Instituto
Nacional de
Investigación
Agropecuaria

URUGUAY

JORNADA TÉCNICA DE CULTIVOS DE VERANO

AGOSTO 2004

Serie Actividades de Difusión N°371

TABLA DE CONTENIDO

Página

Algunas consideraciones sobre el clima, la producción agropecuaria y la toma de decisiones 1
Agustín Giménez, José Pedro Castaño, Laura Olivera y José Furest, Unidad GRAS, INIA
Walter Baethgen, Instituto Internacional de Investigación en Predicciones Climáticas (IRI)

Cancro del Tallo en Girasol 11
Silvina Stewart, Sebastián Arrivillaga, José Pedro Castaño, INIA

Estimación del Impacto de la Soja sobre Erosión y C Orgánico en Suelos Agrícolas del Uruguay 17
Carlos Clérici, Fernando García Préchac y Mariana Hill, Fac. de Agronomía
Walter Baethgen, IFDC

Comportamiento de Sojas de distintos grupos de madurez en diferentes ambientes de Producción 23
Sergio Ceretta, INIA

Algunas consideraciones sobre el clima, la producción agropecuaria y la toma de decisiones

Agustín Giménez[1], José Pedro Castaño[1], Laura Olivera[1] y José Furest[1]
Walter Baethgen[2]

Introducción

La economía uruguaya es principalmente dependiente, directa o indirectamente, de la producción agropecuaria. La producción en Uruguay está basada en suelos muy fértiles de la Pampa, un ecosistema con pasturas nativas templadas y subtropicales que se utilizan para la cría y engorde de ganado o se han convertido en praderas mejoradas (gramíneas/leguminosas) y en tierras cultivadas. Las fluctuaciones climáticas entre años y entre estaciones en Uruguay resultan en una alta variabilidad en la producción de cultivos y pasturas. Es así que las empresas agropecuarias frecuentemente están sujetas a enfrentar circunstancias climáticas adversas que están fuera de su control tales como heladas, granizo, sequías, excesos hídricos, etc.

En la actualidad los gobiernos y los productores agropecuarios enfrentan los eventos climáticos adversos implementando medidas de "manejo de la crisis" una vez instalados dichos eventos (por ejemplo a través de sistemas nacionales de emergencias). En muchos casos la implementación de este tipo de medidas implica un costo muy elevado tanto para los productores como para el Estado. Por otro lado los niveles de prioridad utilizados para asignar recursos del Estado a los diferentes subsectores dañados por los eventos climáticos, no siempre son los más apropiados y muchas veces responden principalmente a presiones políticas y sociales.

Un enfoque más moderno para enfrentar circunstancias climáticas adversas consiste en la formulación e implementación de medidas anticipatorias comúnmente denominadas estrategias de "manejo de riesgos". Sin embargo, para el desarrollo e implementación de este tipo de medidas, es necesario la disponibilidad de información climática y el análisis y manejo de la misma en relación a las distintas actividades del sector agropecuario. Es así que los diversos tipos de predicciones climáticas y el estudio del clima, su comportamiento y evolución, y el impacto del mismo sobre la producción agropecuaria y forestal, son elementos claves.

Pronósticos del Tiempo

Los pronósticos del tiempo son aquellos que se refieren a las condiciones climáticas previstas para los siguientes 2 días a una semana (fig. 1). En el sector agropecuario este tipo de pronóstico es muy útil para la toma de decisiones en el plazo inmediato (siembra, cosecha, aplicación de pesticidas, aplicación de riego, etc.). Sin embargo, este tipo de pronóstico es de poca utilidad para la planificación y toma de

[1] Unidad GRAS, INIA.
[2] Instituto Internacional de Investigación en Predicciones Climáticas (IRI)

decisiones de plazos de tiempo más largos (por ejemplo, qué cultivo sembrar, qué tipo de rotaciones incluir, qué reservas de forrajes serán necesarias, etc.). Para ello se requeriría algún tipo de previsión de más largo plazo (varios meses de anticipación).

Clima y Variabilidad Climática

Para la mejora de la toma de decisiones y planificación en general, en primer lugar es necesario caracterizar el clima de la región en que se está trabajando. Para caracterizar el clima de una región determinada, típicamente se estudian los valores medios de largo plazo de lluvias, temperaturas, radiación, etc. Por ejemplo, en el SW de Uruguay las lluvias mensuales promedio de los últimos 90 años varían entre 80 y 100 mm para todos los meses, con valores un poco más altos en otoño y primavera. Sin embargo, si se estudian las lluvias mensuales de cada uno de esos mismos 90 años, es altamente probable que en ninguno de ellos la distribución mensual de lluvias haya sido similar al promedio de largo plazo. Es decir, es muy posible que ninguno de los últimos 90 años se haya comportado en forma similar al "año promedio" en relación a las lluvias mensuales. De hecho, los valores mensuales observados para ese período han variado entre 0 y más de 300mm.

Por esta razón, en cualquier año dado, si intentamos prever la distribución de lluvias en el SW de Uruguay para los próximos meses, y la única información de que disponemos es la caracterización climatológica, es muy poco lo que se puede decir más allá de utilizar los valores medios y su variabilidad, que como se mencionó es muy alta. Este es uno de los más grandes desafíos de la planificación agropecuaria: si se planifica considerando el promedio, es altamente probable que esas condiciones promedio nunca existan en un año dado. En otras palabras la planificación de la producción agropecuaria se estaría basando en gran medida en algo que tiene una probabilidad de ocurrencia igual o muy cercana a cero.

Esta fue la situación real hasta que la comunidad científica descubrió que existen fenómenos de gran escala que afectan las condiciones climáticas de algunas regiones del mundo. Los avances más importantes en este sentido han sido en relación al fenómeno de El Niño/Oscilación Sur (ENSO) del Pacífico tropical. De los fenómenos estudiados, el ENSO es el que más impacto tiene sobre las lluvias y temperaturas de diferentes zonas del mundo, entre las que se encuentra el SE de América del Sur (incluyendo al Uruguay).

Pronósticos Climáticos

La comunidad científica ha avanzado mucho en la capacidad de predecir las temperaturas superficiales del Pacífico en la región de El Niño, y hoy existe una buena capacidad de pronosticar dicha temperatura del mar con 3-6 meses de anticipación. Dado que en la actualidad se puede pronosticar bastante bien el ENSO, y dado que el mismo afecta las condiciones climáticas de diferentes regiones del mundo, la comunidad científica ha comenzado a experimentar con la posibilidad de establecer pronósticos climáticos. Es decir, intentar determinar tendencias climáticas, establecer escenarios más posibles de lluvias y temperaturas para los siguientes meses. La importancia de este tipo de trabajo para el sector agropecuario consiste en ir logrando

avances permitiría empezar a planificar las actividades productivas basándose en algo que tiene una probabilidad de ocurrencia mayor que cero.

Ejemplos de Información Obtenida de los Pronósticos Climáticos

Tal como se mencionó previamente el fenómeno de El Niño afecta las precipitaciones y las temperaturas de Uruguay. También hemos mencionado que la comunidad científica ha avanzado mucho en prever lo que va a suceder con dicho fenómeno. Por ello, en primer lugar es importante considerar qué tipo de información hay disponible hoy sobre previsiones en la región de El Niño. Tomemos como ejemplo la información producida en este sentido por centros de investigación internacionales de primera línea.

La figura 2 muestra la temperatura del mar en la región de El Niño prevista por una grupo de modelos de diferentes institutos de investigación, y publicado por el Instituto Internacional de Investigación en Predicción Climática, o IRI. En primer lugar la figura muestra el rango de variación considerable que presentan las previsiones de dichos modelos. Sin embargo, la mayoría de los mismos prevé un aumento gradual de la temperatura del Pacífico que a fines del corriente año alcanzaría valores de más o menos 1°C superiores al promedio de largo plazo, que está dentro del rango considerado como normal (menos de 1°C de desvío). En otras palabras, nos encontramos en una fase normal de ENSO. Años como éste hacen más difícil aún la producción de pronósticos climáticos experimentales porque uno de los fenómenos de gran escala que más afecta el clima de nuestro país, en la actualidad no presenta anomalías.

El IRI también publica mensualmente pronósticos climáticos para el siguiente trimestre. Como ejemplos de estos pronósticos, las Figuras 3 y 4 muestran los pronósticos del IRI para lluvias y temperaturas en el período Julio 2004 – Setiembre 2004. El pronóstico del IRI utiliza el formato de “terciles” para expresar sus pronósticos. El IRI define tres clases de años: años en los que llueve más o menos lo normal, años en los que llueve más que lo normal y años en los que llueve menos que lo normal. Si no se supiera nada acerca de tendencias, las tres clases tienen la misma probabilidad de ocurrencia (es decir un 33% de probabilidad). Los pronósticos del IRI se basan en los cambios en esas probabilidades.

Por ejemplo, el pronóstico de precipitaciones del IRI mencionado (Figura 3) indica que para el centro de Brasil en Julio-Agosto-Setiembre existe una chance del 50% de que llueva menos que lo “normal”, 35% de chances de que llueva más o menos lo normal, y un 15% de chances de que llueva más que lo normal. En otras palabras, la “clase” más probable es la de lluvias menores a lo normal (en vez de 33% de chances, hay 50% de chances). Es importante destacar que el pronóstico no especifica en cuál o cuáles de los tres meses (Julio, Agosto o Setiembre) se espera que existan lluvias anormales, y tampoco sugiere la magnitud de los posibles desvíos.

