durante la floración y maduración de la semilla.

El tratamiento regado recibió dos riegos de 30mm de lámina bruta en la primer floración y uno de 30 mm en la segunda.

El agua adicional suministrada al tratamiento regado fue suficiente para deprimir significativamente ($P < 0.05$) la población de vainas en ambas cosechas y el rendimiento de semillas en la segunda cosecha (Cuadro 3).

Cuadro 3. Lotus Producción de vainas (Nº/m²) y rendimiento de semilla (kg/há) en la primer y segunda cosecha de semilla.

	Primer cosecha 26/1/99		Segunda cosecha 26/3/99	
	Nº vainas/m ²	Kg semilla/ha	Nº vainas/m ²	Kg semilla/ha
Secano	3276	152	742	75
Riego	2257	144	340	32
Significación	P<0.05	P>0.05	P<0.05	P<0.05

Lotus presenta un menor potencial de formación de flores y vainas en el segundo período de floración con respecto al primero. Sin embargo, el principal determinante del bajo número de vainas en la segunda cosecha fue probablemente consecuencia de un marchitamiento importante de la población de flores (*Colletotrichum acutatum*) verificado tanto en el tratamiento regado como en el secano.

En la primer cosecha, en riego y secano, una alta proporción de vainas presentaba síntomas de podredumbre, probablemente originados por los excesos de humedad sobre las vainas inmersas dentro del estrato vegetal.

Los excesos hídricos registrados durante primavera-verano también determinaron pérdida de plantas en ambos tratamientos, riego y secano, aunque con mayor incidencia en el primero. Este aspecto se comentará cuando se trate el tema de producción de forraje.

Con referencia a la población de malezas, estas incrementaron su incidencia con el mayor nivel de agua aplicado (información no reportada).

Interesa resaltar que bajo riego, en condiciones estrictamente comparativas entre trébol blanco, rojo, alfalfa y lotus, esta última especie presenta una menor capacidad de competencia frente a malezas.

Esta característica debería ser tomada en cuenta en condiciones comerciales de producción, priorizando la elección de chacras limpias, si se planifica regar esta especie.

Los excesos de precipitaciones registrados en los períodos estudiados impidieron determinar la respuesta de lotus en producción de semillas frente a condiciones que presentarían mayores niveles de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

1. Contenidos de agua disponible en el suelo elevados determinaron problemas de persistencia en el stand, incrementaron la incidencia de enfermedades en vainas, coronas y raíces, deprimieron la fuerza de competencia de lotus frente a malezas y disminuyeron la población de vainas y rendimientos de semilla.

2. Depresiones del agua disponible en los primeros 40 cm de suelo del orden del 95%, deprimen drásticamente el potencial reproductivo, pero no lo anulan.

3. Hasta que no se disponga de información experimental suficiente, se sugiere en forma orientativa y preliminar, manejar en etapa reproductiva un contenido de agua disponible en el suelo de 40 a 50 % del total, tratando de evitar valores superiores al 50%.

TRÉBOL ROJO

Esta es la especie en que más se trabajó. Las razones técnicas que sustentan los mayores esfuerzos invertidos se fundamentan en los siguientes aspectos:

a) presenta crecimiento determinado en sus tallos, característica que implica una limitación fisiológica frente a excesos de crecimiento vegetativo que pueden generarse con abundante disponibilidad de agua,

b) si después de un riego se producen precipitaciones que llevan el agua disponible en el suelo a valores altos, no se corren tantos riesgos de perder la cosecha como en las otras leguminosas con crecimiento indeterminado de sus tallos (alfalfa, lotus, trébol blanco),

c) de las leguminosas consideradas es la que presenta consistentemente mayores probabilidades de segunda cosecha si se maneja correctamente la fecha de siembra, de cierre al pastoreo y se dispone de la opción de regar si es necesario,

d) es una especie con muy buenas aptitudes para ser incluida en rotaciones agrícolas cortas de alta intensidad como las que se requieren cuando se incluyen inversiones en equipos de riego,

e) presenta un período muy amplio con respuestas positivas al riego posibilitando una mayor flexibilidad en los momentos de riego, sobre todo si compite por el equipo de riego con cultivos muy exigentes en momentos claves de riego, como es el maíz,

f) eventuales problemas de desuniformidad en el riego, excesos, etc no originan problemas tan graves como en las otras leguminosas, en la práctica es la única especie en que podría aplicarse riego por superficie para producción de semillas.

Producción de semillas de trébol rojo en condiciones de registros pluviométricos superiores a los normales en fase reproductiva

En los experimentos realizados en 1997/98 y 1998/99, años en que ocurrieron abundantes precipitaciones durante la fase reproductiva de trébol rojo (Cuadro 2) no se registraron mayores diferencias entre secano y riego en las poblaciones de cabezuelas (datos no presentados) y en los rendimientos de semilla por efectos directos del riego (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimientos de semilla (S kg/há) de trébol rojo en riego y seco de 6 experimentos conducidos en el período 1997 – 1999.

		Semilla kg/ha		
		Secano	Riego	Significación
	1er.cosecha 20/1/98	179	162	NS
E 116				
1er. año				
	2da.cosecha 11/2/98	21*	47*	NS
	1er.cosecha 27/1/99	455	374	P<0.05
	Malezas %	10**	35**	P<0.05
E 116				
2do. año				
	2da.cosecha 14/4/99	144	66	NS
	Malezas %	5	45	P<0.01
	1er.cosecha 26/1/99	368	429	NS
MIZAR				
1er. año				
	2da. Cosecha 26/3/99	64	72	NS

* Problemas de polinización por floración de lotus.

** *Alternanthera* sp.

En los secanos las depresiones del agua disponible en algunas situaciones llegaron a ser del orden de D80% y D 75% del total de agua disponible en la lámina 0 – 40 cm, que son valores importantes para trébol rojo. Sin embargo, estas ocurrieron al inicio de floración. En la floración media y al pico de floración se registraron precipitaciones que llevaban el contenido de agua a capacidad de campo(F 100).

Este aspecto muestra que disminuciones de esa magnitud al inicio de floración en los secanos, no deprimieron los rendimientos de semilla si en la media floración y/o al pico de la misma el suelo se recarga a capacidad de campo o valores próximos.

En trébol rojo E 116 de segundo año (Cuadro 4), en la primer cosecha, el riego deprimió los rendimientos de semilla e incrementó la infestación con malezas, específicamente *alternanthera*.

Esta maleza de muy difícil control, responde muy bien a niveles crecientes de agua y llegó a presentar porcentajes de infestación importantes. Estos determinaron el vuelco del trébol rojo entre el pico de floración y el fin de la misma.

El ambiente más húmedo que genera esta maleza dentro del tapiz originó un deterioro importante de las cabezuelas inmersas dentro de la masa vegetal, determinando que muchas se disgregaran parcial o totalmente.

En la segunda cosecha, la infestación de la maleza también fue muy alta en el tratamiento regado con respecto al seco y si bien el tratamiento regado presentó como tendencia a producir menos semilla, esta diferencia no fue significativa.

Este aspecto, presencia de malezas de este tipo, debe ser tenido en cuenta en condiciones comerciales de producción puesto que pueden determinar disminuciones importantes de los rendimientos de semilla que no compensen los costos extras de producción originados por el riego.

En trébol rojo se han verificado aumentos muy importantes en la competencia ejercida por *Cyperus sp* cuando se comparan tratamientos regados con secos.

Una situación similar se verifica con *Digitaria sp* y/o *Echinochloa sp* (pastos anuales de verano), en semilleros de trébol rojo localizados sobre rastrojos de arroz (zonas este y noreste del país). En estos generalmente las áreas regadas presentan infestaciones importantes de estas malezas en comparación con los cuadros que permanecieron en seco dentro de una misma chacra.

La segunda cosecha, realizada el 11/2/98 (Cuadro 4), presentó rendimientos muy bajos de semilla tanto en el seco como en el tratamiento regado. La floración de un semillero de lotus localizado a 300 metros del trébol rojo determinó que la población de polinizadores disminuyera sustancialmente en el trébol rojo, a pesar de que este semillero de 1 hectárea dispusiera de 4 colmenas fuertes y sanas.

En trébol rojo para aumentar la probabilidad de obtener una buena polinización, además de colocar suficiente número de colmenas sanas y fuertes, es importante asegurarse que no ocurran floraciones simultáneas de otras especies competidoras por polinizadores.

Interesa destacar que con trébol rojo, la decisión de regar constituye un insumo más que tiene un costo, razón por la cual, es imprescindible asegurarse una correcta polinización para que el insumo riego pueda ser redituable.

CONCLUSIONES

Para las zafas 97/98 y 98/99, caracterizadas por registros pluviométricos superiores a los normales durante la fase reproductiva de trébol rojo, la información comentada previamente permite realizar las siguientes conclusiones:

1. Partiendo de chacras que presenten contaminación con malezas de alta respuesta al agua disponible (*Alternanthera sp*, *Cyperus sp*, *Digitaria sp*, *Echinochloa sp*, etc), el aumento en la cantidad de agua aplicada puede incrementar el grado de infestación, a niveles que interfieren significativamente con la producción de semillas, deprimiéndola. En dos de un total de 6 situaciones estudiadas se verificó este problema.

2. Una vez regado un semillero, debe tenerse presente que siempre se corre el riesgo que posteriormente se registren precipitaciones que lleven el agua disponible a valores muy altos. Estos pueden traducirse en vuelco, disgregación de cabezuelas e incluso germinación de la semilla en las propias cabezuelas.

3. En todas las situaciones estudiadas en las zafras 97/98 y 98/99, los riegos implicaron un incremento de los costos de producción, sin retorno económico en términos de producción de semilla.

4. De las seis situaciones reportadas, en 5 los rendimientos de semilla entre secano y riego no difirieron estadísticamente y en una el riego deprimió el rendimiento debido a la gran estimulación del crecimiento que ejerció sobre malezas de alta respuesta a niveles crecientes de agua aplicada y de muy difícil y costoso control mediante herbicidas

5. En dos de los 6 casos estudiados, el riego promovió significativamente la infestación de *Alternanthera sp.*

6. En trébol rojo es imprescindible asegurarse que todos los factores manejables por el hombre conducentes a asegurar una eficiente polinización operen correctamente.

Producción de semillas de trébol rojo en situaciones de sequía intensa

Durante la primavera de 1999 y verano del 2000, período caracterizado por una sequía que aumentó en intensidad, se instalaron cuatro experimentos, dos en un cultivo de primer año sembrado en mayo de 1999 y dos en un semillero de segundo año sembrado en setiembre de 1998. En ambos se evaluó la respuesta al riego en la primer y segunda cosecha.

Trébol rojo Estanzuela 116 de primer año, primer y segunda cosecha, en diferentes regímenes hídricos.

El trébol rojo se sembró asociado a trigo. El 20/10/99 el cultivo se cortó siendo el forraje enfardado. Dicha fecha define el cierre del semillero. La primer cosecha de semilla se realizó el 12/1/00. Esta fecha correspondió al cierre para la segunda cosecha realizada el 15/3/00.

Los riegos fueron realizados por aspersion, mediante cañón regulado para regar 45 m³ / hora.

En el cuadro 5 se reportan los milímetros aplicados por riego (lámina bruta), los registros pluviométricos, ordenados de acuerdo a los estados fenológicos, para la primer y segunda cosecha.

En la primer cosecha se evaluaron dos tratamientos secano (S) y riego (R). En la segunda cosecha el tratamiento regado en la primera, fue dividido en dos y se le aplicaron dos estrategias de riego, una consistió en regar solamente al inicio del rebrote y en el pico de floración (Rif) y la otra implicó además un riego adicional en inicio de floración (R).

Cuadro 5. Milímetros de agua recibidos por riego y precipitaciones en diferentes estados fenológicos en trébol rojo de primer año, en el primer y segundo período de floración.

	Primer cosecha			Segunda cosecha			
	S	R	P	P	S	Rif	R
Inicio rebrote	60(2)	60(2)	13	35	-	50(1)	90(2)
Inicio floración	-	100(3)	23	-	-	-	50(1)
				50			
Pico floración	-	30(1)	58	0	-	50(1)	50(1)
Total mm	60(2)	185(6)	94	85	0	100(2)	190(4)

P precipitaciones, S secano, R riego, Rif riego a inicio y pico de floración.

Primer cosecha

La floración (presencia de cabezuelas con flores con pétalos rojos visibles) se inició el 16/11, aunque recién al 23/11 comenzaron a registrarse valores de 5/m². La aparición de las primeras flores fue equivalente entre el R y S dado que ambos tratamientos recibieron al inicio del rebrote la misma cantidad de agua, 60mm de lámina bruta. Recién a partir del 13/11 el tratamiento R se diferenció del S.

La información recabada para la primer y segunda cosecha se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Producción de semilla, componentes del rendimiento y manejo del agua disponible en floración, en diferentes regímenes hídricos de trébol rojo cv Estanzuela 116 en la primer y segunda cosecha de semilla.

Primer cosecha 12/1/00	S D85 F33	R D38 F93	R if	Significación
Nº C / m ²	284	761		P<0.01
Nº F / C	101	96		P>0.05
Nº S / C	49	26		P<0.05
PMS	1.60	1.86		P<0.05
Semilla kg/há	228	371		P<0.05
Forraje kg /há de MS	1016	1792		P<0.01
Segunda cosecha 15/3/00	S D 93 F22	R D80 F61	Rif D62 F81	
Nº C / m ²	56 b	190 a	222 a	P< 0.05
Nº F / C	87	83	91	P> 0.05
Nº S / C	34	48	43	P> 0.05
PMS	1.49 c	1.70 a	1.52 b	P< 0.01
Semilla kg / há	29 b	156 a	147 a	P< 0.05

C cabezuelas, F flores, S semilla, PMS peso de 1000 semillas.

En la primer cosecha el riego incrementó en forma notable (168 %) el número de cabezuelas / m² y el rendimiento en semilla (63 %) con respecto al secano . Estas presentaron un tamaño, número de flores por cabezuela, similar entre ambos tratamientos.

El número de semillas por cabezuela fue inferior en el tratamiento regado, aunque éstas presentaron mayor peso, (Cuadro 6).

La acumulación de forraje a cosecha aumentó un 76% como resultado de la aplicación del riego con respecto al secano.

En el secano el agua disponible entre el cierre y el pico de floración varió entre D85 y F33, lo que implica un 24% de AD promedio, valor muy bajo para rojo, pero que sin embargo posibilitó la obtención de 228 kg/ha de semilla.

Con riego se permitió que el AD se deprimiera un 38 % (D38) solamente y el agua se repuso a valores próximos a capacidad de campo (F93). Este manejo mantuvo promedialmente un nivel de AD del 65% del total, aspecto que posibilitó un excelente aumento en la población de cabezuelas.

Lamentablemente, este no pudo ser capitalizado en toda su dimensión. Si bien el rendimiento de semilla aumentó significativamente, este no se correspondió con el número de cabezuelas obtenido.

El bajo número de semillas por cabezuela registrado en el tratamiento regado, consecuencia del vuelco, exceso de forraje vegetativo y posicionamiento de cabezuelas dentro del tapiz, seguramente disminuyeron la eficiencia de polinización.

La estructura del tapiz presentó diferencias importantes entre riego y secano.

En secano, además de acumular menos forraje a cosecha las plantas carecían de rebrote basal, tallos vegetativos nuevos creciendo desde la base. En este tratamiento más del 90% de las cabezuelas se originaron a partir del meristemo apical de los tallos (posición terminal) y una escasa proporción, menos del 10% presentaban un origen axilar, localizadas en los entrenudos superiores de los tallos, muy próximas al ápice de los mismos.

Tanto la ausencia de nuevo rebrote basal, como la presencia mayoritaria de cabezuelas en posición apical, permiten sugerir que el tratamiento de secano acentuó dos aspectos de crecimiento determinado, en una planta indeterminada. El posicionamiento mayoritariamente terminal facilita la polinización.

La estructura del tapiz presentado por el trébol rojo en secano, de porte erecto, sin vuelco, baja acumulación de materia seca, altura promedio a cosecha de 19 cm y posición de las cabezuelas mayoritariamente terminales, por tanto localizadas en la parte superior del tapiz, conformó una situación ideal para una cosecha directa eficiente.