En cambio para Uruguay, el pronóstico de precipitaciones muestra que las tres “clases” tienen la misma chance. En otras palabras no hay nada que indique que las lluvias vayan a ser superiores o inferiores a lo “normal”. Es importante también destacar que esto no indica que lo más probable es que llueva más o menos lo normal, sino que las tres posibilidades (más que lo normal, menos que lo normal, o aproximadamente lo normal) tienen la misma chance de ocurrencia.

Un primer análisis de este tipo de pronósticos probabilísticos puede llevar a concluir que la información que suministran es demasiado general y demasiado poco precisa como para ser de alguna utilidad práctica en la actividad agropecuaria. Sin embargo, por ejemplo para el centro de Brasil, se cuenta con un tipo de información que permite tomar decisiones en base a algo con chances de ocurrencia mayores que cero, lo que ya es una notoria mejora.

Como otro ejemplo, supongamos que para Uruguay el pronóstico para los meses de Verano fuera parecido al que hoy presenta el centro de Brasil. Lo que esto significaría y la utilidad que podría tener depende de la actividad específica agropecuaria a la que nos refiramos. Para una alta proporción de actividades agropecuarias, los valores "normales" de lluvia en el verano son bastante limitantes: típicamente hay una gran demanda atmosférica de agua debido a las altas temperaturas y las lluvias no alcanzan a cubrir las necesidades de crecimiento de las plantas. En el ejemplo teórico que estamos usando, el pronóstico indicaría que hay un 85% de chances que las lluvias estuvieran en los rangos normales o menores. Interpretado de esta forma, los pronósticos ya empiezan a ser más útiles.

Cambio Climático en Uruguay

En los últimos años, una de las temáticas más relevantes, concerniente a toda la humanidad, ha sido la referente al "calentamiento global" y su efecto en el cambio del clima en diversas regiones del mundo.

Un informe del año 2001 del Panel Intergubernamental de científicos de todas partes del mundo abocado al tratamiento del Cambio Climático (IPCC), incluye evidencias científicas de la existencia de cambios en el clima global y de sus impactos en diferentes regiones del planeta. En el sector agropecuario del Uruguay (público y privado) existe una creciente preocupación en relación a los posibles impactos negativos de estos cambios climáticos sobre la producción agropecuaria.

El Instituto de Investigación Agropecuaria del Uruguay (INIA) a través de su Unidad de Agro-clima y Sistemas de información (GRAS), elaboró y actualmente viene desarrollando un proyecto en el cual, entre otras cosas, se intenta identificar de manera científicamente probada, posibles cambios del clima en Uruguay.

Este estudio se viene realizando a nivel regional, en la llamada "región pampeana", que incluye el sur de Brasil, Uruguay y la pampa de Argentina. Por tal motivo, la Unidad GRAS del INIA está trabajando en forma conjunta con grupos de investigadores del Centro Nacional de Investigación en Trigo de EMBRAPA, ubicado en Rio Grande del Sur, y del Instituto de Clima y Agua del INTA, ubicado en Buenos Aires. Complementariamente el proyecto es apoyado financieramente por las organizaciones AIACC (Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change), START, la Agencia para el Desarrollo Internacional de EEUU (U.S. Agency for International Development), y el TWAS (Third World Academy of Sciences) con sede en Europa. Así mismo, instituciones como el APSRU (Agriculture Production Systems Research Unit) de Australia, y el IFDC y el IRI (Instituto Internacional de Investigación en Predicciones Climáticas) de los Estados Unidos, han venido participando y continúan asesorando en el desarrollo de las actividades.

Si bien el proyecto de investigación denominado *"Desarrollo e implementación de un sistema para la estimación del impacto de la variabilidad y el cambio climático en los sistemas de producción agrícola ganaderos de la región pampeana de Argentina, Brasil y Uruguay, e identificación de posibles medidas adaptativas",* se encuentra aún en ejecución, es intención presentar en esta publicación a título de adelanto, un resumen breve y fácilmente entendible de las principales y más claras evidencias de cambio climático en Uruguay ocurrido en el transcurso de los últimos 60 a 70 años, identificadas hasta el presente en el estudio mencionado.

Principales cambios en el clima identificados al presente

Lluvia
En términos generales se ha determinado un incremento de la lluvia promedio anual. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero.

Temperatura
Si bien no se han determinado claramente variaciones de la temperatura media a lo largo del año, si se han determinado cambios en las temperaturas máximas y mínimas medias.
La temperatura máxima media ha bajado, particularmente en los meses de enero y febrero, y la temperatura mínima media se ha incrementado prácticamente a lo largo de todo el año.

Heladas
El período promedio con ocurrencia de heladas es más corto.
Si bien se observa que la fecha promedio de la primera helada (o helada temprana) es ahora más tardía, el efecto más claro y significativo es que la fecha promedio de ocurrencia de la última helada (o helada tardía) es ahora más temprana.
La temperatura promedio de las heladas se ha incrementado, o dicho de otra manera, promedialmente las heladas son ahora menos severas.

Es claro que los cambios en las variables climáticas anteriormente mencionadas, han impactado y seguirán impactando en los diversos rubros y formas de producción agropecuaria. Es así que se podría pensar por ejemplo, que mayores precipitaciones en primavera-verano favorecerían el desarrollo de cultivos de verano y de pasturas, o que este efecto asociado a un incremento de la temperatura mínima media y a inviernos con períodos de heladas más cortos y a la vez con heladas menos severas, estaría promoviendo el desarrollo y aumento de la incidencia de enfermedades, plagas y parásitos tanto en la producción vegetal como en la producción animal. Sin embargo cabe aclarar que los efectos mencionados están basados en datos y promedios considerados y analizados en el largo plazo (de 10 a 70). Dada la gran variabilidad climática existente entre años, dichos cambios climáticos no se manifiestan todos los años. Por ejemplo, se ha constatado que en los últimos 30 años las lluvias anuales promedio se han incrementado en relación al período de 30 años anterior. Eso no significa que dentro de esos 30 años con mayores precipitaciones promedio, no existieron años con lluvias menores o incluso con severas sequías.

Es así que este tipo de determinaciones referentes a cambios en el clima deben ser consideradas en términos de mediano y largo plazo y por lo tanto utilizadas para la planificación y el desarrollo de proyectos, actividades, y emprendimientos enmarcados en tales magnitudes de tiempo.

Conclusión

Hasta hace muy poco tiempo toda la actividad agropecuaria sólo podía fundamentarse en las condiciones climáticas promedio de la localidad en que se trabaja. Sin embargo la probabilidad de que un año presente condiciones climáticas promedio es básicamente nula. En los últimos años la comunidad científica ha mejorado sensiblemente los conocimientos relacionados a la conexión entre fenómenos de gran escala (tales como El Niño) y las tendencias climáticas esperadas para diferentes regiones del mundo. Por otro lado los científicos también han logrado mejorar su capacidad para pronosticar la existencia de fenómenos como El Niño.

Estos dos avances han permitido que se haya comenzado a experimentar con la capacidad de establecer pronósticos climáticos (para los próximos 3 meses). Esos pronósticos permiten establecer cuál es la probabilidad de que las condiciones climáticas esperadas sean más o menos normales o que presenten desvíos con respecto a lo normal. El máximo grado de avance en esta área científica permite entonces establecer probabilidades.

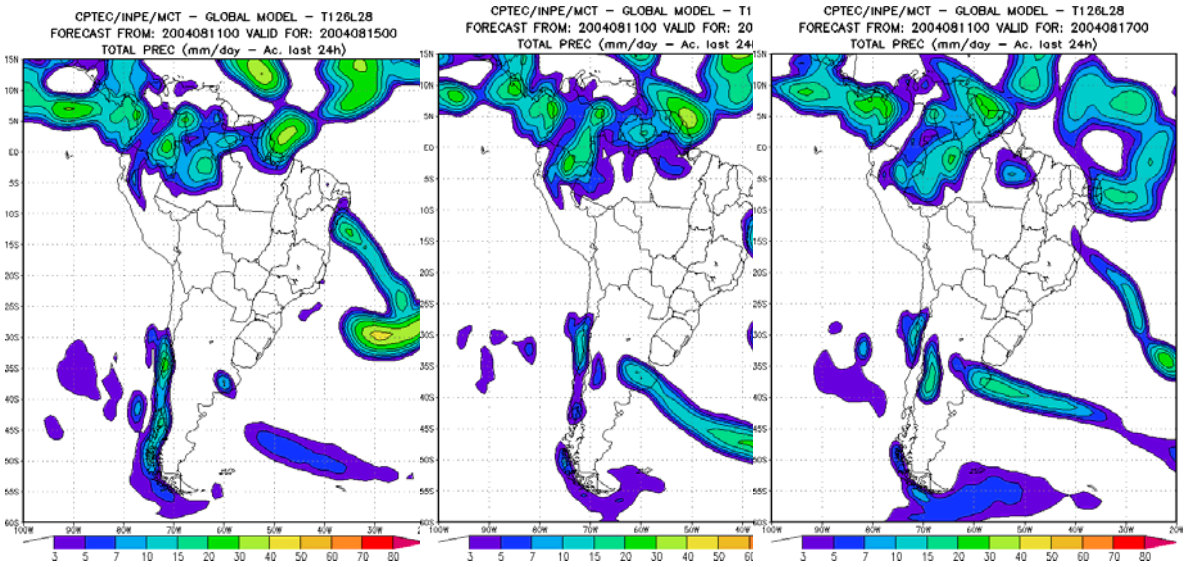
Por otro lado la comunidad científica internacional ha venido demostrando la existencia de cambios en el clima medidos en el largo plazo, y sus posibles impactos sobre la producción agropecuaria en diferentes regiones del mundo.

Desde hace unos años el INIA se ha fijado como meta el aprovechar en forma racional y efectiva los avances en la capacidad de establecer pronósticos climáticos (3 a 6 meses), así como comenzar estudios para la elaboración de diagnósticos y posibles escenarios futuros de cambio climático, para finalmente determinar la vulnerabilidad de los sistemas, rubros y tecnologías actuales de producción y posibles medidas adaptativas. Es así que la Unidad de Agro-clima y Sistemas de información (GRAS) del INIA, viene desarrollando y utilizando estos conocimientos en forma integrada con herramientas modernas de análisis de información para contribuir a mejorar la capacidad de planificación y toma de decisiones en el sector agropecuario y forestal.

Información de estadísticas climáticas, pronósticos, imágenes satelitales y de otro tipo, se encuentra disponible en la página web de la Unidad GRAS: www.inia.org.uy/gras/

Figura 1. Pronósticos del tiempo (1 a 7 días)

Pronósticos de corto plazo (diarios)



www.inia.org.uy/gras/
en el item "información climática"

Figura 2. Ejemplos de predicciones de la temperatura de la superficie del Océano Pacífico en la región de El Niño, llevadas a cabo por modelos de diferentes centros de investigación del mundo (publicados por el Instituto de Investigación en Predicción Climática -IRI.

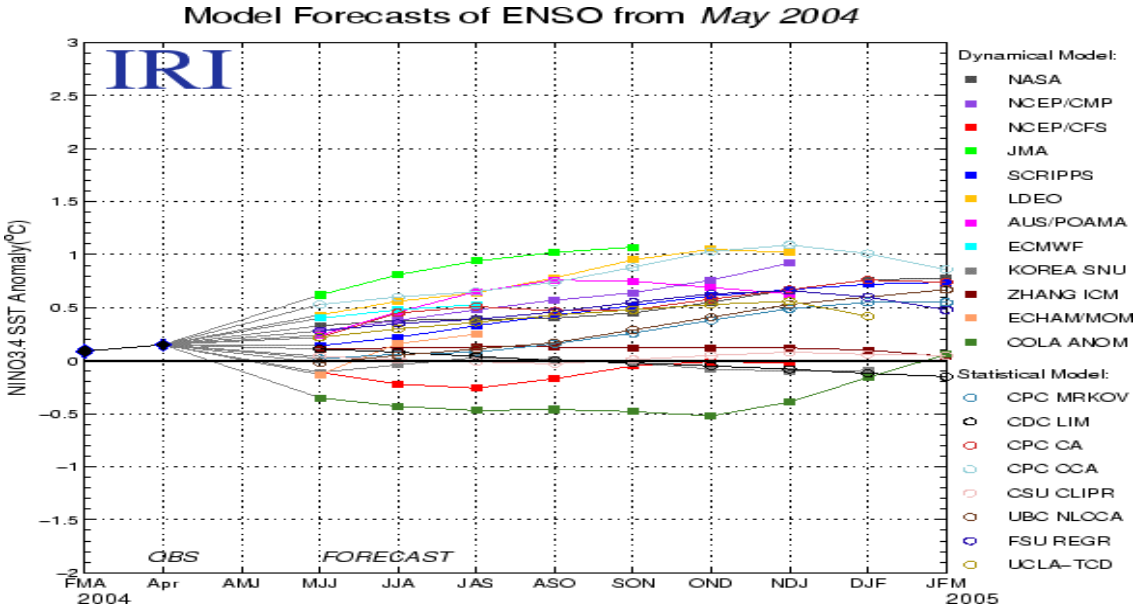


Figura 3. Pronóstico climático de precipitaciones para América del Sur publicado mensualmente por el IRI (Instituto de Investigación en Predicción Climática), para los siguientes tres meses.

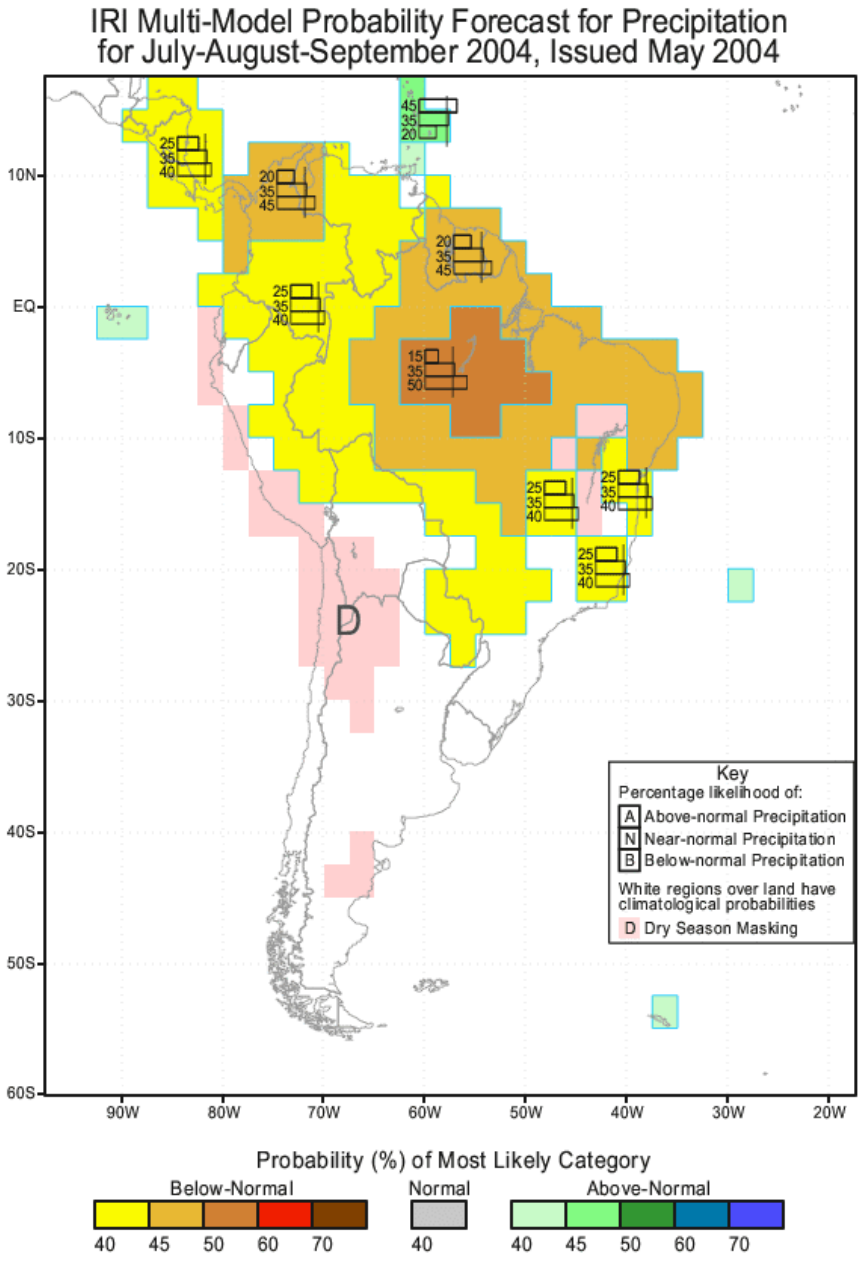
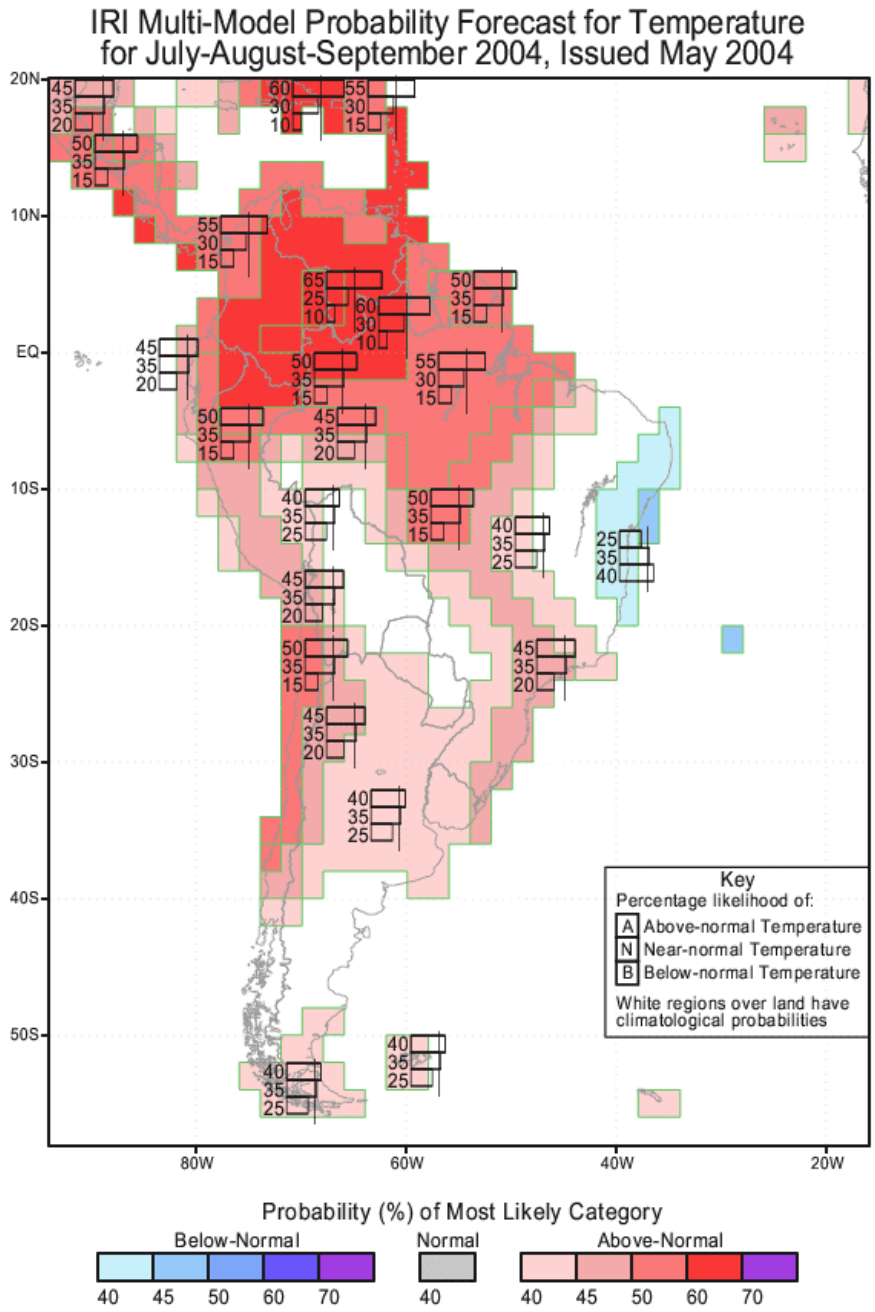