Con riego, la acumulación de materia seca fue muy superior, altura del tapiz de 42 cm, excepto en las áreas con vuelco (25% de vuelco), con cabezuelas en posición terminal (64 % de la población) mientras que un 36 % presentaban posición axilar, quedando muchas de éstas últimas inmersas en una abundante masa de forraje.

La alta cantidad de cabezuelas en posición axilar, en entrenudos distantes hasta 10 cm de los ápices probablemente explique la muy alta cantidad de cabezuelas presentada en el tratamiento regado con respecto al secano. Además indica que el mayor nivel de AD posibilitó que se desarrolle un mayor número de yemas axilares a cabezuelas, atributo fisiológico diferencial de trébol rojo comparativamente con alfalfa y lotus.

Sin embargo, en trébol blanco Zapicán, incrementos en el agua disponible en las etapas finales de la floración principal, también aumentan la aparición tardía o muy tardía de nuevas cabezuelas. Este aspecto generalmente complica la determinación de los momentos óptimos de cosecha y frecuentemente deprime los rendimientos de semilla cosechable en trébol blanco.

Interesa resaltar que el tratamiento regado, presentó una cantidad mayor de tallos fértiles, o sea con cabezuelas y estos presentaban promedialmente un mayor número de cabezuelas por tallo fértil (0.41 en secano versus 0.67 en riego), valores significativamente diferentes ($P < 0.01$).

El follaje estaba compuesto en la zona media e inferior del estrato vegetal por alta cantidad de nuevos rebrotes, mayoritariamente vegetativos, que al momento de cosecha cubrían cabezuelas maduras de los tallos fértiles que florecieron antes.

Estas aún presentaban las flores firmes, sin embargo, se encontraban en un estado próximo al comienzo de la disgregación. Este atributo permite sugerir que en estas condiciones, probablemente no sea conveniente dilatar la cosecha por mayores riesgos de pérdidas de semillas por disgregación de las cabezuelas durante los operativos de cosecha, si se considera el riesgo de ocurrencia de precipitaciones sobre el cultivo en esa condición..

El estado de este tratamiento indicaría que la cosecha indirecta sería el método más apropiado, o directa previa aplicación simple o doble de desecante.

La masa de forraje existente y principalmente la fracción mas foliosa, vegetativa, probablemente determinó el vuelco que comenzó a producirse desde etapas intermedias de la floración. Probablemente este hecho sea la causa del menor número de semillas por cabezuela presentado en este tratamiento, consecuencia de mayores dificultades de ser polinizadas sobre todo en los estratos más bajos del tapiz.

Segunda cosecha

En la segunda cosecha la población de cabezuelas y rendimientos de semilla disminuyeron con respecto a la primera, aspecto normal para trébol rojo y otras leguminosas forrajeras perennes en nuestro país.

La población de cabezuelas y rendimiento de semilla fueron significativamente menores ($P < 0.05$) en el secano que en los tratamientos regados. Entre los dos tratamientos regados no se verificaron diferencias, razón por la cual el riego realizado a inicio de floración en el tratamiento R fue innecesario.

El rendimiento de semillas obtenido en el secano por cosecha manual, 29 kg/ha, es equivalente a rendimiento cero en condiciones comerciales de producción.

El agua disponible en el secano varió entre D93 y F22, valores muy bajos en relación a las exigencias de trébol rojo para una correcta expresión de sus estructuras reproductivas.

La ausencia de diferenciación entre los dos tratamientos regados probablemente se explique más que por las diferencias de agua disponible en el suelo, 40 y 59% para Rif y R respectivamente, por un menor estímulo reproductivo interno de las plantas.

La baja cantidad de cabezuelas producida por ambos y un número excesivo de tallos vegetativos presentes, sin alargar sus entrenudos sustentan la hipótesis planteada.

La arquitectura y conformación de las estructuras vegetativas de estas plantas jóvenes, con menos de un año de edad, "en fase reproductiva" fue muy semejante a la correspondiente al reinicio del crecimiento vegetativo de fines de otoño.

En nuestro país, tanto en siembras asociadas donde la leguminosa debe soportar con desventaja la competencia del cereal y por tanto presenta un menor desarrollo de sus órganos, principalmente los subterráneos, o en siembras puras realizadas tarde en invierno o inicios de primavera, normalmente trébol rojo produce una sola cosecha de semilla, en general de bajo potencial reproductivo.

En estas situaciones, la organización temporal y espacial del crecimiento de la planta, que es bianual, está priorizado, direccionando hacia el crecimiento vegetativo, con el objetivo que a partir de este, se produzca un adecuado crecimiento de sus órganos subterráneos vitales, raíz y corona, que son los que realmente aseguran la supervivencia de la planta en un segundo año.

Este experimento fue sembrado en forma asociada y por manejo fue forzado a producir dos cosechas. Si bien en la primera se obtuvieron buenos registros reproductivos, ya desde la primer cosecha las plantas presentaron abundante crecimiento vegetativo en los tratamientos regados.

En la segunda cosecha evidentemente a pesar del manejo impuesto, las plantas priorizaron las estructuras que aseguran supervivencia de la planta, en desmedro de las estructuras reproductivas. Lotus y alfalfa presentan un comportamiento similar.

En el experimento de segundo año, situado próximo al de primer año y conducido en forma paralela a este, tanto durante la primera y especialmente en la segunda cosecha, no se verificó la presencia de nuevo rebrote basal a pesar del riego.

Las plantas de segundo año de esta leguminosa, independientemente de los problemas de enfermedades de raíz y corona que puedan presentar, actúan fisiológicamente de forma muy diferente a las de primer año. En plantas de segundo año, las señales internas priorizan maximizar el desarrollo reproductivo con el objetivo de asegurar la persistencia de la planta por la única vía posible cuando están próximas a la muerte, dicha vía es la producción de semillas. Precisamente, a continuación se reportarán los datos del segundo año, donde se verificaron excelentes respuestas en población de cabezuelas y rendimiento de semilla, en ausencia de rebrote basal.

Los comentarios precedentes permiten concluir que: los tallos de trébol rojo son determinados (cabezuela terminal), pero mientras que las plantas de primer año tienen un comportamiento indeterminado, las de segundo año recuerdan una especie anual, determinada.

El manejo de leguminosas para producción de semillas, requiere de un adecuado conocimiento del comportamiento de las mismas, que es fundamental en variables como riego. El desconocimiento de estos puede desembocar en fracasos rotundos de la inversión en equipos de riego, ya que se arriesga a obtener resultados exactamente opuestos a los que se definen cuando se hace la inversión.

Trébol rojo Estanzuela 116 de segundo año, primer y segunda cosecha en diferentes regímenes hídricos

La pastura venía siendo pastoreada en forma rotativa con bovinos y el 23/9/99, fecha de cierre, se le retiró el pastoreo y se uniformizó con rotativa.

Los riegos fueron por aspersión, realizados con cañon regulado para aplicar un caudal de 45 m³ /hora. Las cantidades de agua aplicadas por riego corresponden a la lámina bruta.

En el primer ciclo de floración - semillazón se evaluaron dos tratamientos, secano (S) y riego (R). En el segundo ciclo el tratamiento regado durante el primer ciclo fue dividido en dos tratamientos. A uno, tratamiento R se le aplicaron riegos a inicio del rebrote, inicio y pico de floración, mientras que el segundo tratamiento fue regado a inicio del rebrote y en el pico de floración (R if).

Las cantidades de agua aplicadas en cada tratamiento durante los dos períodos evaluados (láminas brutas) y las precipitaciones se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Milímetros de agua recibidos por riego y precipitaciones en diferentes estados fenológicos en trébol rojo de segundo año, en dos períodos entre cierre y cosecha.

	Primer cosecha			Segunda cosecha			
	S	R	P	P	S	Rif	R
Inicio rebrote	-	20(1)	13	35	40(1)	40(1)	80(2)
Inicio floración	-	55(2)	23	-	-	-	40(1)
				50			
Pico floración	-	65(2)	25		-	50(1)	50(1)
			23				
Total mm	-	180(5)	84	85	40(1)	90(2)	170(4)

P precipitaciones, S secano, R riego, Rif riego a inicio y pico de floración.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Producción de semilla y componentes del rendimiento en trébol rojo cv Estanzuela 116 de segundo año, en diferentes regímenes hídricos, en la primera y segunda cosecha.

	Cierre 23/9/99		Cierre 12/1/00		
	1er. Cosecha 12/1/00		2da. Cosecha 15/3/00		
	S	R	S	Rif	R
AD	D94F27	D75F90	D92F23	D80F61	D62F81
N°C/m ²	349 b	602 a	0	392 b	580 a
S kg/ha	206 b	617 a	0	286 b	444 a
PMS	1.5 b	1.8 a	-	1.5	1.6
N°S/C	38 b	55 a	-	47	47
N°F/C	106	111	-	82	76
TMS/ha	1.1 b	3.0 a			

C cabezuelas, S semilla, PMS peso 1000 semillas, F flores, TMS toneladas de materia seca. Letras diferentes para cada variable dentro de una misma cosecha indican diferencias significativas al nivel $P < 0.05$.

Primer cosecha

Durante el primer ciclo de floración semillazón el riego con relación al secano aumentó la población de cabezuelas un 72%, los rendimientos de semilla un 199%, el peso de mil semillas un 20%, el número promedio de semillas por cabezuela un 45% y el forraje acumulado a cosecha un 172%.

Exceptuando el tamaño de las cabezuelas (número de flores por cabezuela), variable que no se diferenció entre riego y secano, los restantes componentes del rendimiento presentaron incrementos muy importantes, especialmente en el rendimiento de semilla y el número de cabezuelas por m².

El menor N°S/C verificado en el secano puede ser una consecuencia del mayor grado de estrés hídrico presentado en este tratamiento. La literatura internacional reporta respuestas positivas al riego con esta variable, similares a las señaladas en el cuadro 8. En nuestro país la obtención de altos N°S/C es una variable clave para asegurar altos rendimientos de semilla a cosecha.

En el secano se obtuvieron 206 kg/ha de semilla a pesar de presentar depresiones muy importantes en el agua disponible (D94), próximas al coeficiente de marchitez permanente con reposición baja de agua (F27).

El tratamiento regado se mantuvo con un promedio de agua disponible del orden del 58% (D75 F90), incrementándose notoriamente la producción de cabezuelas y semilla y corroborando las buenas respuestas al riego que esta especie es capaz de realizar.

El tratamiento regado no presentó vuelco a cosecha. La decisión de cosechar ambos tratamientos el mismo día, 12/1/00, donde el secano presentaba las cabezuelas con tonalidades de marrón muy oscuro y el regado con coloración menos intensa, se sustenta en que se priorizó reiniciar el rebrote posterior cuanto antes en el tratamiento regado, con el objetivo de asegurar una mayor producción de semilla en la segunda cosecha y que esta pudiera ser realizada en marzo.

De haber esperado en el tratamiento regado unos 10 días más para un secado equivalente al secano de las cabezuelas, el rebrote y pico de floración se hubieran retardado, deprimiendo los potenciales de segunda cosecha y aumentando riesgos de cosecha, puesto que esta seguramente se correría hacia el mes de abril.

Segunda cosecha

Con el objetivo de simplificar el cuadro 8, en el secano se indican para el $N^{\circ}C/m^2$ y rendimiento de semilla valores de 0, ya que los parámetros evaluados experimentalmente cuando se extrapolan a condiciones comerciales de producción deben considerarse como nulos.

Estrictamente en el secano se contabilizaron 10 C/m^2 y 8 kg/ha de semilla. La sequía intensa actuando sobre plantas de trébol rojo de segundo año y además en el segundo verano, donde es característico en esta especie la verificación del deterioro de su sistema radical, que dificulta el transporte de agua hacia la parte aérea, se tradujo en que la mayoría de las plantas murieran.

El AD en el suelo fue del 15 % para el secano (D92F23), nivel similar al de la primer cosecha donde produjo 206 kg/ha de semilla. La intensidad del estrés (15 % de AD) mantenida por un período prolongado, durante las dos cosechas (duración del estrés) determinó la muerte de la mayoría de las plantas.

Las pocas plantas que permanecieron vivas, presentaban muy pocos tallos por planta, mayoritariamente estériles, o sea, sin cabezuelas. Los pocos tallos fértiles existentes presentaron solamente una cabezuela en posición terminal. La sequía en el secano no posibilitó que se desarrollara ninguna cabezuela axilar. La altura de las cabezuelas desde el nivel del suelo no superaba los 14 cm.

Entre los tratamientos regados, Rif y R, se verificó una respuesta importante al mayor nivel de agua aplicado, tratamiento R. En este, los riegos adicionales, uno al inicio del rebrote y el segundo a inicio de floración determinaron aumentos en el $N^{\circ}C/m^2$ y rendimiento de semilla de 48 y 55% respectivamente con respecto al tratamiento Rif.

El aumento en el $N^{\circ}C/m^2$ en el tratamiento R con respecto al Rif se explica por una mayor cantidad de cabezuelas de origen axilar por tallo, evidenciando que el riego, promovió un mayor desarrollo reproductivo de yemas en posición axilar, o sea, aumentó la fertilidad de los tallos.

Los restantes componentes del rendimiento evaluados no se diferenciaron.

Mientras que en el tratamiento Rif el agua disponible varió entre D75 y F83, donde la depresión del 75% del AD constituye un valor alto para trébol rojo, que no posibilita la mayor

expresión reproductiva, en el tratamiento R el AD promedio fue de 70 %, variando entre D60 y F100. El mantenimiento de un nivel más elevado de agua en el suelo permitió un aumento significativo en la producción de cabezuelas y semilla en el tratamiento R con relación al Rif (Cuadro 8).

Interesa destacar que los tratamientos regados presentaron un muy alto número de semillas (47) por cabezuela, con respecto a lo que normalmente se obtiene en las condiciones de La Estanzuela. La presencia abundante de polinizadores **trabajando efectivamente** sobre las flores de trébol rojo explica la alta tasa de formación de semilla, promedialmente de 59% para R y Rif.

La sequía intensa determinó que prácticamente las abejas no dispusieran de otras flores competitivas en las cercanías del cultivo de trébol rojo para polinizar. Las excelentes condiciones de radiación, días luminosos, sin viento, etc, también posibilitaron un buen trabajo de los polinizadores.

En La Estanzuela, en condiciones climáticamente promedios, la abundancia de flores competitivas con trébol rojo normalmente no permite superar las 10 – 15 semillas por cabezuela, a pesar de que se coloquen 4 a 5 colmenas fuertes y sanas por hectárea. Son frecuentes valores de 10 o menos.

Cuando se riega trébol rojo para semillas es imprescindible asegurar una correcta polinización, de lo contrario se corre el riesgo de aumentar la población de cabezuelas en condiciones de sequía, sin que se traduzca en mayores rendimientos de semilla.

En los dos tratamientos regados no se originó vuelco, ni promoción de rebrote basal, presentando ambos tratamientos al momento de cosecha una muy buena estructura de tapiz y uniformidad de maduración de cabezuelas, que posibilitan en principio una alta eficiencia en la cosecha directa.

CONCLUSIONES

En condiciones de sequía con intensidad creciente durante primavera y verano y con muy baja competencia por polinizadores de otras plantas, los resultados obtenidos permiten concluir que:

1. El riego aplicado enseguida del cierre, promovió el rebrote rápido de las plantas, aumentando la posibilidad de cosecha, especialmente al inicio del segundo rebrote con destino a segunda cosecha, en que fue imprescindible para obtener rendimientos de semilla económicamente cosechables tanto en cultivo de primer como de segundo año.
2. Los secanos presentaron muerte prematura de plantas y el cultivo de segundo año murió antes de finalizar el verano.
3. El riego promovió aumentos significativamente muy importantes en la producción de cabezuelas, especialmente las de origen axilar, en los rendimientos de semilla y forraje.
4. El riego aumentó la fertilidad de los tallos, es decir, aumentó la proporción de estos que presentaban por lo menos 1 cabezuela, y dentro de estos, incrementó el número de cabezuelas por tallo fértil.