Figura 4. Pronóstico climático de temperaturas para América del Sur publicado mensualmente por el IRI (Instituto de Investigación en Predicción Climática) para los siguientes tres meses.



Cancro del Tallo en Girasol

Silvina Stewart[1]
Sebastián Arrivillaga[2]
José Pedro Castaño[3]

El cancro del tallo causado por *Phomopsis helianthi,* fase asexual de *Diaporthe helianthi,* es un hongo de reciente aparición en el cultivo de girasol en el país, fue citado por primera vez en la zafra 2002/03, en la zona de Mercedes, Soriano. Es un patógeno que causa graves daños en los países de Europa Central (Yugoslavia, Hungría, Rumania) y en Francia, habiéndose reportado mermas de entre 20 y 80%.

los síntomas de la enfermedad en hoja son lesiones castañas que comienzan en la extremidad de las nervaduras principales, avanzan en triángulo con la punta dirigida hacia el peciolo. Los síntomas en tallo comienzan en el punto de inserción del peciolo con el tallo, son cancros de tamaño variable, de color castaño claro a beige con centro mas claro. Avanzado el ciclo del cultivo, puede infectar el capítulo causando necrosis en forma de triángulo e infectar el grano. Los síntomas pueden ser confundidos con otras enfermedades del cultivo, a nivel de tallo se puede confundir con la mancha negra del tallo causada por P*homa oleracea*.

el patógeno tiene la particularidad de ablandar los tejidos del tallo provocando la rotura o quebrado del mismo. Los ataques que tiene lugar antes de la floración son siempre más graves, en esos casos la planta puede morir prematuramente pues el tejido vascular por debajo de la lesión es destruido por el hongo.

El hongo, por ser un patógeno necrotrófico, sobrevive en rastrojo de girasol donde forma la estructura sexual o peritecio de donde se liberan las ascosporas que constituye el inóculo primario de la enfermedad.

En Francia, una de las medidas propuestas para el control de esta enfermedad ha sido un monitoreo a nivel de país para determinar las zonas de mayor riesgo, llegando a dividir el país en tres zonas (zona de presión fuerte, media y baja). En base a estas zonas recomiendan distintas estrategias, como el cultivar a utilizar (tiene caracterizado los materiales frente a la enfermedad) y el uso o no de tratamiento químico preventivo o curativo temprano.

Relevamiento zafra 2003/04

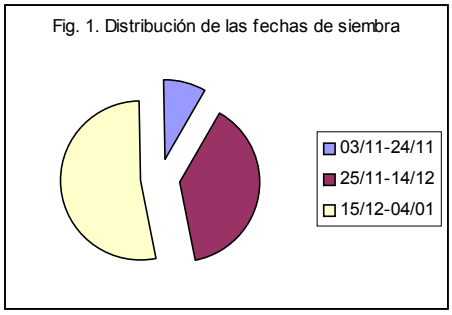
El cancro del tallo tuvo una incidencia muy importante en la zafra 2002/03 en la zona de Mercedes, aunque no fue debidamente cuantificado. Con el objetivo de determinar la dispersión y severidad de la enfermedad en la zafra 2003/04, se realizó un relevamiento abarcando los departamentos de Paysandú, Río Negro, Soriano, Colonia, San José y Flores.

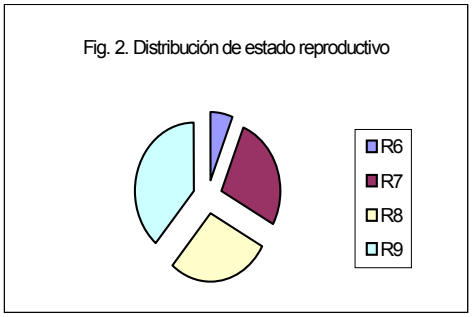
Se muestrearon un total de 67 chacras, cuya localización fue precisada utilizando un GPS. Se evaluó la incidencia y la severidad de la enfermedad a nivel de tallo,

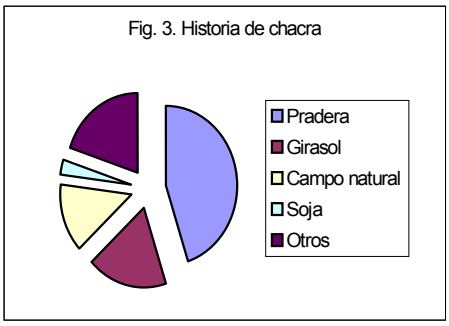
[1] Lic. Biología, Sección Protección Vegetal, INIA, La Estanzuela
[2] Ing. Agr., Contratado
[3] Ing. Agr. Grupo de Riego y Agricultura Satelital (GRAS), INIA

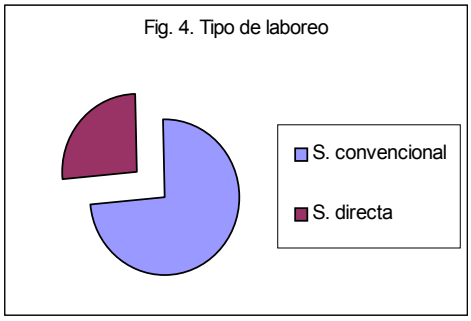
utilizando una escala de 1 al 5 (1=tallo sano, 2=lesión menor a 10 cm, 3=lesión de 20 cm o más, 4=un tercio del tallo afectado y 5=totalidad del tallo afectado). Se recolectaron datos de fecha de siembra, nombre del material, estado fenológico, cultivos previos, tipo de laboreo y se determinó la población de plantas para cada chacra. Además, se tomaron muestras de tallo de cada chacra para ser debidamente diagnosticadas posteriormente en el laboratorio.

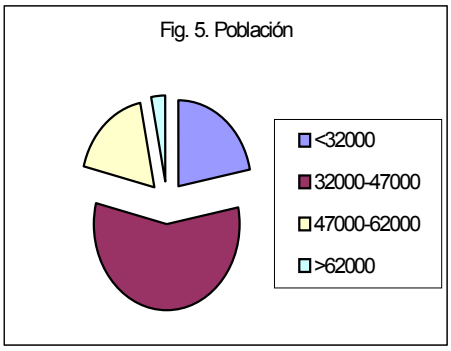
La distribución de estas variables se muestran en las figuras 1-7.