5. El tamaño de las cabezuelas no varió significativamente ($P>0.05$) con el riego.
6. El número de semillas por cabezuela fue deprimido por el riego a consecuencia del vuelco en floración del cultivo de primer año.
7. En las situaciones que no se verificó vuelco, el riego aumentó el número de semillas por cabezuela, especialmente en el semillero de segundo año, o sea, aumentó la fertilidad de las flores, desconociéndose si este efecto se debe a la fertilidad de los óvulos, del polen, o a una mayor atracción por parte de los polinizadores, etc.
8. En situaciones sin vuelco, las variables que explicaron mayoritariamente los aumentos en los rendimientos de semilla obtenidos con cantidades crecientes de agua aplicadas fueron la población de cabezuelas y el número de semillas por cabezuela.
9. Las segundas cosechas de los secanos fueron fuertemente deprimidas por la sequía, al extremo que el semillero de segundo año no produjo prácticamente semilla y se perdió el stand,
10. El riego en el cultivo de primer año, primer cosecha originó vuelco y emergencia de rebrote basal. Ambas características dificultaron la polinización, aumentaron los riesgos de disgregación de cabezuelas y de germinación de la semilla a campo.
11. En general los rendimientos de semilla mayores, intermedios y bajos se registraron con niveles promedio de agua disponible entre inicio del rebrote y pico de floración del orden de 60% o más, 40 a 50 % y menos de 25% respectivamente.
12. Las respuestas obtenidas deben enmarcarse dentro de una situación de muy bajas precipitaciones durante los períodos de floración - semillazón, características frecuentemente seleccionadas para áreas de producción de semillas de esta especie en otras partes del mundo y que en nuestro país ocurren con menor frecuencia.

Análisis de la Viabilidad de Sistemas de Riego para Maíz: Estudio de Casos y Evaluación de Estrategias

**Guillermo Cardellino (PRENADER)
Walter E. Baethgen (IFDC Uruguay)**

RESUMEN

1.-Introducción

El riego es una herramienta útil en la búsqueda de mejoras de los niveles de rentabilidad y estabilidad de los ingresos en los sistemas agrícolas ganaderos, pero no siempre resulta viable su implementación ya sea por razones físicas, económicas y de gestión.

La adopción del riego en estos sistemas requiere de un análisis en profundidad del impacto que la tecnología produce en los ingresos netos del predio en el largo plazo, considerando las limitantes que se deben sortear en el manejo agronómico de suelos y cultivos y los ajustes que se deben verificar en la operativa y gestión general de las empresas.

Los proyectos que se han implementado con resultados exitosos, reúnen la condición de haber logrado armonizar el potencial que ofrecen los recursos naturales disponibles en los predios para el desarrollo del riego y para la obtención de altos niveles de producción de los cultivos con niveles de inversión y costos operativos acordes a las expectativas razonables de ingresos

Un criterioso estudio de la potencialidad que presentan los predios y las empresas para el desarrollo de esta práctica y el contraste con otras alternativas tecnológicas que puedan redundar en mejoras de la rentabilidad sin incurrir en cambios sustanciales en la gestión, es tarea prioritaria en el proceso de toma de decisiones que conduzca a la definición del tema.

El presente trabajo tiene por objetivo compartir información para ser utilizada en análisis de la factibilidad de riego de maíz.

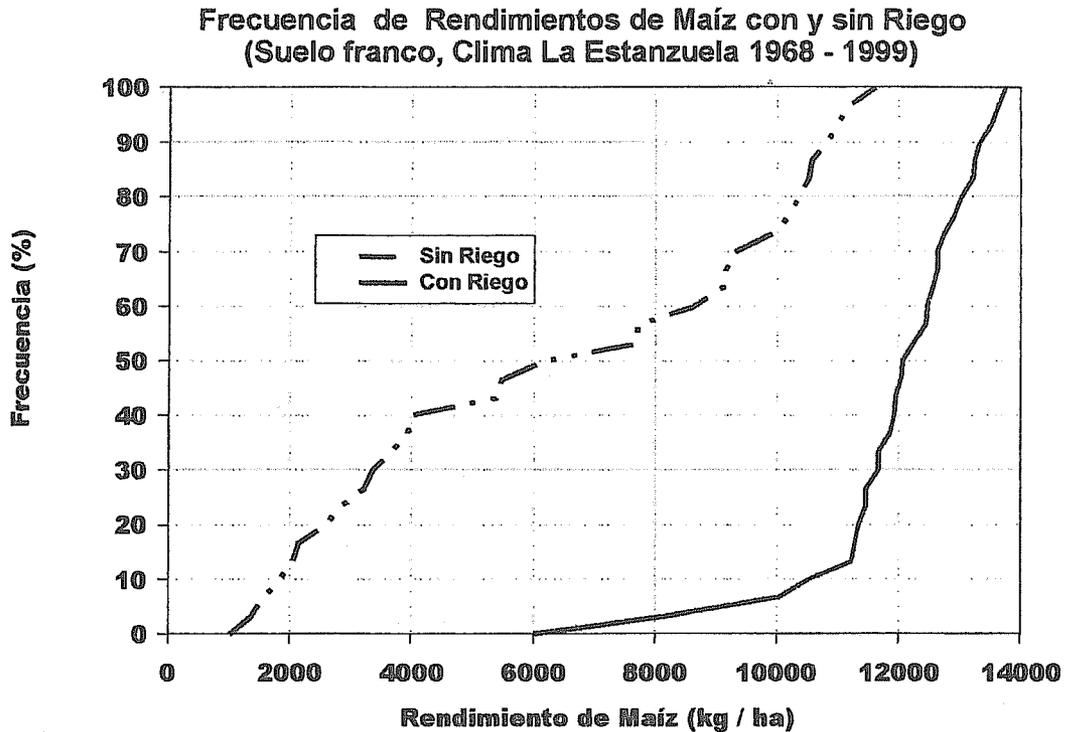
2.-Magnitud y Frecuencia de las Deficiencias de Agua

La ocurrencia de deficiencias de agua que limitan la productividad del maíz es un hecho que se da con cierta frecuencia y con intensidad variable.

Mediante el empleo de técnicas de manejo de suelos y cultivos y el uso de materiales genéticos tolerantes a la sequía es posible mitigar los efectos de las deficiencias de agua sobre la producción del maíz. Sin embargo los promedios de producción así como su estabilidad son menores a los obtenidos en cultivos con riego (Figura 1).

El análisis de la factibilidad de riego implica estimar: la magnitud de las deficiencias de agua, su probabilidad de ocurrencia, sus efectos sobre el rendimiento y el incremento de margen bruto esperado por el riego.

Figura 1: Frecuencia de Rendimientos de Maíz con y sin riego



3. Sistema de Riego en el Marco de un Manejo Integral de Suelos, Aguas y Cultivos.

Se parte del supuesto básico de que la oferta ambiental y el manejo agronómico no son limitantes para la obtención de altos rendimientos de forma sostenible.

El diseño del sistema implica optimizar sus componentes.

SUELOS

- Aptitud agrícola
- Topografía

ROTACION

- Intensidad

MANEJO DE SUELOS

- Siembra directa
- Cobertura de invierno

MANEJO DE CULTIVOS

- Población
- Fertilización

FUENTE DE AGUA

CONDUCCION PRIMARIA

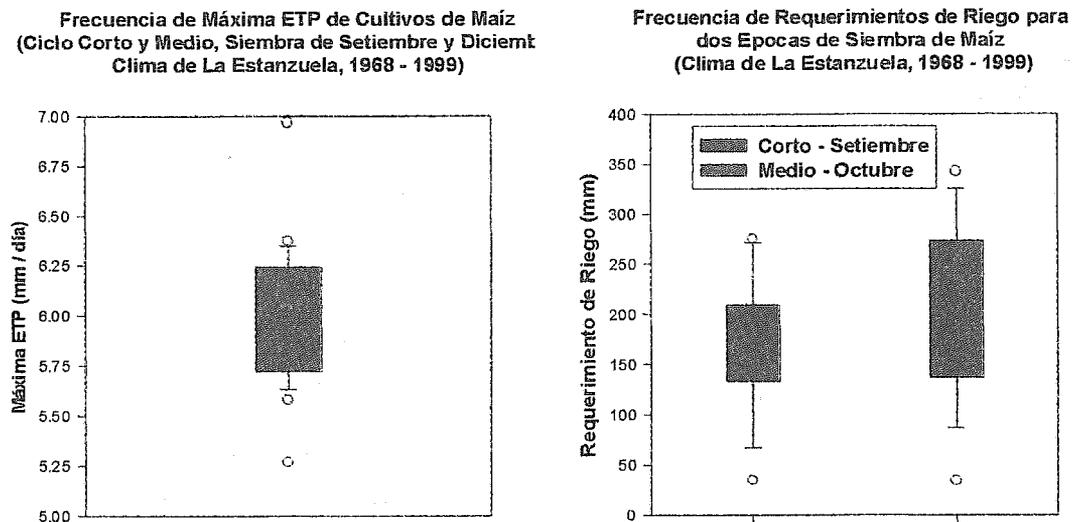
CONDUCCION SECUNDARIA

SISTEMA DE APLICACION

Las diversas combinaciones de estos factores en un equilibrio racional puede conducir a niveles de inversión y costos operativos muy variables.

A los efectos del diseño del sistema de riego es necesario definir cual es la cantidad y probabilidad de ocurrencia de las necesidades agua (volumen) y la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo en su periodo crítico (caudal).

Figura 2: Estimación de ETP diaria máxima y de requerimientos de riego para maíz de altos rendimientos (calculados con el modelo CERES Maize)



A partir de la definición del volumen y del caudal del proyecto se definen componentes principales de la inversión como son la fuente de agua y los elementos de conducción y bombeo. Los resultados presentados en la figura 2 indican que: (a) los valores de ETP máxima diaria más frecuente oscilan entre 5.75 y 6.25 mm/día, y (b) los requerimientos de riego más frecuentes varían entre 150 y 280 mm.

4.- Inversión y Costos Operativos de Riego

Se presenta información de casos reales a efectos de caracterizar los montos de inversión y costos operativos y su variabilidad.

Tabla 1: Resumen de estudio de casos de proyectos de riego

CASOS	AREA RIEGO (ha)	Fuente Agua U\$S	Equipos U\$S	Inversión (U\$S / ha) U\$S	Costos Var. U\$S / mm	Costo Total (U\$S / ha) U\$S	Costos Fijos %
1 PIVOT-represa	100	39900	113000	1529	0.54	354	62
2.1 Autoprop-pozos	22	9240	29280	1750	1,11	545	50
2.2 SURCOS-pozos	35	21560	13900	1013	0,525	313	48
3 Autoprop- Arroyo	45	0	67000	1489	0.82	428	52
4 SURCOS-arroyo	100	62000	0	620	0,25	170	54

5.- Resultados de Producción

Con el fin de ilustrar niveles de rendimiento que se están obteniendo en la actualidad a nivel de establecimiento se presentan los resultados de dos casos para los cuales se dispone de registros de varios años.

Tabla 2: Resultados para Caso N°1 de rendimientos de maíz irrigado y consumo total de agua (método surcos).

Año	Kg/ha	m ³ /ha riego
94-95	7500	5000
95-96	8140	4500
96-97	9000	4000
97-98	11250	1670
98-99	8400	3890
99-00	7300	4500

Tabla 3: Resultados para Caso N° 2 de rendimientos de maíz irrigado (grano en kg/ha, y silo en kg materia verde / ha)

	Grano	Silo
AÑO90/91		52000
AÑO92/93	10500	46000
AÑO93/94		94700
AÑO94/95	10900	40500
AÑO95/96		54625
AÑO96/97		51800
AÑO98/99	13430	
AÑO 99/00		70000

Tabla 4: Resultados para Caso N°3 de rendimientos de maíz irrigado y consumo total de agua (método pivot central).

Círculo	Area (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Riego (mm)	Lluvia (mm)	Riego+Lluvia (mm)
1.1	85	8790	398	379	777
1.2	70	7490	300	429	729
2.1	82	9900	408	379	787
2.2	73	8000	268	429	697
3.2	84	8240	347	358	705

6. Estrategias para Reducir los Costos Fijos de los Sistemas de Riego

Es posible definir estrategias de uso de la inversión para diluir costos fijos de las que se pueden esperar mejoras en los márgenes brutos sin alterar los niveles de seguridad de los proyectos.

La evaluación de estrategias productivas orientadas a la reducción de los costos fijos requiere analizar una gran cantidad de variables. Entre otras se pueden citar: la variabilidad climática, los precios del grano, los costos de los insumos, los costos del riego, el manejo del suelo y del cultivo (fertilización, elección del cultivar, época de siembra, laboreo, etc.). La consideración de todos estos factores y de sus interacciones en condiciones de campo es inviable por la complejidad de las situaciones a considerar. En estos casos, los modelos de simulación de producción de cultivos se constituyen en una herramienta de gran efectividad.

Los modelos de simulación de cultivos son programas de computadora que simulan el desarrollo y el crecimiento vegetal en base a las relaciones que existen entre las plantas y el medio ambiente en que crecen. Es cada vez más clara la tendencia a la aplicación de técnicas de simulación con fines de planificación agropecuaria, ayuda para la toma de decisiones a nivel de país, región o productor.

El proceso que ha desencadenado esta tendencia en el área de producción de cultivos y pasturas, comenzó probablemente con la capacidad de analizar y sintetizar grandes cantidades de información. En efecto, la investigación agronómica de los últimos 100 años ha permitido cuantificar el efecto de factores climáticos, genéticos, edafológicos, y de manejo sobre el desarrollo y la producción de cultivos. Es así que la investigación sistemática en áreas como Fisiología Vegetal, Fitotecnia, Agro-climatología, Fertilidad y Física de Suelos, etc., ha permitido comprender la forma en que el crecimiento de los cultivos es afectado por diversos factores. En la mayoría de los casos se han desarrollado funciones matemáticas de diferente grado de complejidad que describen estos efectos.

El cúmulo de información generada, y la creciente accesibilidad de equipos de computación han llevado a que muchos investigadores en el mundo hayan volcado grandes esfuerzos para el diseño y la construcción de modelos de simulación capaces de predecir procesos biológicos.

Uno de los grupos de modelos que más se han venido utilizando en el mundo son los del DSSAT. En la actualidad existen modelos DSSAT que simulan adecuadamente el desarrollo y la producción de trigo, cebada, maíz, sorgo, arroz, mijo, maní, soja, pasturas y papa, y se encuentran en desarrollo modelos para pasturas, girasol, aroides y caña de azúcar. El International Fertilizer Development Center (IFDC) ha establecido numerosos proyectos de investigación en diferentes países del mundo, incluyendo Uruguay, para calibrar y evaluar los modelos DSSAT en condiciones de chacra. Desde hace varios años el IFDC ha venido trabajando con INIA en los modelos de maíz, trigo y cebada, y se encuentra en la actualidad trabajando con los modelos de girasol, sorgo, arroz y pasturas.

En el presente trabajo se utilizó el modelo DSSAT de maíz (llamado CERES Maize) para evaluar el impacto de diferentes factores agronómicos y económicos sobre los rendimientos, las necesidades de riego y los márgenes brutos de cultivos irrigados.

A continuación se presentan algunas figuras de los resultados obtenidos con estos análisis que se tratarán con más detalle en la presentación del trabajo.