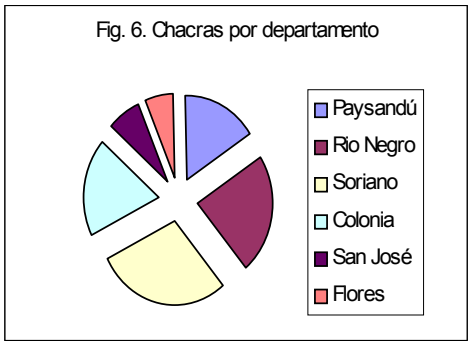


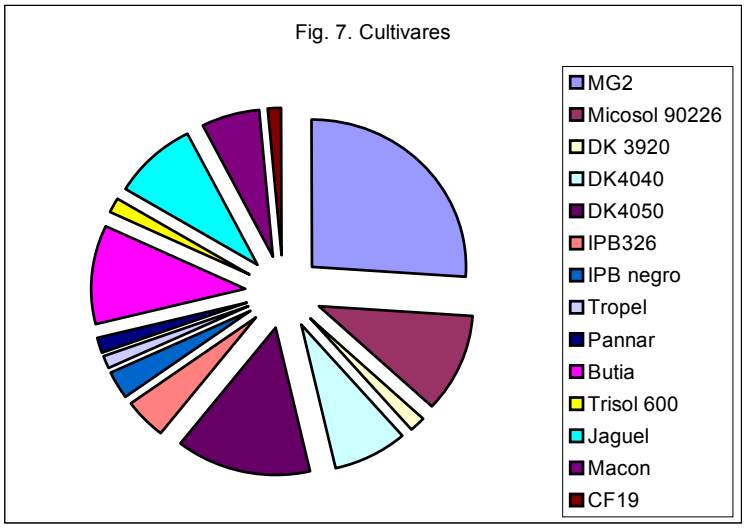












Resultados

En la Figura 8 y en el Cuadro 1, se presenta el número de chacras con presencia de la enfermedad en el total de chacras muestreadas y los rangos de severidad e incidencia por departamento, respectivamente. Las variables severidad e incidencia, también se pueden visualizar en los Mapas 1 y 2 donde se ubica el punto de muestreo en el Litoral Oeste. El Mapa 3, fue construido con un índice que surge de multiplicar la severidad y la incidencia para luego dividir por 100. Los mapas fueron construidos utilizando el programa SURFER, que genera zonas a partir de puntos irregularmente separados extrapolando o interpolando los valores puntuales de los datos reales.

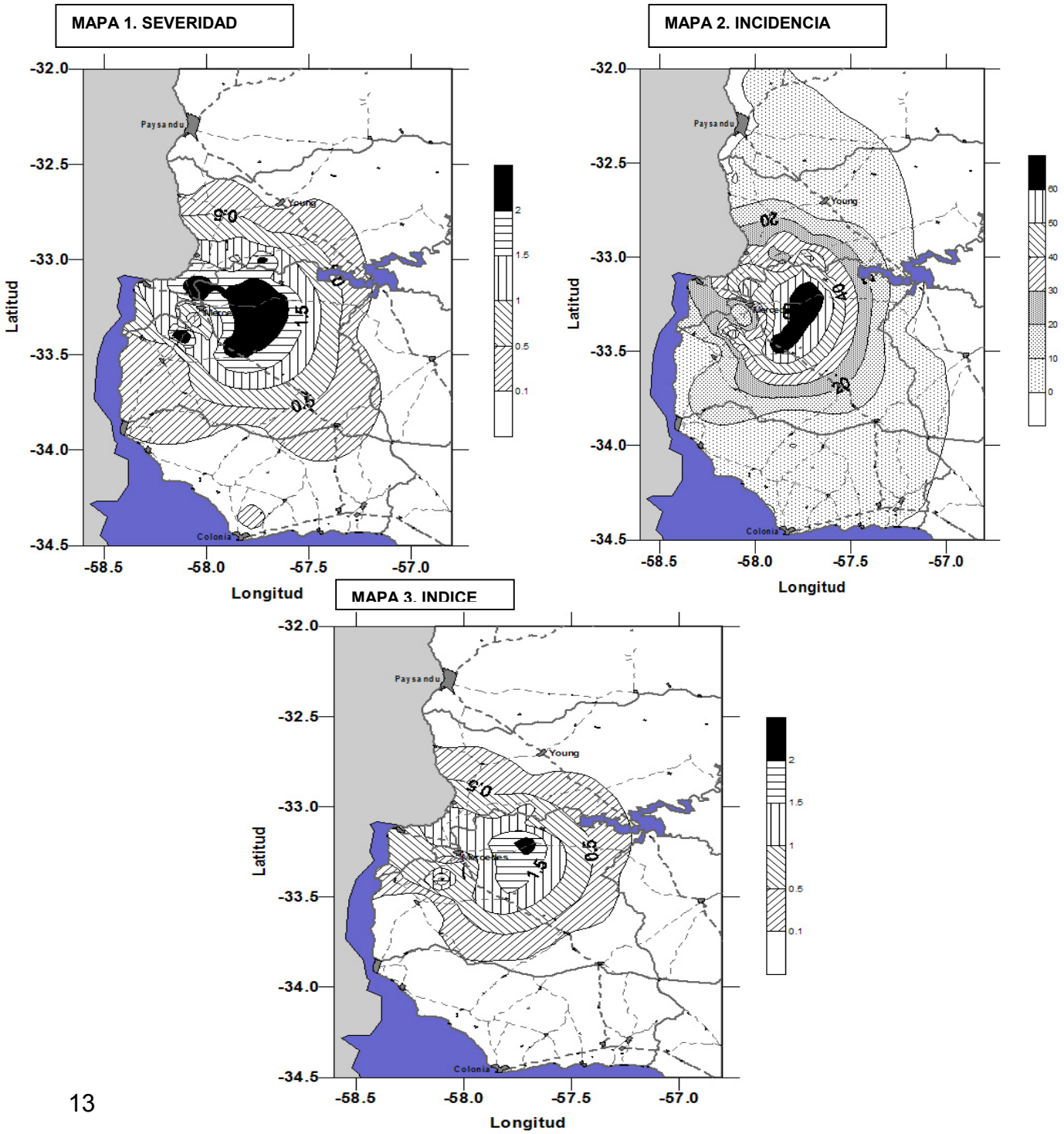
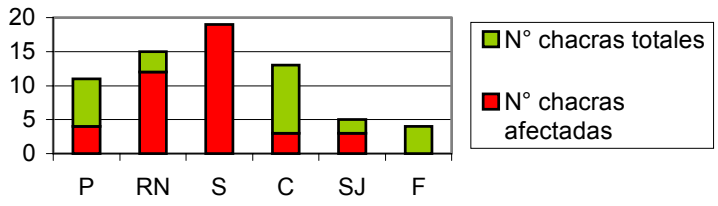


Fig. 8. Número de chacras afectadas en el total por departamento.



Cuadro 1. Rango de severidad, incidencia e índice por departamento.

	Paysandú		Río Negro		Soriano		Colonia		San José		Flores	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Severidad	0.75	0	2.77	0	3.69	0.02	0.15	0	0.06	0	0	0
%incidencia	2	0	62	0	77.3	1	7.5	0	1.5	0	0	0
Indice	0.004	0	2.05	0	2.85	0.0004	0.03	0	0.002	0	0	0

Tomando en cuenta la totalidad de las chacras muestreadas, las variables significativamente asociadas a la severidad, incidencia y al índice figuran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variables asociadas a la enfermedad en la totalidad de las chacras.

Variables dependientes	Localidad	Fecha de siembra	Estado reproductivo	Cultivo previo	Población
Severidad	0.44* (0.0001)**	-0.29 (0.0001)	0.25 (0.0001)	-	0.18 (0.007)
Incidencia	0.52 (0.0001)	-0.27 (0.0001)	0.21 (0.0018)	0.16 (0.016)	0.18 (0.006)
Indice	0.34 (0.0001)	-0.24 (0.0003)	0.22 (0.0009)	-	0.14 (0.026)
N° muestras	227	223	227	219	227

* r = coeficiente de correlación pearson
** probabilidad > i r i

En el Cuadro 3, figura el análisis por separado de los departamentos de Soriano y Río Negro, siendo estos los más afectados por la enfermedad.

Cuadro 3. Variables asociadas a la enfermedad en los Deptos. de Soriano y Río Negro.

Variables dependientes	Fecha de siembra	Estado reproductivo	Población
Severidad	-0.22* (0.015)**	0.34 (0.0002)	0.32 (0.0003)
Incidencia	-0.16 (0.078)	0.27 (0.0025)	0.35 (0.0001)
Indice	-0.19 (0.037)	0.28 (0.0021)	0.25 (0.0066)
N° muestras	117	121	121

* r = coeficiente de correlación pearson
** probabilidad > i r i

El diagnóstico a nivel de laboratorio reveló un 84 % de las muestras positivas como P*homopsis*, viéndose en un 99.2% de estos casos la presencia de esporas β únicamente.

Los departamentos más severamente afectados por la enfermedad fueron Soriano y Río Negro. En el departamento de Soriano existen dos zonas de presión fuerte de la enfermedad; la más extensa al este de Mercedes rodeando la ruta 14 y otra más pequeña entre Mercedes y Dolores rodeando la ruta 21. Estas se consideran zonas de alto riesgo para la ocurrencia de la enfermedad la próxima zafra. A medida que uno se aleja de estas zonas el riesgo disminuye, debido principalmente a que el mismo esta asociado al inóculo presente en el rastrojo infectado en cada localidad.

La variable localidad estuvo altamente asociada a la enfermedad, mientras que la variable estado reproductivo nos estaría indicando que a medida que avanza el ciclo del cultivo, el cancro del tallo, sobre todo la severidad, aumenta. Por lo menos para esta zafra en particular, existió una relación de mayor enfermedad en las siembras tempranas y en altas poblaciones, debido seguramente a condiciones climáticas específicas en ese período y a que las canopias densas favorecen el desarrollo de la misma.

Estimación del Impacto de la Soja sobre Erosión y C Orgánico en Suelos Agrícolas del Uruguay[1]

Carlos Clérici[2], Walter Baethgen[3], Fernando García Préchac[2] y Mariana Hill[2]

Introducción

Este trabajo presenta estimaciones de tasa de pérdida de suelo por erosión y de variaciones del contenido de carbono orgánico (CORG) en sistemas de producción que incluyen soja en intensidades que van desde cultivo continuo a rotaciones de cultivos y pasturas de cuatro años de duración, realizados con laboreo reducido (LR) o con siembra directa (SD). En el entendido que las variables estimadas constituyen los principales indicadores de sostenibilidad física de los sistemas productivos y no contando con datos experimentales de casos que incluyan diferente participación del cultivo de soja, se intenta con ellas analizar a priori, el impacto que generarían. El objetivo de las estimaciones es aportar a la toma de decisiones en la selección del uso y manejo de los suelos agrícolas de Uruguay.

Se presta especial atención al cultivo de soja, porque en Uruguay el mismo pasó de casi desaparecido (hace 2 años se plantaron solo 30 kha) a que en la última campaña se plantaran 260 kha, como consecuencia de su alto precio y de la participación de agricultores e inversores argentinos, que han realizado más de la mitad de dicha superficie. Resultados de INIA-33 (Terra y García Préchac, 2001), indican que si la secuencia de cultivos deja pocos residuos, como es de esperar lo hagan las fases de cultivos dominadas por soja, a mediano y largo plazo ocurre alguna degradación del recurso suelo, aún con SD. Allmaras, et al. (1991) presentan resultados que muestran a la soja dejando menos cantidad de residuos en superficie y dentro de los primeros 10 cm del suelo que maíz y trigo, determinando mayores valores del Factor C de RUSLE, que estima el riesgo de erosión por uso y manejo, con y sin laboreo. Determinaciones similares citadas por Shelton, et al. (1992), reportan a la soja teniendo los menores valores de cobertura por residuos con y sin laboreo. Ello determinó mayores pérdidas de suelo por erosión respecto al trigo y maíz.

Lo anterior refuerza la atención a prestar a este cultivo y a su intensidad de participación en los sistemas de producción, aun en caso de SD.

---

[1] Trabajo presentado y publicado en el XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (2004) y en la Revista Cangüe No. 26 (2004)"

[2] Facultad de Agronomía, UDELAR. Av. Garzón 780, Montevideo Uruguay. Tel: 598 2 3561251. E-mail: cclerici@fagro.edu.uy

[3] International Fertilizer Development Center

Metodología

Las estimaciones de pérdidas de suelo por erosión se realizaron con el modelo USLE/RUSLE (Ecuación Universal de pérdida de suelo- Ecuación Universal de pérdida de suelo Revisada, Wischmeier y Smith, 1978; Renard. et al,1997). Una síntesis de los esfuerzos para validarlos en Uruguay, así como ejemplos de su utilización a diferentes escalas, pueden consultarse en Clérici y García Préchac (2001).

Las estimaciones se realizaron considerando 3% de pendiente y 100 m de largo de ladera, con todas las operaciones a favor de la pendiente.

Se consideraron tres suelos representativos de los más usados en agricultura en Uruguay: Pachic Argiudoll (CñN Brunosol), Fine, smectic, thermic, Typic Hapludert (La Carolina Vertisol) y Fine, smectic, thermic, Pachic Ariudoll (Young Brunosol).

Se simularon diferentes sistemas de producción, desde soja continua hasta rotaciones con pasturas con distinta intensidad de participación de soja en su fase de cultivos.

Se consideraron dos intensidades de laboreo: LR y SD.

Para cada combinación sistema-intensidad de laboreo, se estimó la tasa promedio anual de erosión generada y la contribución porcentual de cada componente (cultivo) a la misma.

Las estimaciones de Carbono orgánico fueron realizadas con el modelo CENTURY, que ha sido validado con los datos de los ensayos de larga duración de INIA-La Estanzuela (Baethgen et al., 1994). Las estimaciones fueron realizadas para 3 sistemas de producción durante los 24 años desde 1976 a 2000: SjSj: soja continua, TrSj: trigo-soja, CulPast: rotación maíz-soja-trigo-3 años de pradera, combinados con la utilización de LR o SD.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 presenta estimaciones de tasas promedio anuales de erosión realizadas con USLE/RUSLE. En el sistema de soja continua, aun con SD, se obtienen estimaciones de erosión mayores a las tolerables. Si el sistema intercala un cultivo de cobertura o trigo en los inviernos entre los cultivos de soja y se hace con SD, lo que asegura suelo cubierto en el período invernal, la estimación de erosión se acerca a la tasa tolerable.

Cuadro 1. Estimaciones con USLE/RUSLE.

Rotación	Manejo	Unidad Suelo/Suelo	Pérdida (Mgr/há)
Soja Trigo	SD	CñN Brunosol	11.9
		Young. Brunosol	6.6
		La Carolina. Vertisol	7.7
	LR	CñN Brunosol	34.9
		Young. Brunosol	19.5
		La Carolina. Vertisol	22.6
Soja cont.	SD	CñN Brunosol	25,6
		Young. Brunosol	14.3
		La Carolina. Vertisol	16.6

	LR	CñN Brunosol	45.0
		Young. Brunosol	25.2
		La Carolina. Vertisol	29.2
Soja-cobertura	SD	CñN Brunosol	13.7
		Young Brunosol	7.7
		La Carolina. Vertisol	8.1
	LR	CñN Brunosol	22.4
		Young. Brunosol	12.5
		La Carolina. Vertisol	14.5
M-S-T/p-P-P	SD	CñN Brunosol	5.7
		Young. Brunosol	3.2
		La Carolina. Vertisol	3.7
	LR	CñN Brunosol	10.4
		Young. Brunosol	5.8
		La Carolina. Vertisol	6.7
M-S-T/p-P-P-P	SD	CñN Brunosol	4.9
		Young. Brunosol	2.8
		La Carolina. Vertisol	3.2
	LR	CñN Brunosol	8.8
		Young. Brunosol	5.0
		La Carolina. Vertisol	5.7
M-S-T-S-T/p-P-P	SD	CñN Brunosol	6.6
		Young. Brunosol	3.7
		La Carolina. Vertisol	4.3
	LR	CñN Brunosol	12.6
		Young. Brunosol	7.1
		La Carolina. Vertisol	8.2
M-S-T-S-T/p-P-P-P	SD	CñN Brunosol	5.7
		Young. Brunosol	3.2
		La Carolina Vertisol	3.7
	LR	CñN Brunosol	10.9
		Young. Brunosol	6.1
		La Carolina. Vertisol	7.1

P = 1 Tolerancia(Mg/há) = 7 M = Maíz P = Pradera
L = 100 m SD = Siembra Directa S = Soja Cob = Cobertura raigrás
S = 3% LR = Laboreo Reducido T = Trigo

En cambio, para las rotaciones con pasturas de 2 ó 3 años de duración se estiman pérdidas de suelo por debajo de la tolerancia, tanto con LR como con SD. Si la secuencia de cultivos de la rotación con pasturas se alarga, con LR la tasa estimada supera ligeramente la tolerancia. Las combinaciones más erosivas agravan su efecto al incrementarse la erodabilidad del suelo.

El Cuadro 2 presenta la contribución de cada componente de la rotación a la tasa de erosión estimada. Ese clara la mayor participación del cultivo de soja a la misma. En promedio para todas los sistemas, el 62% de la erosión estimada fue determinado por el cultivo de soja, el 24% por el cultivo de maíz, 21% por el cultivo de trigo y 2% por las pasturas sembradas.

Cuadro 2. Participación porcentual de cada componente del sistema de producción a la tasa de erosión estimada.

Rotación	Manejo	Comp	% del total
Trigo Soja	SD	Trigo	16
		Soja	84
	LR	Trigo	39
		Soja	61
M-S-T/P-P-P	SD	Maíz	30
		Soja	58
		Trigo	7
		Pasturas	4
	LR	Maíz	27
		Soja	46
		Trigo	25
		Pasturas	2
M-S-T-S-T/P-P-P	SD	Maíz	19
		Soja	69
		Trigo	9
		Pasturas	3
	LR	Maíz	19
		Soja	53
		Trigo	27
		Pasturas	1

En el Cuadro 3, se presentan las simulaciones realizadas con el modelo CENTURY para dos de los suelos considerados en las estimaciones de erosión: Vertisol de La Carolina y Brunosol de Cañada Nieto. Para la realización de las mismas, se utilizó como input la tasa de erosión estimada con USLE/RUSLE. El modelo simula el CORG en g/m2 hasta 20 cm de profundidad. Además, estima que cantidad de CORG es perdida por erosión. Los resultados del Cuadro 3 muestran que en todos los sistemas, las pérdidas porcentuales de CORG son mayores en el suelo de textura media que en el arcilloso. La pérdida de CORG es mayor con LR que con SD. La erosión explica un alto porcentaje de las pérdidas totales de carbono, entre 50 y 90 % en los sistemas de cultivos sin pasturas.