A. Profundidad de raíces

Figura 3: Impacto de la profundidad radicular en la variación de rendimientos de maíz irrigado (La Estanzuela, 30 años)

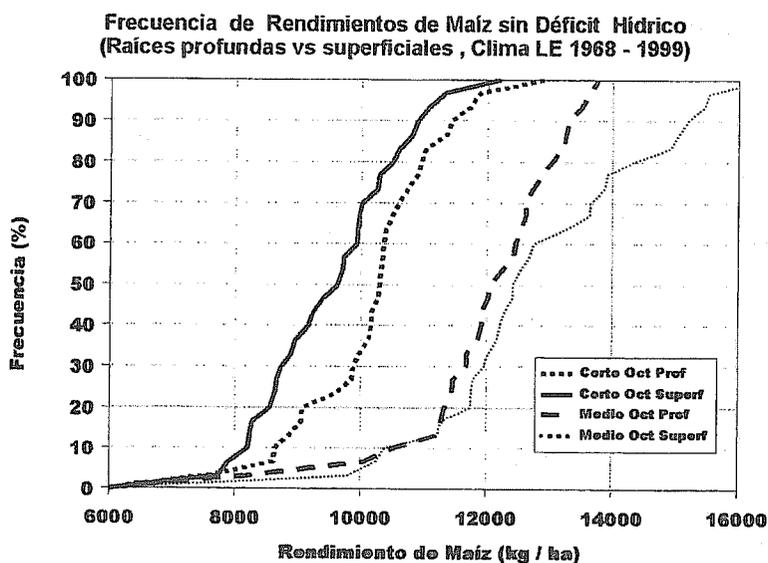
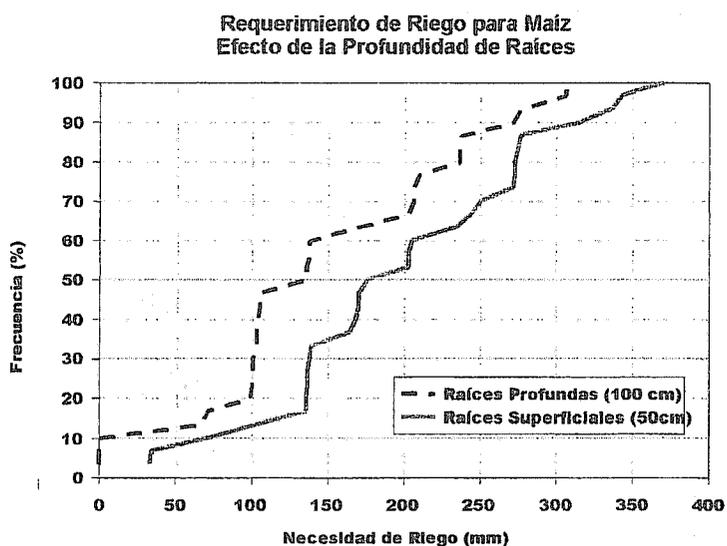


Figura 4: Impacto de la profundidad radicular en la variación de requerimientos de riego para maíz (La Estanzuela, 30 años)



B. Irrigación de mayores áreas de cultivo de maíz combinando diferentes ciclos y épocas de siembra

Figura 6: Necesidad de riego calculada para dos cultivos de maíz: ciclo corto sembrado en Setiembre y ciclo medio sembrado en Octubre (resultados para un año de gran requerimiento de riego, 1988/89)

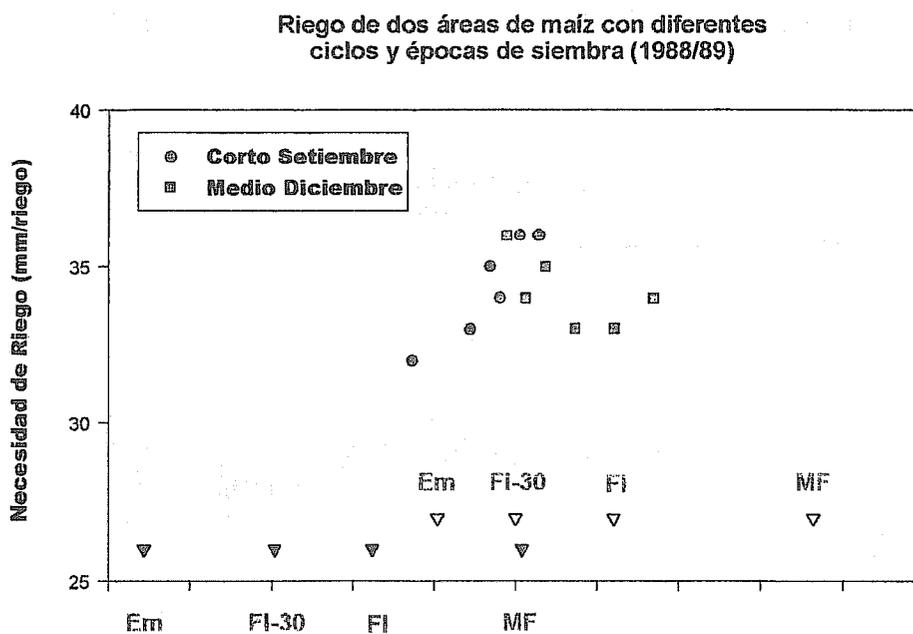
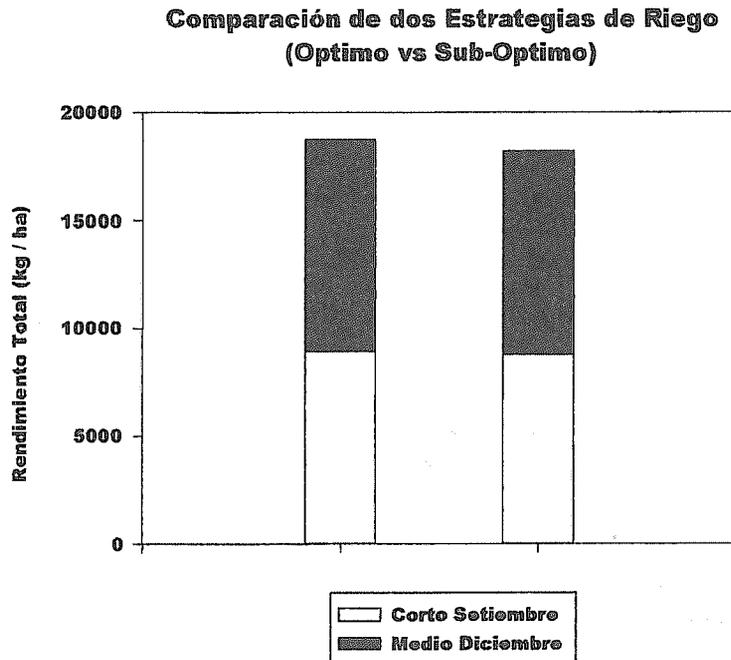


Figura 7: Resultados de producción de dos cultivos de maíz: ciclo corto sembrado en Setiembre y ciclo medio sembrado en Octubre, irrigados con el total del riego estimado (óptimo), y con una estrategia de riego que permite considerar ambos cultivos (sub-óptimo).



C. Márgenes brutos para cultivos irrigados y en secano (30 años)

Figura 8: Márgenes brutos para cultivos de maíz de altos rendimientos.
(a) Ciclo corto, siembras de Setiembre (1968/69 – 1999/2000)

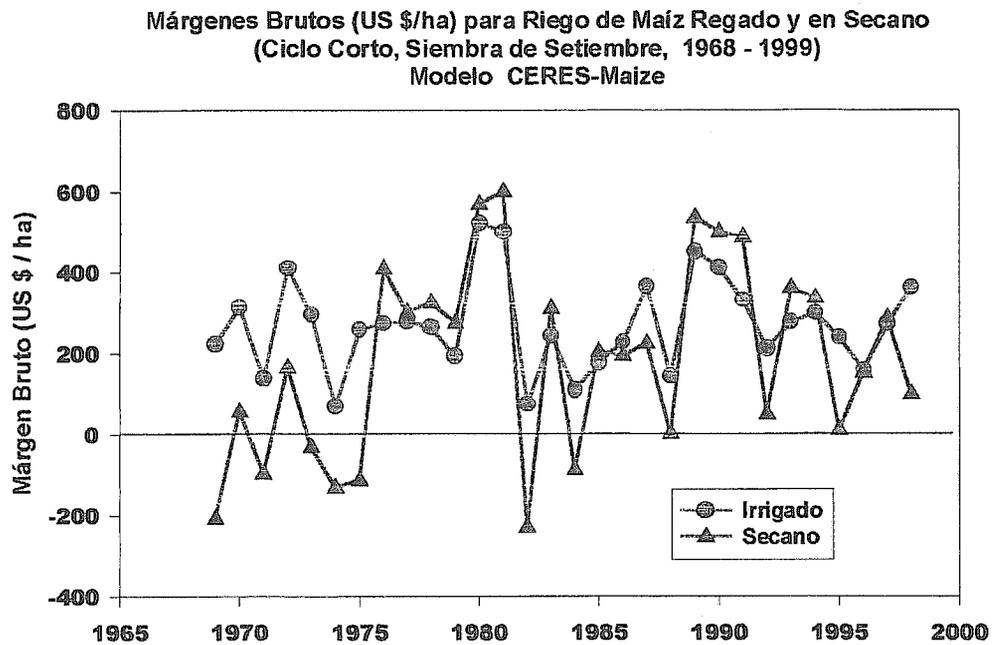
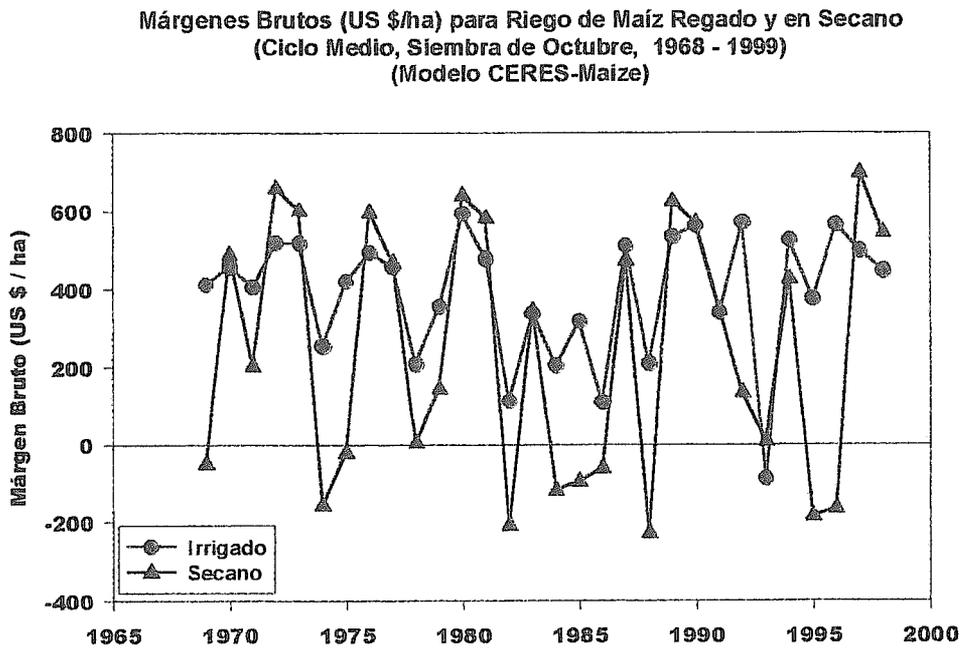


Figura 9: Márgenes brutos para cultivos de maíz de altos rendimientos.
(a) Ciclo medio, siembras de Octubre (1968/69 – 1999/2000)



Perspectivas de mercados para los cultivos de verano oleaginosos

Gonzalo Souto, María Methol

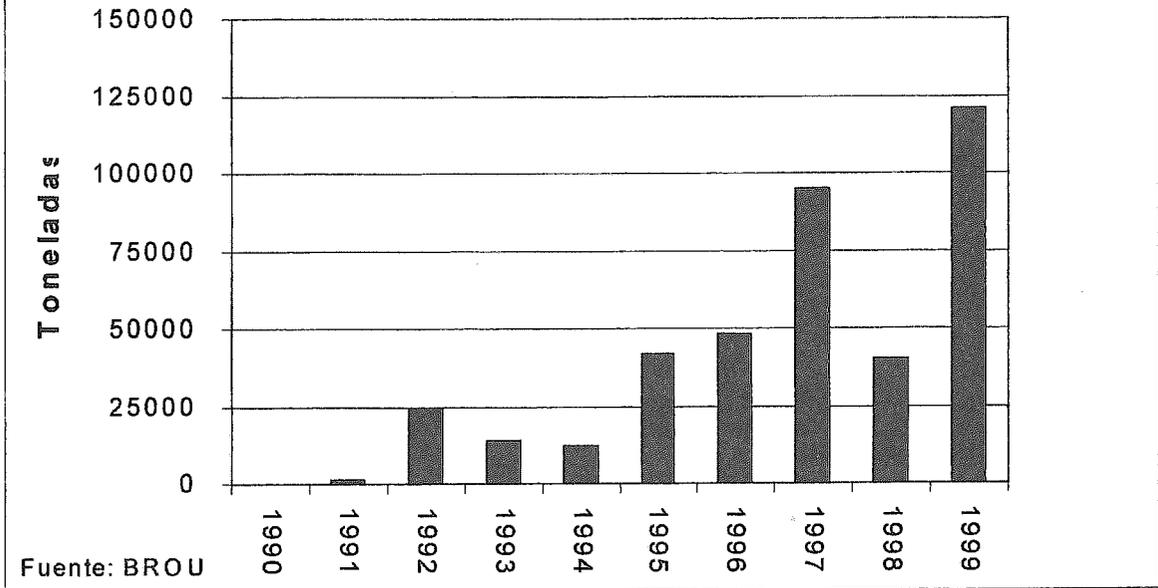
Oficina de Programación y Política Agropecuaria
opypa - mgap

MERCADO OLEAGINOSO LOCAL

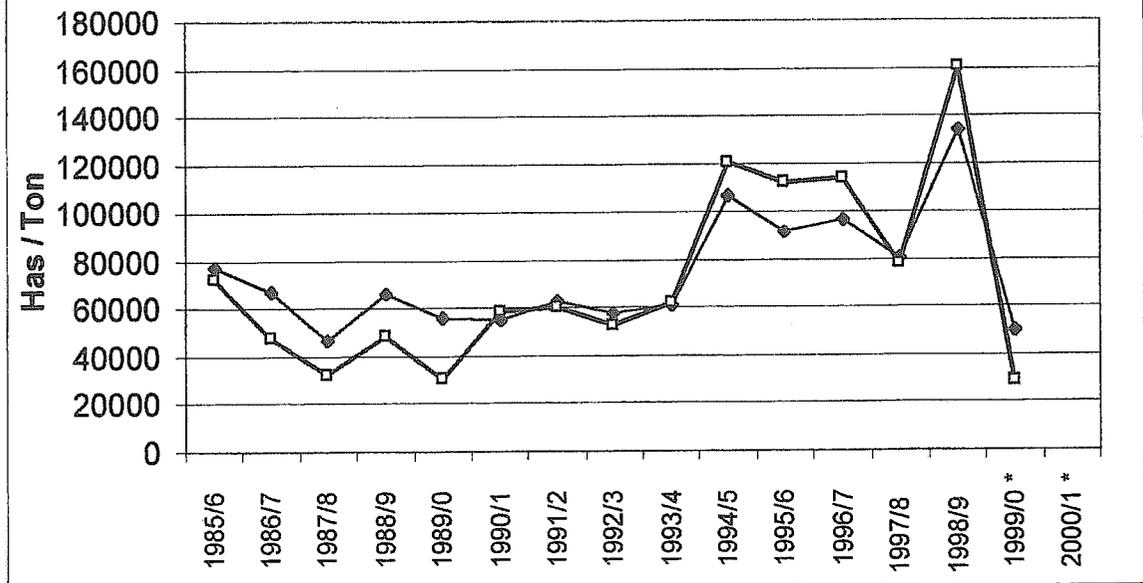
En el girasol sostenida corriente exportadora consecuentemente, precios internos orientados por la "*paridad de exportación*" en la última cosecha grave caída de la cosecha (-82%), por reducción conjunta de áreas (-63%) y de los rendimientos (-52%) precio interno "2000" cayó (-3%) pero menos que la referencia externa (FOB argentino se redujo 16% en igual período)

La soja mantiene una tendencia levemente ascendente en su cosecha el precio interno "2000" subió (+11%), en consonancia con la evolución externa (FOB argentino subió 16% en igual período).

Exportaciones de grano de girasol

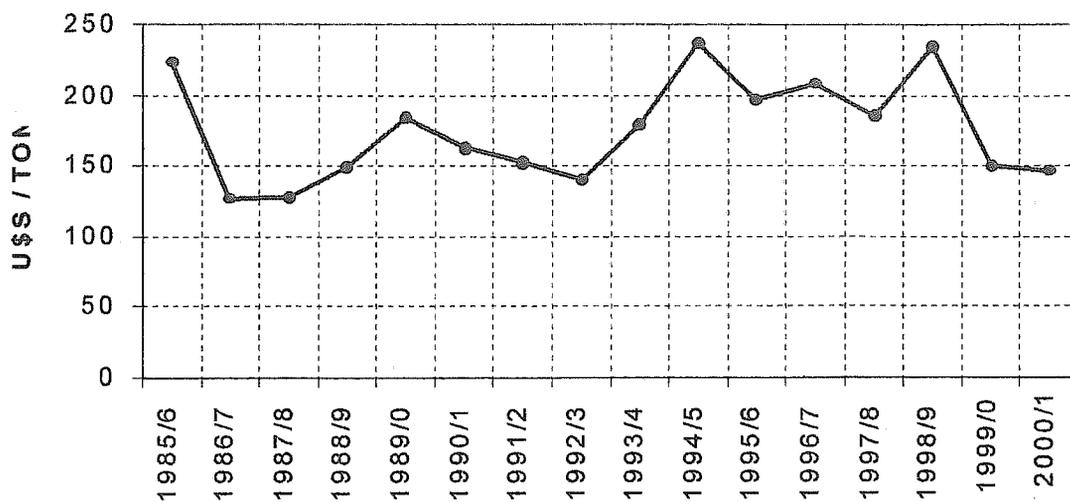


Girasol evolución de siembras y cosechas



GIRASOL

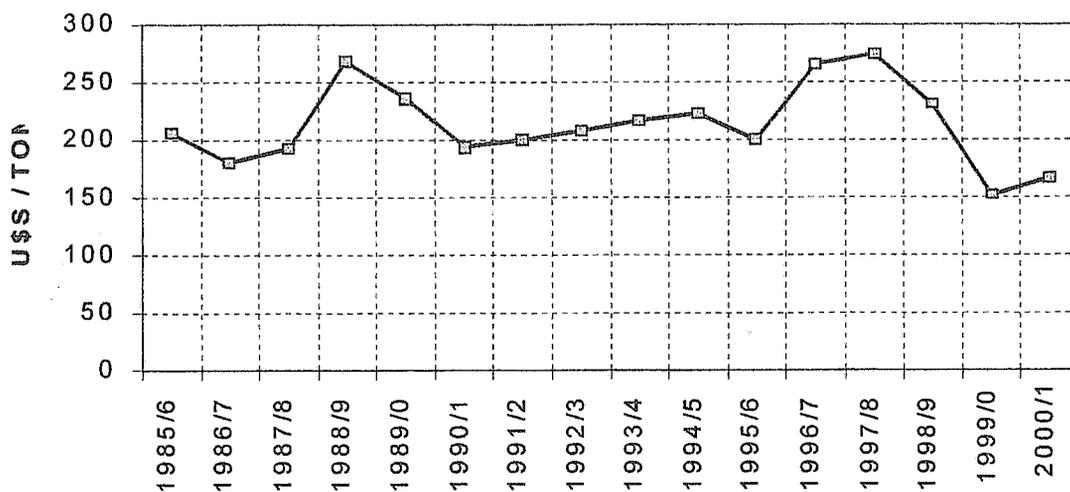
precios internos



Fuente: CMPP

SOJA

precios internos



Fuente: CMPP

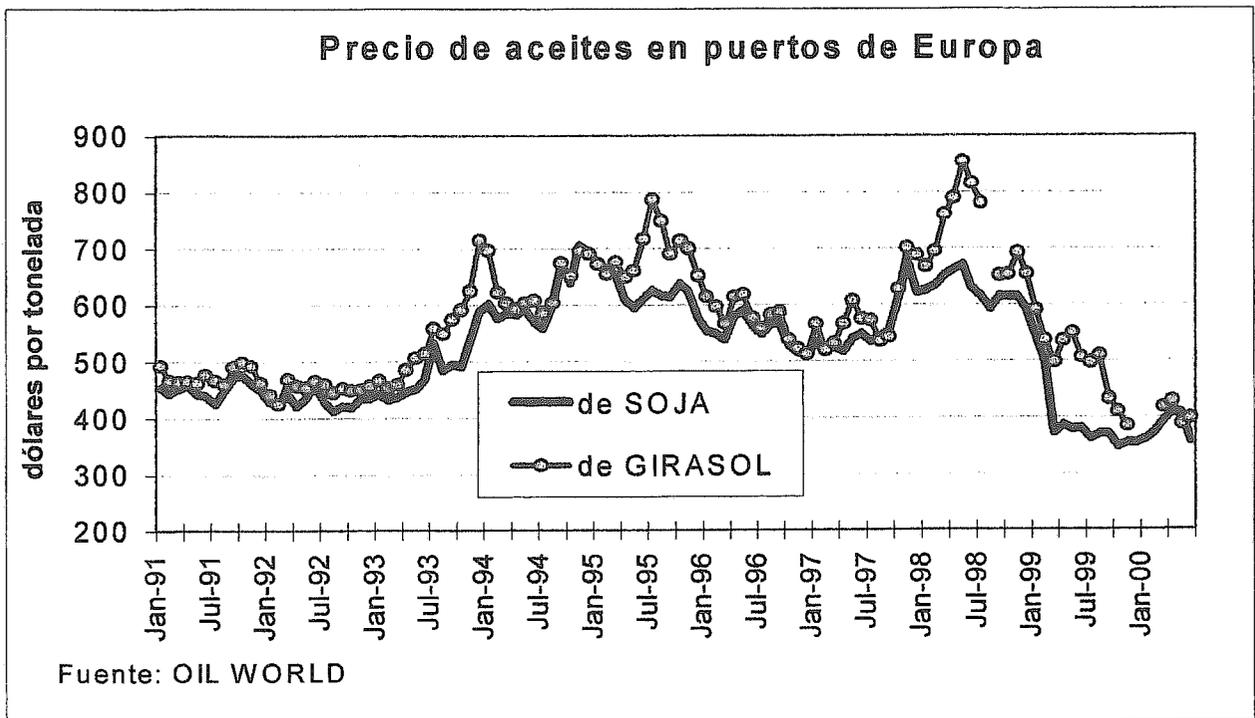
MERCADO EXTERIOR

- Flojedad en el mercado mundial de aceites y grasas.
- Fortalecimiento en el mercado mundial de harinas oleaginosas
- Evolución se apoya en el comportamiento de las disponibilidades mundiales

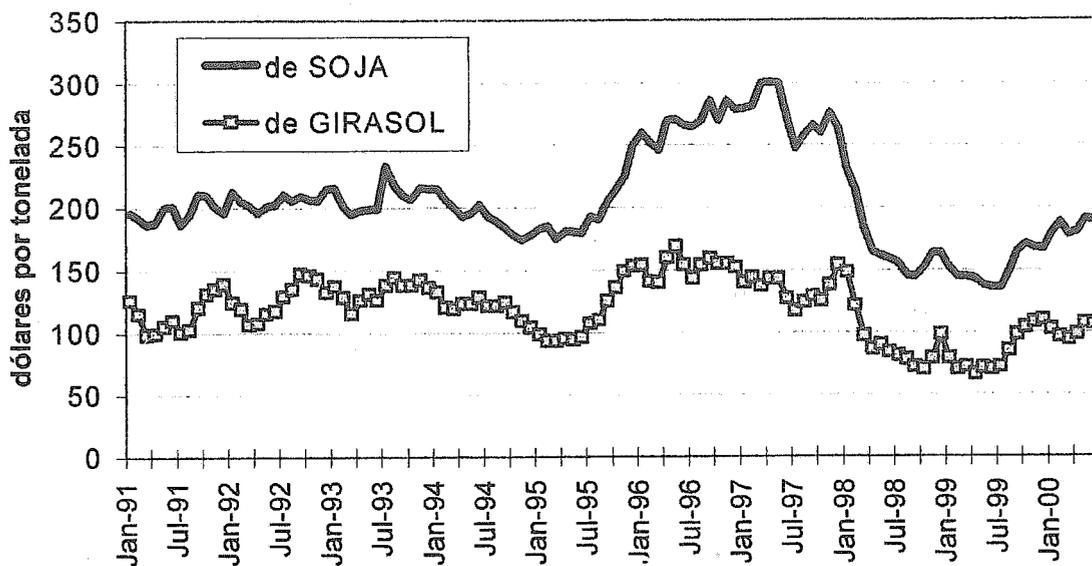
Situación regional

En la zafra 99/00 se observó estabilidad en la cosecha regional de soja. La producción conjunta de Brasil, Argentina y Paraguay alcanzó a 52,5 millones de ton (vs. 53: previos).

La zafra 99/00 de girasol en Argentina presentó un descenso de 14% (6,15: vs. 7,17: millones de ton). No obstante, el hecho no fue suficiente para revertir la flojedad derivada del mercado de aceites

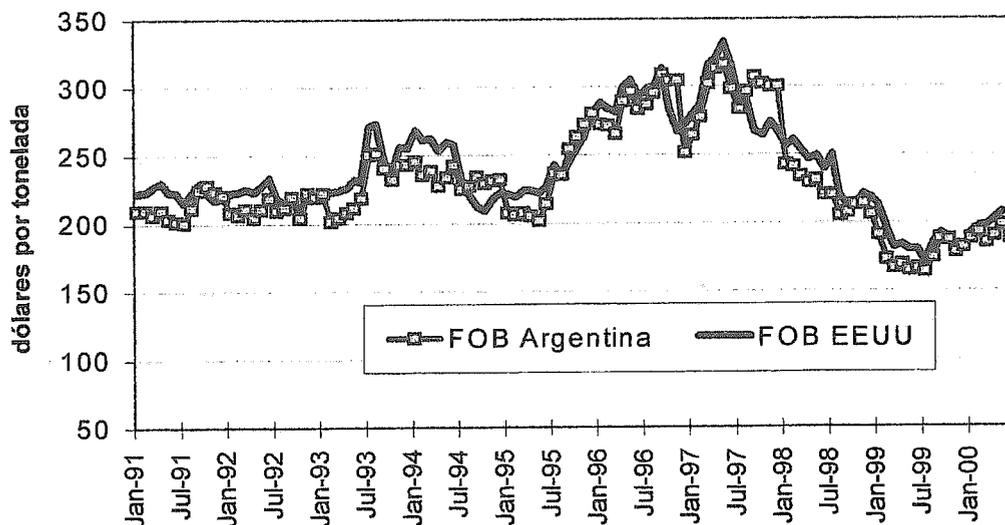


Precio de harinas oleaginosas en Europa

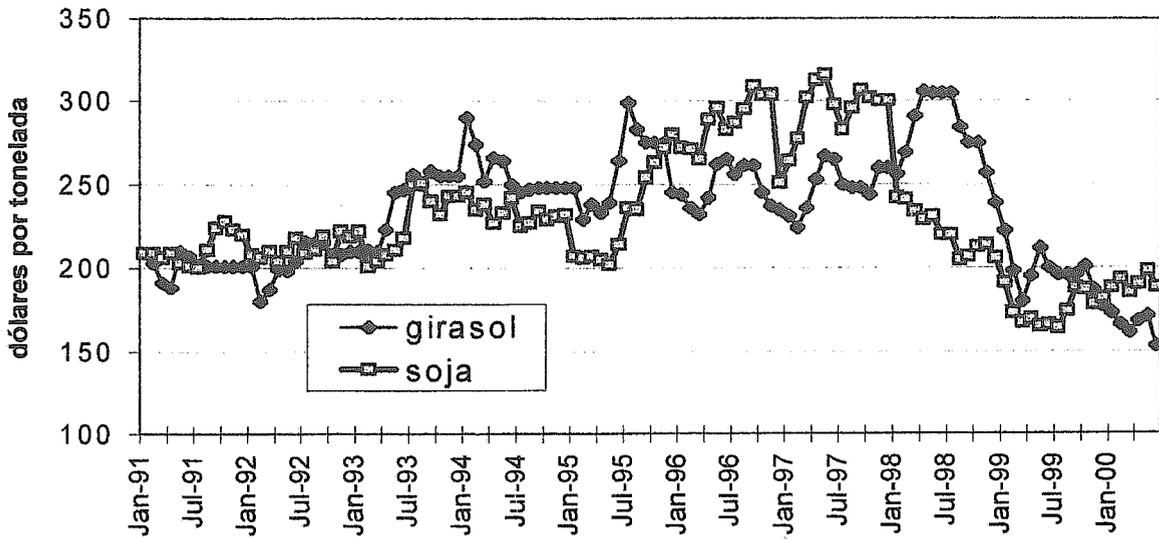


Fuente: OIL WORLD

Precios del grano de soja

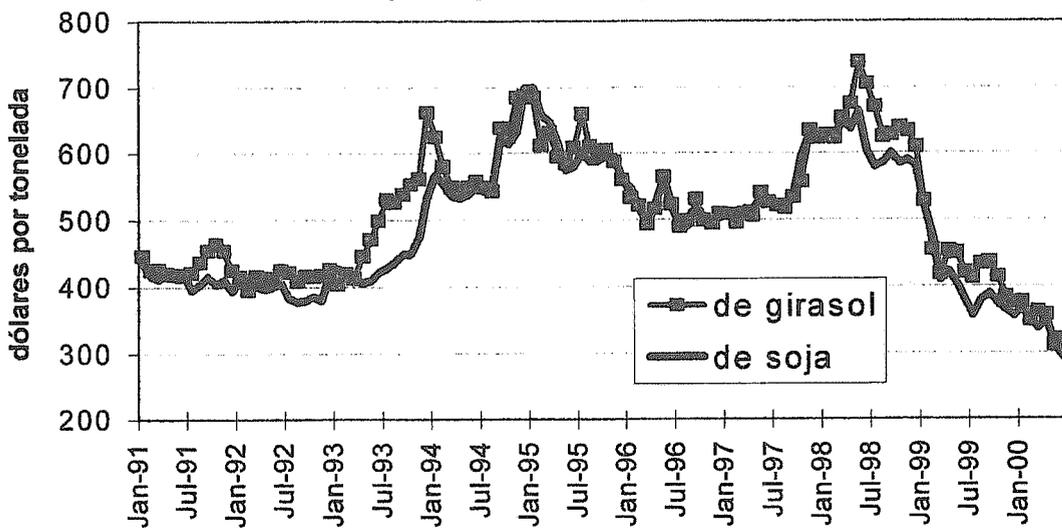


**Precios de granos oleaginosos
(FOB puertos argentinos)**



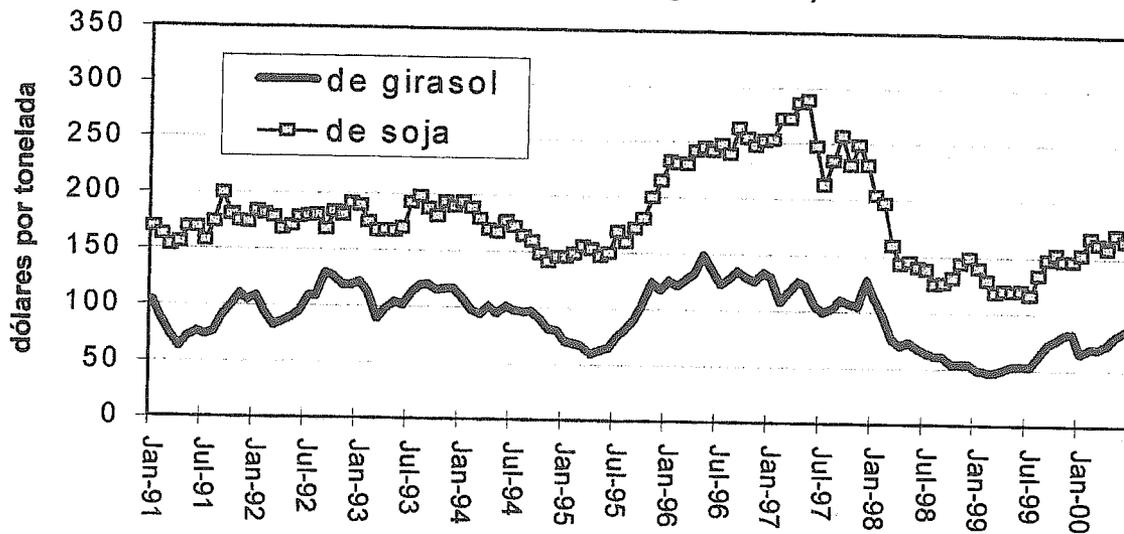
Fuente: SAGPyA

**Precios de aceites
(FOB puertos argentinos)**



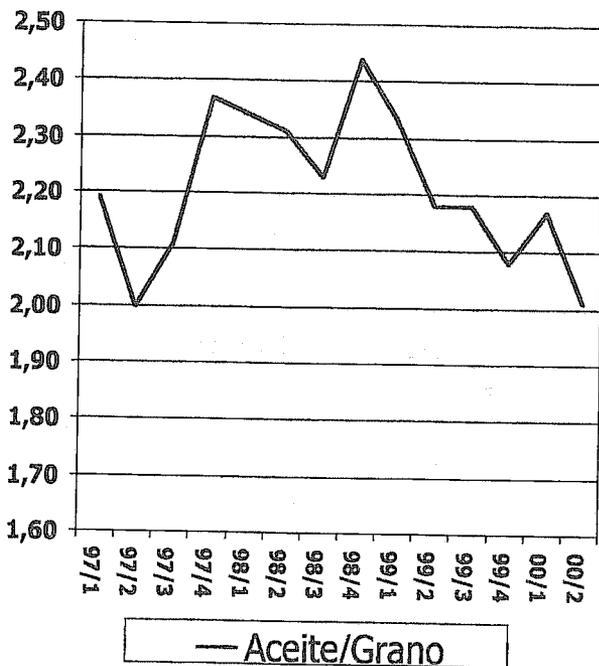
Fuente: SAGPyA

Precios de harinas oleaginosas (FOB puertos argentinos)