Cuadro 3. Simulaciones de Pérdidas de Carbono Orgánico

ROTACIÓN	MANEJO	TEXTURA	Cont. de C (g/m^2) Año 1	Cont. de C (g/m^2) Año 20	Balance de C Totales (g/m^2)	Pérdidas C por Erosión (g/m^2)	% Pérdidas por Erosión
TRIGO - SOJA	LABRANZA REDUCIDA	Franco	5067	3717	-1350	1197	89
		Arcilloso	8846	6639	-2207	1708	77
	SIEMBRA DIRECTA	Franco	5067	4186	-880	428	49
		Arcilloso	8846	7199	-1647	532	32
SOJA - SOJA	LABRANZA REDUCIDA	Franco	5067	3506	-1560	1555	100
		Arcilloso	8846	6210	-2636	2185	83
	SIEMBRA DIRECTA	Franco	5067	3875	-1191	913	77
		Arcilloso	8846	6666	-2180	1288	59
MAIZ-SOJA-TRIGO-4 años Pradera	LABRANZA REDUCIDA	Franco	4891	4901	+10	530	*
		Arcilloso	8553	8169	-385	766	*
	SIEMBRA DIRECTA	Franco	4891	5139	+248	273	*
		Arcilloso	8553	8409	-144	410	*

En el sistema de rotación con pasturas no se presenta el valor de la contribución porcentual de la erosión a la pérdida de CORG (*) porque superan a dicha pérdidas. Esto se debe a que las pérdidas se concentran en la fase de cultivos y a que en la etapa de pasturas se producen ganancias, por lo que el resultado neto es el balance entre ambas. En el caso del suelo Franco, el resultado neto es ligeramente positivo y en el Arcilloso ligeramente negativo, en especial con SD. Esto se debe a que el contenido de CORG en equilibrio es menor a medida que se reducen las fracciones finas en la composición granulométrica (Pieri, 1989).

Esto es coincidente con los resultados obtenidos en el ensayo de larga duración de INIA-La Estanzuela (Díaz Roselló, 1992), sobre un Argiudol típico (horizonte A Franco arcillo limoso), en el que en la rotación cultivo-pasturas con laboreo durante 27 años, el CORG. bajó y subió acentuadamente durante las fases de cultivos arables y pasturas de la rotación, con ligera tendencia general a la pérdida (5 $g.m^2$).

Conclusiones

Los sistemas de agricultura continua con laboreo no son sostenibles en términos de la calidad del recurso suelo.

Aún con SD, en soja continua se estiman tasas de erosión por encima de las tolerables. Este problema tiende a corregirse al incluir un cultivo o cobertura de invierno entre los cultivos de soja.

Las rotaciones de cultivos y pasturas, con o sin laboreo, arrojan estimaciones de erosión por debajo de los niveles tolerables, salvo que la rotación alargue en demasía la fase de cultivos con alta participación de la soja.

Del análisis de la participación de cada cultivo en la erosión total generada en los sistemas de producción, surge la soja como el contribuyente mayoritario (62%).

La evolución del carbono orgánico en el período de simulación considerado pone de relieve la importancia de incluir pasturas en las rotaciones, independientemente de la intensidad de laboreo utilizada.

En los sistemas de rotación con pasturas se obtuvieron estimaciones de ligera ganancia neta de carbono orgánico en el horizonte Ap del suelo de textura Franca para el período considerado, mientras que en el arcilloso se estimó una ligera pérdida. Esto estaría indicando que en los suelos de texturas más pesadas la fase de pasturas debería ser algo más larga que la de cultivos en las rotaciones. Asimismo, este ejercicio, al igual que los resultados experimentales citados, destacan la contribución de las pasturas en los sistemas de producción para lograr efectiva captura de carbono en los suelos.

Referencias

Allmaras, R.R., G.W Langdale, P.W. Unger, R.H. Dowdy, and D.M. Van Doren .1991. Adoption of conservation tillage and associated planting systems. In Soil Management for Sustainability, R.Lal and F. J. Pierce, Editors, pp 53-83.

Baethgen, W.E., A. Morón y R.M. Díaz Roselló. 1994. Modeling long-term soil organic carbon changes in six cropping systems of SW Uruguay. In Int. Soil Sci. Soc. Transcipts, Vol. 9: 300-302, Acapulco México.

Clérici, C y F.García Préchac 2001. Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la región sur de la cuenca del Río de la Plata. Agrociencia. (Revista Científica de la Facultad de Agronomía - UDELAR). Montevideo, Uruguay. Vol. 5. Nº 1. pp: 92 - 103.

Díaz-Roselló, R. M. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. Revista INIA-Uruguay Inv. Agr. 1, Tomo I. pp. 103-110.

Pieri, Ch. 1989. Fertilité des terres de savanes. CIRAD-IRAT, Montpellier, France, 448p.

Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. MC Cool and d.C. Yonder. 1997. Predicting soil Erosion by Water: A guide to Conservation Planningwith thwe Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), United States Departament of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook Nº 703.

Shelton, D.P., E.C Dickey, P.J Jasa, M.C. Hirschi, and L.C. Brown.1992. Water erosion. In Conservation tillage systems and managements. Midwest Plan Service-MWPS-45 First Edition, pp.8-11.

Terra, J.A. y F. García-Préchac (2001). Siembra directa y rotaciones forrajeras en las Lomadas del Este: Síntesis 1995-2000, INIA-Uruguay, Treinta y Tres, Serie Técnica. No. 125, pp. 100.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith.1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservatrion planning.USDA Agricultural Handbook Nº 537, 58p.

Comportamiento de Sojas de distintos grupos de madurez en diferentes ambientes de producción

Sergio Ceretta[1]

Durante la pasada zafra se realizaron diferentes ensayos para estudiar el comportamiento de cultivares de soja en diferentes ambientes de producción. Básicamente el ambiente de producción está definido por las características del suelo, las condiciones meteorológicas, la época de siembra y las restantes prácticas generales de manejo. A los efectos de muestrear diferentes ambientes de crecimiento se instalaron dos Redes de Ensayos de soja. Una Red se orientó al estudio del comportamiento de cultivares de soja en condiciones de chacra (Red AUSID-CALMER-INIA), utilizando para ello un diseño de macro-parcelas sin repetición con testigos alternados, e instalando ensayos en 13 chacras del litoral donde se probaron 16 cultivares de los grupos de madurez 4 al 7. La otra Red se enfocó más específicamente al estudio de la interacción entre el grupo de madurez y la fecha de siembra (Red FSxGM). Esta última se inscribe dentro del acuerdo de cooperación INTA–INIA y contó con ensayos instalados en La Estanzuela y Treinta y Tres, donde se evaluaron en total 38 cultivares pertenecientes a los grupos de madurez 3 al 8. La mayoría de los cultivares utilizados en la Red FSxGM fueron comunes a los utilizados en la red que a estos mismos fines lleva adelante INTA en Argentina. La integración de la información generada en la pasada zafra en ambas redes así como con parte de la información obtenida a través de la evaluación de cultivares para el registro nacional nos permite explorar la respuesta de los cultivares en un rango muy amplio de ambientes de crecimiento. A continuación se presentan los resultados obtenidos en ambas redes durante la zafra 2003-2004.

I. Red de ensayos en Chacra, AUSID-CALMER-INIA

Los objetivos, diseño y manejo general de esta Red de ensayos se encuentran descriptos en Ceretta et al, 2004**.** En líneas generales se probó el comportamiento de 16 cultivares de soja en siembras de primera y segunda donde variaba el tipo de suelo y el manejo del barbecho o rastrojo previos. Se realizaron observaciones de rendimiento, características agronómicas y de calidad física del grano cosechado. El estudio de calidad física (calidad de recibo) del grano fue realizado por la Ing. Agr. María Eugenia Pérez, sobre una muestra de 100 gramos de grano, para un total de 6 ensayos (3 de siembra de primera y 3 de siembra de segunda).

[1] Ing. Agr. M.Sc. Jefe del Programa Nacional de Evaluación de Cultivares.

Resultados

Rendimiento de grano.

El rango de rendimiento promedio de los ensayos fue de 1300 a 2700 Kg/ha, (Cuadro 1). El análisis de varianza se presenta en el (Cuadro 2). El rendimiento promedio de las siembras de segunda fue significativamente inferior al de las siembras de primera, (Figura 1). Los rendimientos obtenidos en suelo arcilloso superaron significativamente a los obtenidos en suelo calcáreo y arenoso, mientras que no existieron diferencias significativas entre estos dos últimos, (Figura 2). Dentro de cada época de siembra no se constataron diferencias significativas entre los dos tipos de barbecho.

Se observó la presencia de interacción cultivar x siembra x barbecho, la cual fue significativa aunque de escasa magnitud. Asimismo se observó la presencia de interacción grupo de madurez x siembra x barbecho, (Cuadro 3 y Figura 3).