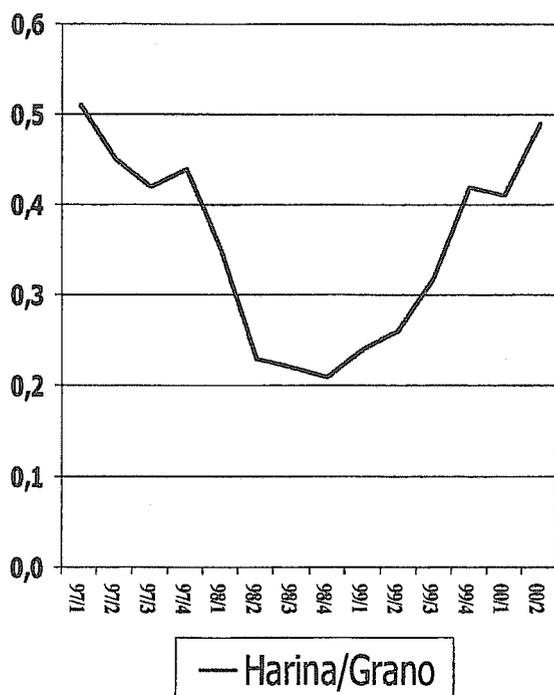
Fuente: SAGPyA

RELACIONES DE PRECIOS FOB (girasol y derivados)

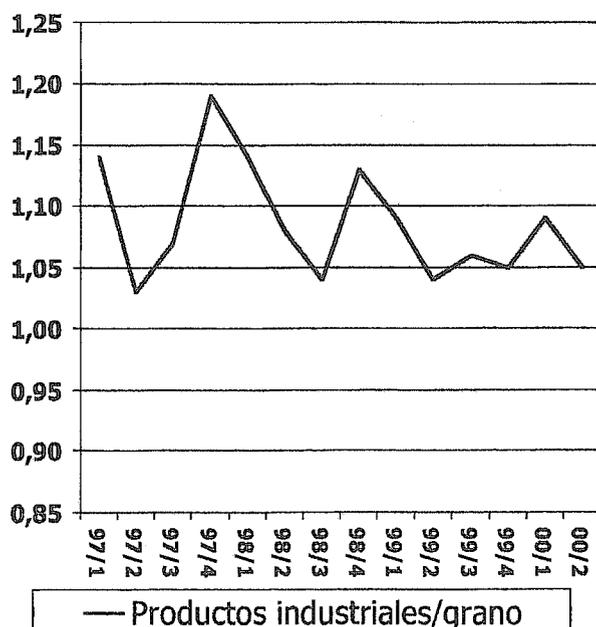


El margen de industrialización respecto del aceite se viene deteriorando desde fines de 1998. En el último trimestre fue **2,01**, nivel sólo superado como mínimo por el registro del segundo trimestre del '97 (con 2,00) y los terceros de 92 y 96.

RELACIONES DE PRECIOS FOB (girasol y derivados)

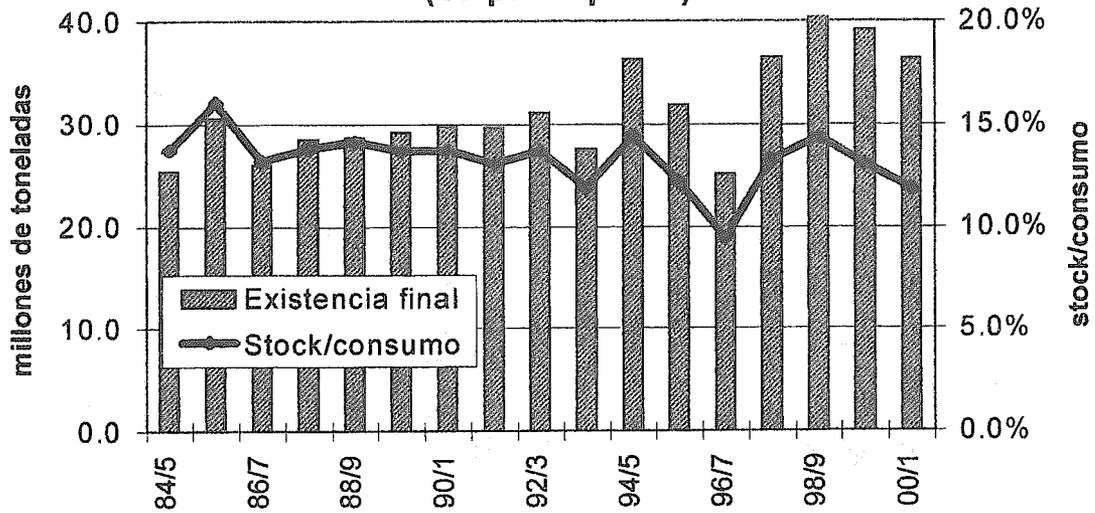


- Contrariamente, ha mejorado respecto de la harina, luego del mínimo de 1998.



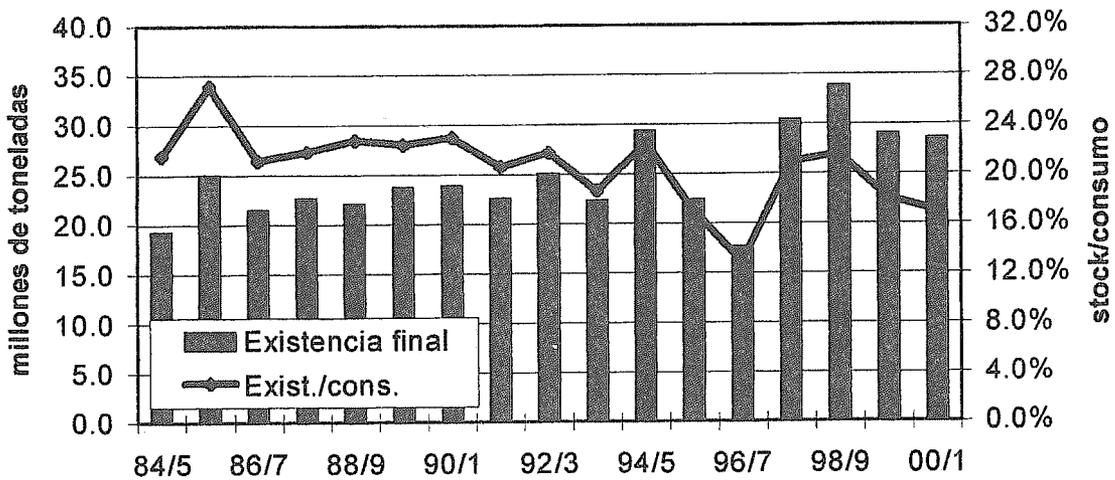
Respecto de la "canasta" (*aceite + harina, en sus relaciones técnicas*) ha habido fuertes variaciones (con una tendencia relativamente estable). En el último trimestre se observa nuevo deterioro (**1,05**).

Existencias de granos oleaginosos (10 principales)

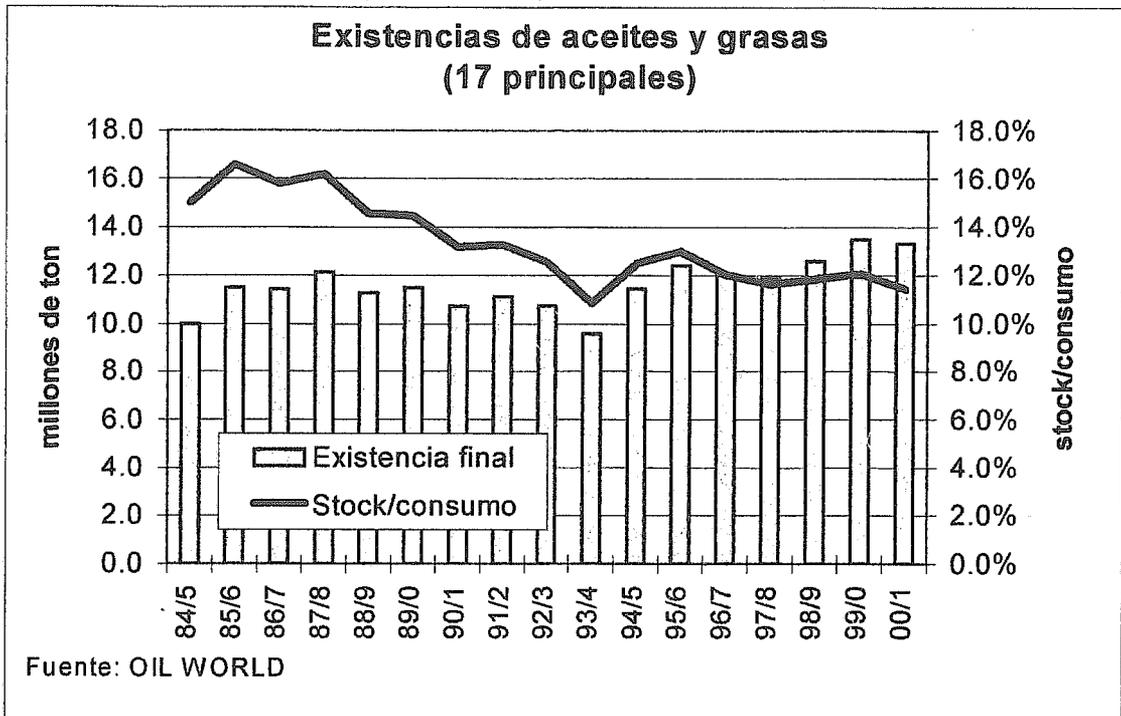
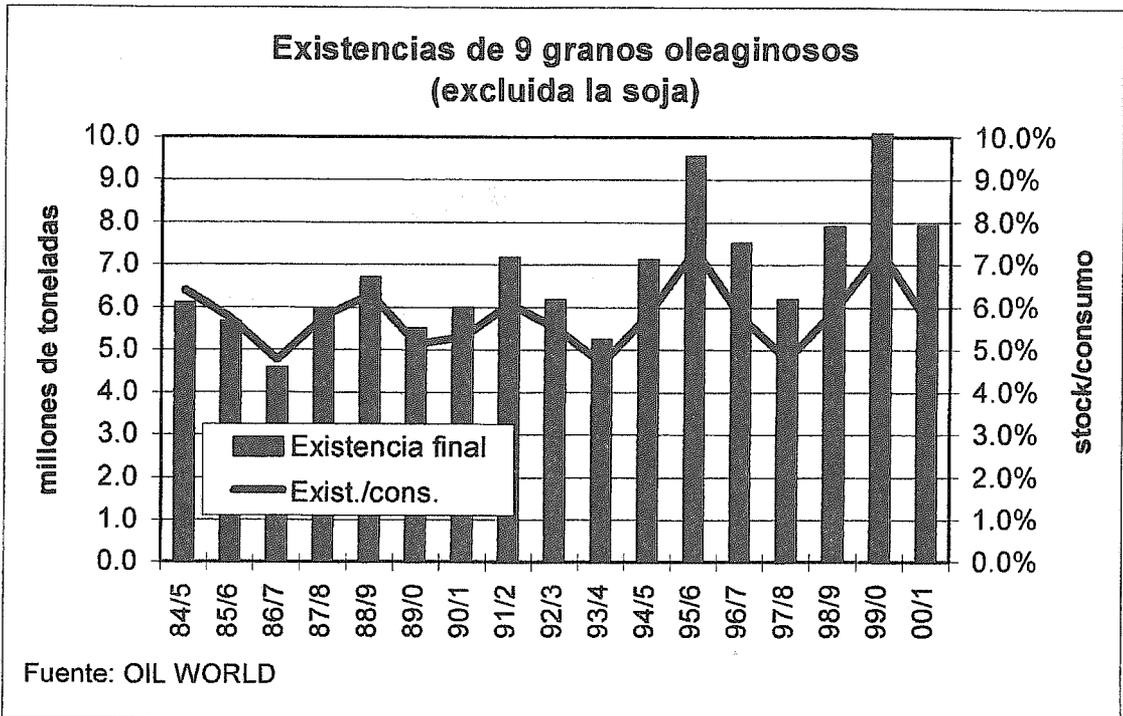


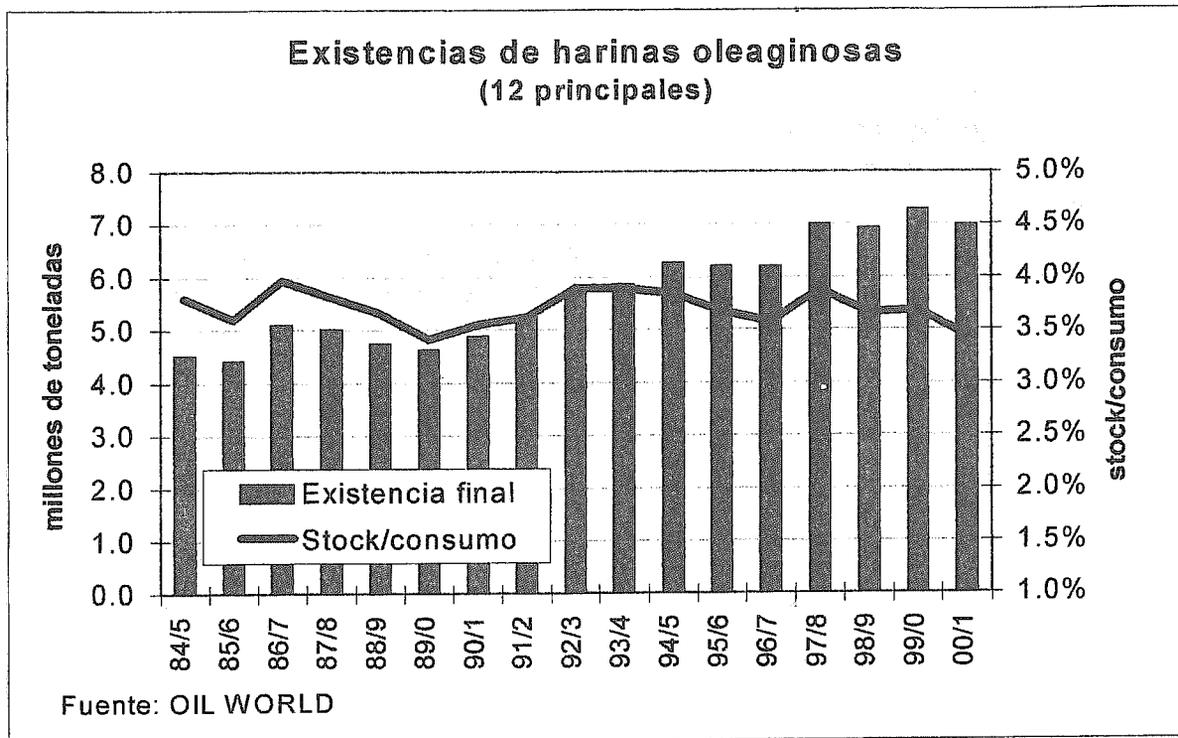
Fuente: OIL WORLD

Existencias de soja



Fuente: OIL WORLD





PROYECCIONES 2000/2001

Factores alcistas

En el mundo caen los stocks de granos, aceites y harinas.

La producción mundial de girasol + colza cae 7% (64: vs. 69,1: millones de ton previos).

Fortalecimiento de la demanda mundial por derivados oleaginosos, en particular en países importadores (China, otros países asiáticos, etc.)

La producción argentina de girasol según OIL WORLD caería 20%

(4,9: vs. 6,15: millones de ton previos, por reducción de 23% en las siembras).

Factores bajistas

Altos niveles de existencias de aceites en los países exportadores (Rusia, Ucrania, sudeste asiático). En el caso de Malasia, se esperan incluso aumentos en los stocks de aceite de palma en el corto plazo. Nuevos aumentos esperados en la producción de soja del MERCOSUR, que crecería en conjunto por aumentos en todos los países. Según el USDA un 3,5% (con Arg. +2,3%; Paraguay +5% y Brasil +3,5%) y un 4,8% según OIL WORLD (con 7,8%, 5,2% y 2,2% respectivamente).

PROYECCIONES 2000/2001

Conclusiones

- Señales de firmeza para el mercado de aceites, que podrían dar lugar a una recuperación de los precios externos de las materias primas de alto tenor graso.
- En ese contexto, la confirmación de una nueva caída de las siembras de girasol en Argentina puede contribuir a recuperar los precios FOB del grano en la región.
- El aumento en la producción de soja del MERCOSUR y la gran cosecha de EEUU, pueden atenuar la recuperación de precios de la soja.

En el ámbito local:

Es posible esperar una recuperación de la siembra de girasol (desde los bajísimos niveles previos).

Si el área creciera hasta 75.000 has (intención de siembra del año 1999, previa a la sequía) el aumento sería de 50%.

En esa superficie, de alcanzarse rendimientos "*normales*" la cosecha se ubicaría en 90.000 toneladas (+110%).

Resumen del Proyecto:

"Intensificación de Sistemas de Producción del Litoral Sur del Uruguay Mediante la Utilización del Riego"

Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital, GRAS.

INIA La Estanzuela

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar tecnología para la utilización del riego en los sistemas de producción agrícola-ganaderos y lecheros del Litoral Sur del Uruguay determinando:

- a) rubros y sistemas de producción irrigados con una productividad física y económica superior y/o más estable que la de los sistemas de producción tradicionales en secano, y
- b) metodología y paquetes tecnológicos ajustados a la producción bajo riego, contemplando una adecuada conservación de los recursos naturales y el ambiente.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Ajustar metodología o sistemas utilizables a nivel experimental y/o de producción que permitan una buena estimación de la disponibilidad de agua en los suelos predominantes en el Litoral Sur del Uruguay
- 2) Definir criterios de aplicación del riego y algunas prácticas básicas de manejo que permitan optimizar la producción de forraje y/o semilla de especies forrajeras
- 3) Determinar el rendimiento potencial de cultivos, en particular maíz, para producción de grano o silo y el paquete tecnológico básico para la obtención del mismo, en distintas situaciones de producción con riego y determinar soluciones a limitantes tecnológicas identificadas en otros cultivos regados.
- 4) Definir y validar a escala semi-comercial secuencias de cultivos física y económicamente viables en condiciones de riego

5) Determinar el impacto de los modelos de producción a validar sobre los recursos naturales, en particular suelo y agua, patrones de monitoreo del mismo y posibles alternativas tecnológicas que lo minimicen.

6) Aplicar y ajustar nueva metodología y sistemas para el acceso, análisis y manejo de información tanto a nivel experimental como de producción.

ESTRATEGIA GENERAL DE DESARROLLO DEL PROYECTO

Las acciones serán ejecutadas por un equipo técnico multidisciplinario (Grupo de Riego), a fines de promover la obtención rápida de un producto completo, con buen ensamble entre sus componentes.

Los trabajos serán desarrollados a nivel experimental así como a través de la elaboración, aplicación y ajuste de prototipos de producción a escala semi-comercial.

Se implementará la infraestructura y equipamiento necesario a fines de disponer de un área experimental y de un área de producción a escala semi-comercial bajo riego en INIA La Estanzuela

Entre los principales rubros sobre los cuales se trabajará, se identifican el cultivo de maíz con destino a producción de grano o silo y especies de leguminosas forrajeras tales como trébol rojo y alfalfa, tanto para producción de forraje como semilla. Los trabajos en dichos rubros enfocarán aspectos tanto de tecnología de producción para cada uno de ellos, así como su integración en sistemas de rotación.

Se pondrá particular énfasis en el monitoreo del impacto de las prácticas en los cultivos regados sobre los recursos naturales, en particular calidad del suelo y agua, así como en la identificación de alternativas que logren mitigar efectos negativos sobre dichos recursos.

Se ajustará metodología para la estimación de disponibilidad de agua en el suelo, así como para la obtención, manejo y análisis de información en forma espacial con apoyo satelital.

Se propenderá a lograr un fuerte relacionamiento e interacción (alianzas estratégicas, convenios, investigación colaborativa) con instituciones y organizaciones especializadas en las temáticas de riego, conservación de los recursos naturales y el ambiente, sensoramiento remoto y agricultura satelital en general.

Se utilizarán consultorías nacionales e internacionales a fines de apoyar la planificación y ejecución de acciones a realizar.

Se fortalecerá la capacitación de recursos humanos del INIA, en particular la de corto plazo (cursos cortos, entrenamiento en servicio, etc) como forma de adquisición rápida del conocimiento de nuevas metodologías y tecnologías en temáticas específicas.

Se promoverá una estrecha vinculación y continua interacción con productores y técnicos nacionales estrechamente vinculados al tema riego, potenciales usuarios y principales destinatarios de la tecnología a generar.

Objetivo específico N°: 1

Identificar metodología o sistemas utilizables a nivel experimental y/o de producción que permitan una buena estimación de la disponibilidad de agua en los suelos predominantes en el Litoral Sur del Uruguay

Estrategia para alcanzar el objetivo específico:

Chequeo y ajuste de distintas técnicas indirectas de medición de disponibilidad de agua en el suelo (resistencia a la conductividad eléctrica, sonda de neutrones, resistencia a la penetrabilidad, balance hídrico), en suelos predominantes en la región.

Capacitación y/o consultorías de otras instituciones en relación a esta temática.

Resultados Esperados:

Metodología o sistema para la estimación de disponibilidad de agua en el suelo, utilizable a nivel experimental y a nivel comercial.

Mejora en la eficiencia de aplicación del riego y en la eficiencia de utilización del recurso agua.

Objetivo específico N°: 2

Definir criterios de aplicación del riego y algunas prácticas básicas de manejo que permitan optimizar la producción de forraje y/o semilla de especies forrajeras

Estrategia para alcanzar el objetivo específico:

Desarrollo y adecuación de infraestructura (fuente de agua, tendido eléctrico, áreas físicas) y adquisición e instalación de equipamiento de riego para áreas experimentales.

Evaluación y determinación a nivel experimental de la productividad de forraje y semilla de trébol rojo, alfalfa, y lotus con distintos criterios de aplicación del riego.

Complementariamente se irán definiendo practicas de manejo del cultivo (frecuencia de corte, manejo de enfermedades, control de malezas, etc) que se ajusten a las condiciones de producción bajo riego.

Capacitación, consultorías y/o alianzas estratégicas con otras instituciones en relación a manejo del riego y cultivos regados.

Resultados Esperados:

Determinación de láminas y momentos de aplicación del agua más adecuados para maximizar la producción de forraje y/o semilla de especies forrajeras bajo riego, particularmente trébol rojo y alfalfa.

Paquete de producción del cultivo primariamente ajustado a condiciones de producción bajo riego.

Objetivo específico N°: 3

Determinar el rendimiento potencial de cultivos, en particular maíz, para producción de grano o silo y el paquete tecnológico básico para la obtención del mismo en distintas situaciones de producción con riego y determinar soluciones a limitantes tecnológicas identificadas en otros cultivos regados.

Estrategia para alcanzar el objetivo específico:

Actividad 1.- Potencial de producción de maíz bajo riego.

Desarrollo y adecuación de infraestructura (fuente de agua, tendido eléctrico, áreas físicas) y adquisición e instalación de equipamiento de riego en áreas experimentales.

Se investigará el rendimiento potencial del cultivo de maíz con el agregado de

distintos tipos y niveles de nutrientes y/o agua.

Se determinará un paquete tecnológico básico para la obtención de altos rendimientos en condiciones de riego.

Actividad 2.- Identificación de limitantes tecnológicas en cultivos regados.

Se realizará un seguimiento en los distintos cultivos incluidos en los modelos en evaluación a escala semi-comercial a fines de identificar posibles factores (malezas, plagas, enfermedades, nutrientes, etc) limitantes de su productividad.

Se mantendrá un estrecho contacto con productores y técnicos vinculados a la temática del riego a fines de la identificación de limitantes tecnológicas en distintas situaciones de producción.

Actividad 3.- Soluciones tecnológicas a principales limitantes identificadas en sistemas de producción bajo riego

Se plantearán actividades experimentales a fines de determinar alternativas tecnológicas para el levantamiento de limitantes identificadas en sistemas de producción bajo riego.

Resultados Esperados:

Definición de potenciales de rendimiento de cultivos de verano bajo riego, en particular maíz

Paquetes y alternativas tecnológicas que permitan la buena productividad de cultivos regados

Objetivo específico N°: 4

Definir, aplicar y validar a escala semi-comercial secuencias de cultivos física y económicamente viables en condiciones de riego

Estrategia para alcanzar el objetivo específico:

Actividad 1.- Análisis global de prefactibilidad funcional y económica de rubros y secuencias de cultivos bajo riego y estudio de casos.

Modelar distintas secuencias de cultivos bajo riego estimando indicadores de productividad física y económica.

Estimar y analizar los resultados físicos y económicos de situaciones específicas de producción bajo riego en el Litoral Sur del Uruguay.

Actividad 2.- Aplicación a escala semi-comercial de modelos de producción bajo riego.

Desarrollo y adecuación de infraestructura (fuente de agua, tendido eléctrico, áreas físicas) y adquisición e instalación del equipamiento de riego en el área de producción a escala semi-comercial en el INIA La Estanzuela

Del resultado obtenido de parte de las actividades anteriores, se seleccionarán 2 modelos considerando su rentabilidad y enfoque productivo (más o menos agrícola o gandero, lechero). Los modelos seleccionados serán puestos a funcionar en dicha área bajo riego en INIA La Estanzuela, a fines de ser utilizados como prototipos iniciales de sistemas de producción bajo riego a escala semi-comercial, a ser chequeados, ajustados y validados, durante el desarrollo del Proyecto.

Se considerará la experiencia e información recabada por otras instituciones u organismos, relativa a sistemas y costos de producción bajo riego en situaciones reales

Resultados Esperados:

Prototipos de sistemas producción teóricamente practicables y económicamente viables en condiciones de riego.

Identificación de cultivos y modelos de producción (validados a escala semi-comercial) con mayor y/o más estable producción física y económica que sistemas de producción sin riego.

Objetivo específico N°: 5

Determinar el impacto de los modelos de producción a validar sobre los recursos naturales, en particular suelo y agua, patrones de monitoreo del mismo, y posibles alternativas tecnológicas que lo minimicen.

Estrategia para alcanzar el objetivo específico:

Actividad 1.- Impacto de los modelos de producción bajo riego sobre los recursos suelo y agua.

Seguimiento de la evolución de características físicas y químicas del suelo en cada modelo de producción bajo riego.

Seguimiento de la calidad del agua emergente de los modelos de producción a escala experimental en condiciones controladas.

Actividad 2.- Índices y patrones de monitoreo de pérdida de calidad del suelo y contaminación de aguas en diversas situaciones bajo riego.

Determinación de índices de pérdida de calidad de suelo y agua y patrones de monitoreo, en base a la información colectada en la actividad 1.

Actividad 3.- Soluciones tecnológicas a efectos negativos de las prácticas culturales de producción bajo riego sobre los recursos naturales.

Experimentación en búsqueda de alternativas tecnológicas y prácticas culturales en condiciones de riego, que minimicen efectos negativos sobre suelo y agua.

Estas actividades serán fortalecidas con acciones de capacitación, consultorías y alianzas estratégicas con otras instituciones especializadas en temáticas ambientales.

Resultados Esperados:

Indicadores primarios del impacto de los modelos de producción en evaluación sobre la calidad del suelo y del agua

Patrones de monitoreo del impacto de sistemas de producción bajo riego sobre los recursos suelo y agua

Tecnología de producción bajo riego de mínimo riesgo ambiental

Objetivo específico N°: 6

Aplicar y ajustar nueva metodología para el acceso, análisis y manejo de información tanto a nivel experimental como de producción.

Estrategia para alcanzar el objetivo específico:

Aplicación y ajuste de metodología de manejo de información espacial (GIS) y equipamiento con apoyo satelital (GPS, Imágenes Satelitales, etc) para el acceso y manejo de información, variables de producción, y la determinación de impactos tecnológicos y ambientales en áreas de producción bajo riego.

Capacitación, consultorías y alianzas estratégicas con otras instituciones en relación a esta temáticas y tecnologías.

Resultados Esperados:

Nueva y más potente metodología para:

a) el acceso y manejo de información, elaboración de diagnósticos y aplicación más

precisa de tecnología.

b) la determinación de impactos de la tecnología del riego sobre la productividad de cultivos, sistemas de producción y los recursos naturales.



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, suelos y agua, economía agrícola y ambiental, agroclimatología y riego, manejo de procesos de desarrollo de innovaciones y tecnologías, entre otras. El Equipo está focalizado en la identificación y desarrollo de temáticas globales y tecnologías, disciplinas 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, 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.

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.

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/

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 información 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 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 insituciones 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:

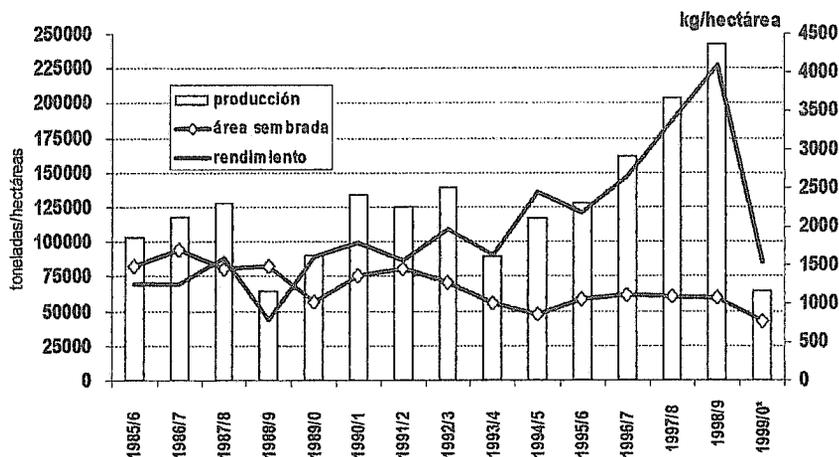
www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/

GRANOS FORRAJEROS

Situación y perspectivas

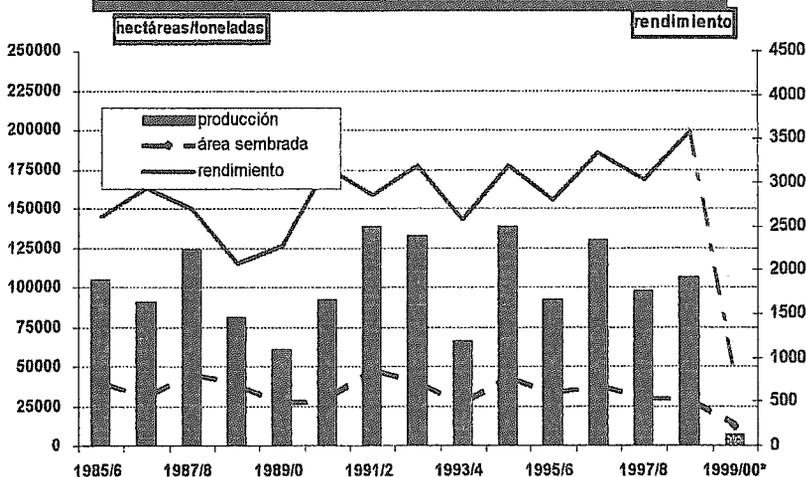
María Methol, Gonzalo Souto

MAIZ: Producción, Area Sembrada y Rendimiento



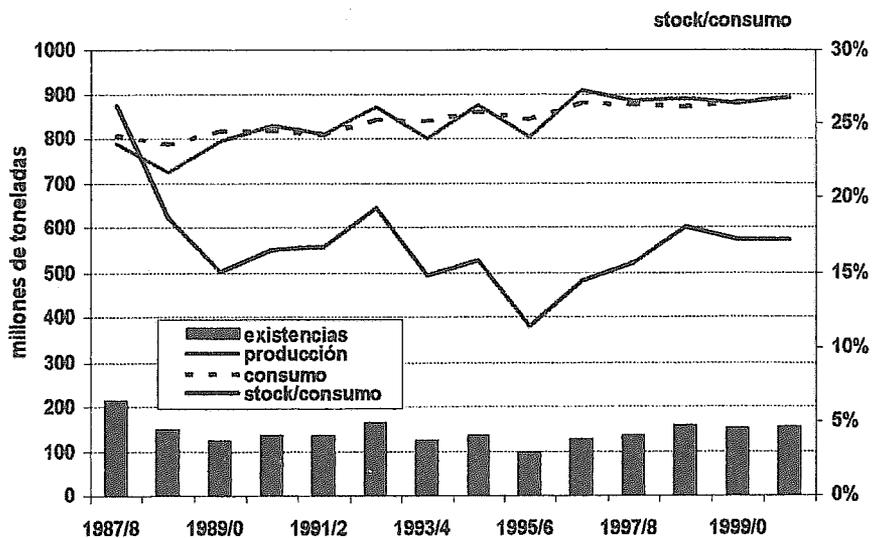
* Nota: A la fecha de la Encuesta (3-26/6/2000) la superficie cosechada era 22 mil há (50% de la sembrada) con un rendimiento de 2.148 kg/há lo que origina una producción de 47 mil toneladas

SORGO: Producción, área sembrada y rendimiento



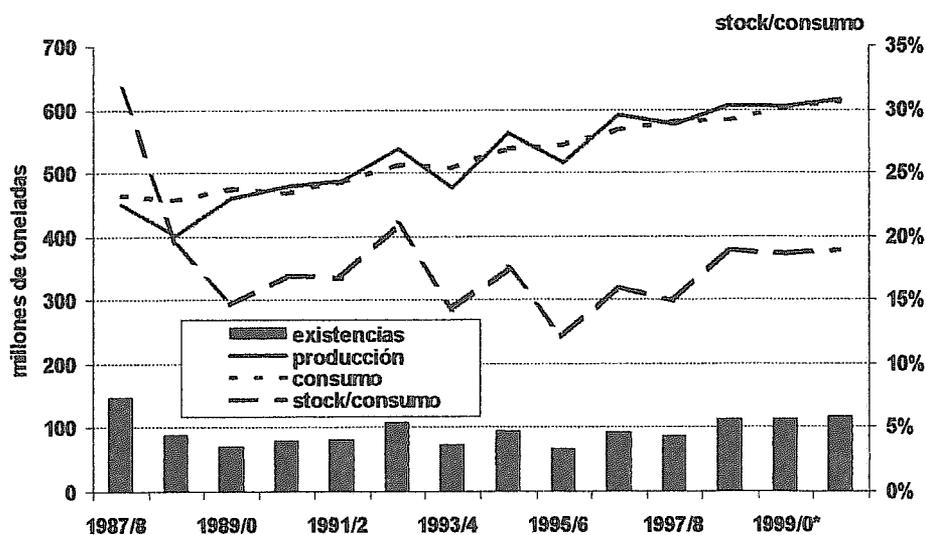
* Nota: A la fecha de la encuesta el área cosechada era 1300 há con un rendimiento de 2.641 kg/há lo que genera una producción mínima de casi 4.000 kg

Granos Forrajeros: Producción, consumo y existencias mundiales



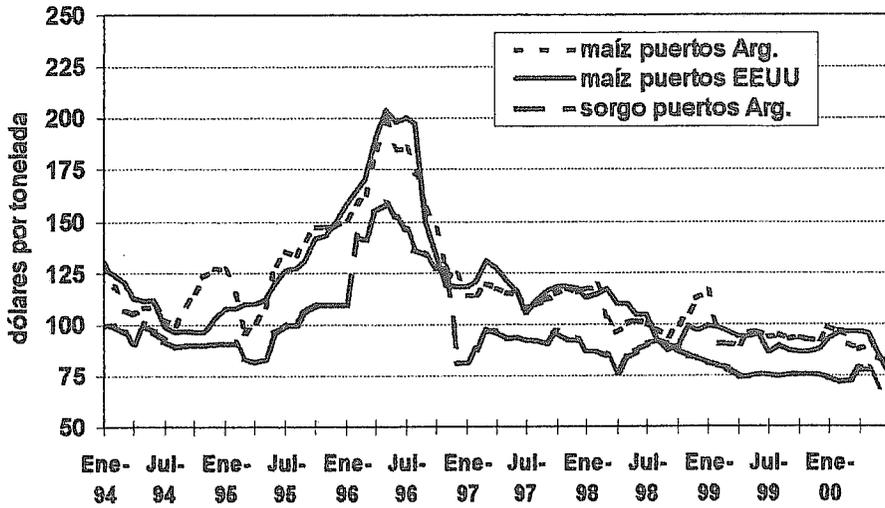
Fuente: USDA (julio 2000)

Maíz: Producción, consumo y existencias mundiales



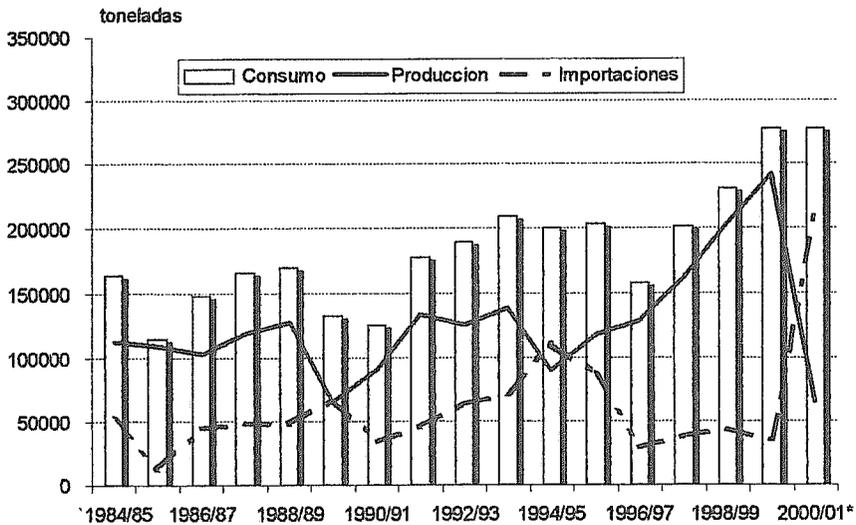
Fuente: USDA (julio 2000)

Granos Forrajeros: Precios Internacionales



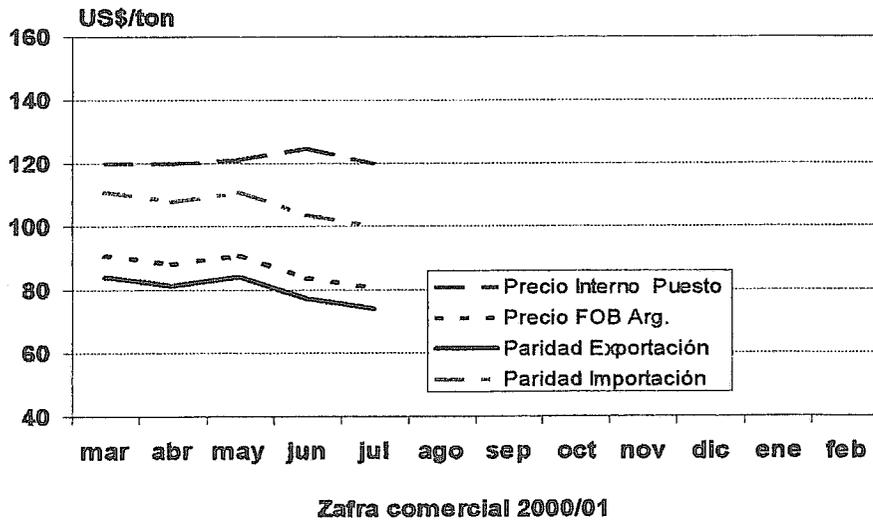
Fuente: Reuters, Sagyp

MAIZ: Consumo aparente (zafra comercial: mar-feb)

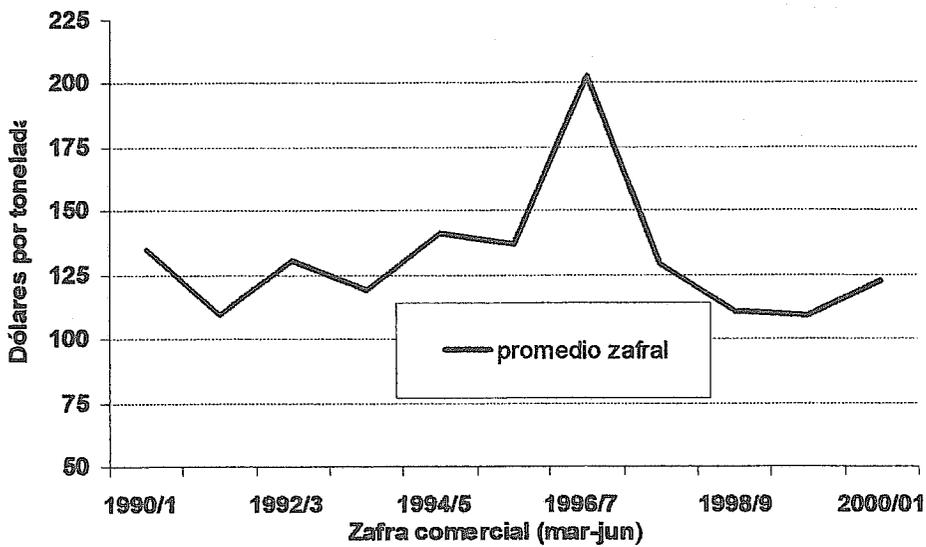


Fuente: OPYPa en base a DIEA y BCU
* Estimación de OPYPa

Maíz: precio interno (puesto), paridades y precio Fob Argentina

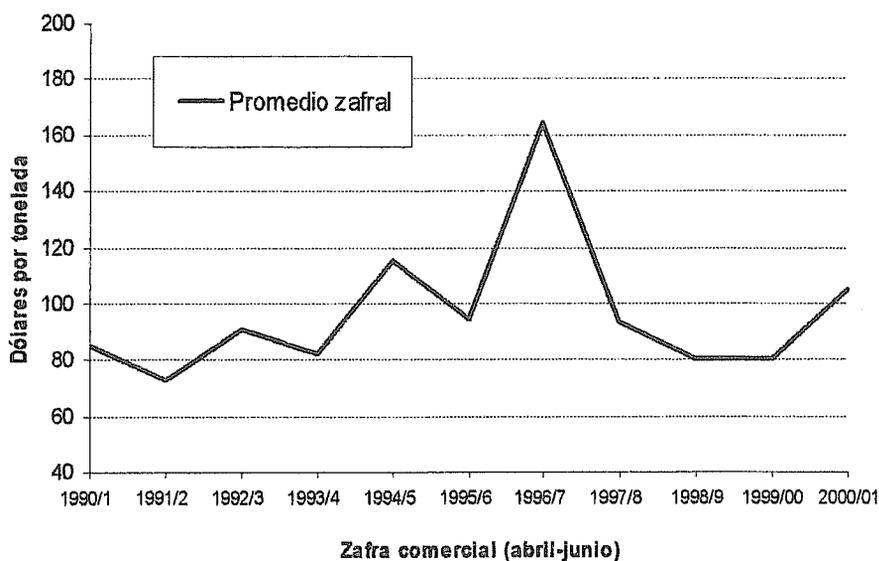


Maíz: Precio Doméstico (puesto en destino)



Fuente: CMPP

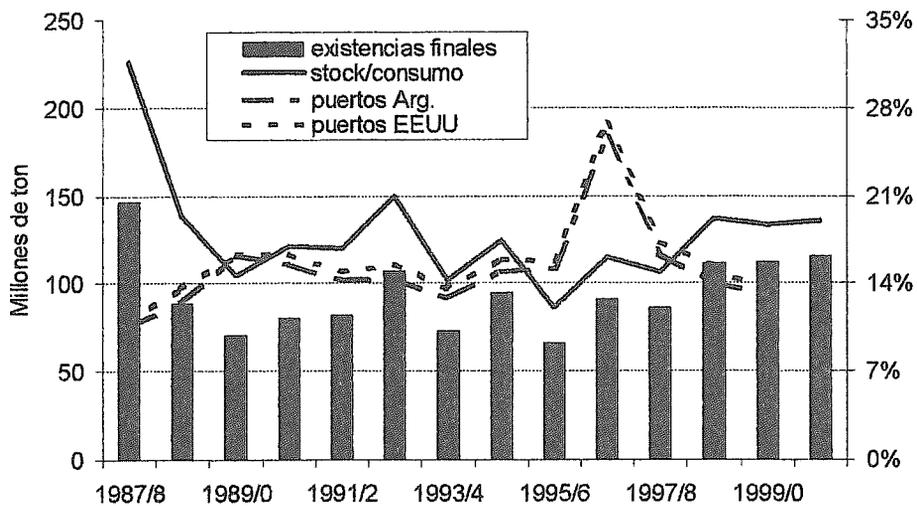
Sorgo: Precio doméstico (puesto en destino)



Fuente: OPYPA en base a CMMP

MAIZ

Existencias, relación stock/consumo y precios Fob del maíz



Fuente: USDA (julio/2000), Sagyp

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

A nivel mundial

- Oferta: 4 cosechas consecutivas muy abundantes en maíz.
- Demanda: caídas circunstanciales por recesión (crisis asiática, rusa).
- Precios: menor demanda y devaluaciones en países importadores relevantes determinaron precios bajos.

Perspectivas:

- Para la cosecha 2000/01 se espera un nuevo récord de producción de maíz.
- Leve aumento de la demanda que no superará el incremento de la producción, lo que resulta en un aumento de la relación stock/consumo mundial (+2%) y aún mayor en EE.UU (+20%).
- Situación bajista de precios, menores zafra anterior?

• A nivel regional:

• Argentina

- La cosecha de maíz 99/00 (15.5 millones de ton) originó un saldo exportable de casi 10 millones. Es el segundo exportador mundial (12% participación en el comercio).
- Precios bajos, alineados con los de EE.UU y similares a los de la zafra anterior.
- Las perspectivas para la próxima zafra son del mantenimiento a leve descenso del área.

• Brasil

- La producción de las 2 últimas zafras estuvo en el entorno de 32.5-33.8 millones de ton.
- El consumo continúa aumentando pero a tasas mas leves, estimándose en 35.7 millones para 1999/2000.
- Los bajos niveles de stocks han mantenido los precios internos elevados. Asimismo determinaron elevados niveles de importación (800 mil ton).
- Esta situación puede llevar a mantener el área de siembra para la próxima zafra.

A nivel interno:

- La producción 99/00 de ambos granos forrajeros fue muy reducida (-90% en sorgo y -70% maíz respecto a la zafra anterior) debido a una caída muy importante de las áreas sembradas (-58% en sorgo y -30% en maíz) por condiciones climáticas adversas.
- Las importaciones comenzaron al inicio de la zafra alcanzando a la fecha niveles importantes (116.000 ton de maíz y 24.500 ton de sorgo).
- Esta situación mantuvo los precios internos elevados respecto al marco externo (precio zafral: +12% de maíz y +30% en sorgo)

A nivel interno:

- La formación del precio del maíz está fuertemente influida por la equivalencia del producto importado.
- El precio del sorgo está determinado por el del maíz en una relación promedio de 1.34 (actualmente 1.16).
- Se espera siga el crecimiento de la demanda interna desde la avicultura mientras se mantengan las barreras sanitarias. También desde la ganadería (leche y carne), como consecuencia de la intensificación productiva.

Perspectivas a nivel local:

- Dados los mínimos niveles de siembra en la zafra que está culminando, se espera un incremento del área. Este incremento dependerá, en parte, de los niveles de precios que alcance el girasol.
- Los precios se mantendrán deprimidos (si no se alterara la actual situación mundial) y estarán orientados por la paridad de importación desde puertos argentinos.