Adaptabilidad y estabilidad de los cultivares

Regresión de los cultivares sobre la media de rendimiento.

Se estimó el coeficiente de regresión (b) de cada cultivar sobre la media de rendimiento del ensayo. El coeficiente b indica la capacidad de reacción del cultivar a un incremento en la calidad productiva del ambiente, esto último medido a través de la media de rendimiento del ensayo. Cultivares con coeficiente $b>1$ responden en forma mas que proporcional a la mejora de la calidad del ambiente de producción y por lo tanto su comportamiento es relativamente mejor en ambientes de alto rendimiento. Cultivares con coeficiente $b<1$ se comportan relativamente mejor en ambientes de bajo rendimiento y por lo tanto tienen menor capacidad de aprovechar al máximo los recursos disponibles en un ambiente de alta producción. A su vez la varianza debida a los desvíos de la regresión es un indicador de la estabilidad de los cultivares, a menor varianza mayor estabilidad, (Cuadro 4).

Estructura de correlación genotípica entre ambientes.

La representación gráfica de la estructura de correlación genotípica entre ambientes ilustra la ocurrencia de interacción cultivar x ambiente, (Figura 4). Los ambientes se representan con cuadrados y los cultivares con círculos. El ángulo formado entre dos vectores ambientales es una aproximación de la correlación genotípica entre esos ambientes. Ángulos pequeños entre vectores indican estrecha correlación positiva entre los ambientes en cuestión, ángulos muy grandes indican correlación negativa y cuando los vectores se encuentran en ángulo recto la correlación es cero. Cuando dos ambientes están positivamente correlacionados significa que los cultivares en esos ambientes se comportan en forma muy similar. Por otro lado los cultivares que se posicionan en el gráfico cerca de un determinado ambiente son aquellos que tienen un mejor comportamiento relativo en ese ambiente. En la Figura 4, se observa que todos los cultivares pertenecientes al GM 4 tuvieron mejor comportamiento relativo en los ensayos de siembra de segunda sobre rastrojo de trigo,

mientras que los de GM 6 y dos cultivares del GM 5 se comportaron relativamente mejor en los rastrojos de cebada. El menor rendimiento de los cultivares del GM 4 en rastrojo de cebada se corresponde con un menor número de granos/m^2 en esos ensayos en contraste con la situación ocurrida sobre rastrojo de trigo. En la serie de datos el rendimiento de grano estuvo altamente correlacionado en forma positiva con el número de granos/ m^2. A su vez, el rendimiento mostró correlación positiva (aunque de baja magnitud) con el número de vainas/planta (r = 0.54) y número de vainas/m^2 (r = 0.51). La altura de planta no mostró correlación con rendimiento en el total de los cultivares pero sí se observó una correlación positiva (r entre 0.55 y 0.68) entre estas dos variables en los cultivares pertenecientes al GM 4 así como en un cultivar del GM 5 (NM 55 RR).

Calidad física de grano.

El grano dañado total, -promedio por ensayo- fluctuó entre 4 y 17 %, no encontrándose diferencias significativas entre épocas de siembra. Para esta misma variable el promedio por cultivar fluctuó entre 5 y 21% (Figura 5a), no existiendo diferencias significativas, debido a las fluctuaciones que un mismo cultivar presentó a través de los ensayos. La misma situación se observó para cada una de las fracciones que componen el grano dañado total. Se observó un incremento del grano dañado por calor en la mediada que se incrementa el grupo de madurez ($p<0.09$), pasando de 4,7 % para el GM 4 a 9,1% para el GM 7 (Figura 5b).

Comentarios.

En general los ensayos tuvieron rendimientos promedio relativamente bajos, siendo el rango de rendimiento observado de 1300 a 2700 kg/ha.

Se destacó la importancia de los factores ambientales estudiados en la variación de la expresión del rendimiento. Se constató un mayor rendimiento en las siembras de primera así como en suelos pesados. Esto último estaría indicando la ventaja de estos suelos en su capacidad de proporcionar una mayor cantidad de agua al cultivo en condiciones de escasez de precipitaciones. La zafra se caracterizó por escasas precipitaciones especialmente durante el mes de marzo, de manera que se dio un elevado estrés hídrico hacia finales del ciclo del cultivo (fase de llenado de grano). En general esto afecto mayormente a los cultivares de ciclo más largo (sojas del GM 5 largo, 6 y 7. Las sojas de ciclo más corto (grupo 4) se vieron beneficiadas en forma relativa en la medida que comenzaron antes el llenado de grano realizando un uso más eficiente del agua disponible en el suelo.

El volumen de información generado permitió realizar buenas estimaciones de rendimiento, pudiéndose detectar diferencias estadísticas entre cultivares del orden de los 140 kg/ha. A su vez los cultivares pudieron ser caracterizados en cuanto a su capacidad de reacción frente a mejoras en la calidad del ambiente de crecimiento así como en cuanto a su estabilidad. Estas características de los cultivares son importantes para planificar su uso dentro del sistema de producción.

II. Red de ensayos Fecha de siembra x Grupo de madurez

Introducción

Durante la zafra 2003/04 se evaluaron 38 cultivares de soja en tres épocas de siembra en La Estanzuela (Región Sur-Oeste) y una época de siembra en Treinta y tres (Región Este). Todos los experimentos se realizaron en condiciones de siembra directa.

Diseño y manejo general de los ensayos

Ensayos en La Estanzuela

Historia de la chacra:	Pradera en 2002, trigo para silo en 2003.
Fertilización:	18-46-0, 200 Kg/ha aplicado al voleo.
Control de malezas:	Glifosato 4 lt/Ha.
Siembra:	Época 1: 21/11/03. Época 2: 13/12/03. Época 3: 09/01/03

La siembra se realizó con sembradora experimental de siembra directa con dosificador de cono. Toda la semilla fue inoculada con inoculante comercial para soja, a las dosis recomendadas. La población de plantas fue de 350.000 pl/ha. El diseño experimental utilizado fue Alpha – látice (bloques incompletos), con 3 repeticiones y las parcelas fueron de 4 surcos de 5 m de largo, separados a 0.40 m entre sí. Para la estimación del rendimiento se utilizaron sólo los surcos centrales de cada parcela. Los ensayos se mantuvieron libres de plagas mediante aplicaciones periódicas de insecticidas. La cosecha de los ensayos se hizo manual, cortando las plantas de los 2 surcos centrales de cada parcela con hoz, al ras del suelo. Se realizó una cosecha escalonada de acuerdo al ciclo de los cultivares. El rendimiento de grano se expresa corregido al 13% de humedad. Se realizaron las siguientes determinaciones agronómicas: ciclo en días a floración (R1), incidencia de enfermedades, altura de planta, altura de inserción de la primer vaina, color de la flor y de la pubescencia en la vaina y rendimiento en grano.

Ensayo en Treinta y Tres

Historia de la chacra:	Pastura 2003. Barbecho corto.
Fertilización:	18-46-0, 216 Kg/ha aplicado al voleo.
Control de malezas:	Glifosato 4 l/Ha. + Pivot 0.6 l/Ha.

La siembra se realizó el 11/12/03. La población, diseño experimental y demás prácticas de manejo son las mismas que en los ensayos implantados en La Estanzuela

Análisis de resultados.

Los resultados generales de la Red FSxGM se encuentran disponibles “on-line” a través de la pagina web de INIA (www.inia.org.uy). En el presente trabajo nos enfocaremos al análisis de un sub-set de 15 cultivares comunes a la red FSxGM y a los ensayos de evaluación para el Registro Nacional de Cultivares (Ceretta S., 2004). De este modo obtenemos un total de 7 ambientes (3 ensayos correspondientes a la Red FSxGM, 3 ensayos correspondientes a la evaluación para el registro, más un ensayo (FSxGM) sembrado en Treinta y Tres. Esto posibilita estudiar el comportamiento de cultivares de diferente grupo de madurez en ambientes de crecimiento donde se combinan diferentes localidades, fechas de siembra y ocurrencia de períodos de estrés hídrico, para intentar formular hipótesis sobre el manejo de los grupos de madurez.

En La Estanzuela, la precipitación acumulada durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, no difirió del promedio histórico, siendo 280 y 230 mm superior a la registrada en el mismo período en las localidades de Young y Treinta y Tres, respectivamente. En La Estanzuela se observó la ocurrencia de un período de estrés hídrico durante el mes de Enero, mientras que la disponibilidad de agua hacia el final del ciclo (febrero-marzo) fue buena. En Young, la falta de agua se agudizó hacia fin de ciclo siendo muy marcada durante febrero-marzo. Una situación similar aunque con mayor precipitación en enero se dio en la localidad de Treinta y Tres. El rendimiento logrado en los distintos ensayos se presenta en la Figura 6, donde se observa un amplio rango de rendimiento (1351 a 3459 kg/ha). En la Figura 7, se presenta el rendimiento para las distintas épocas de siembra en La Estanzuela. Se observa que las siembras de octubre y noviembre tuvieron los mayores rendimiento y no difirieron significativamente entre sí. La siembra de noviembre significó una reducción de aprox. 500 kg/ha respecto a la de noviembre mientras que en la siembra de enero la reducción de rendimiento fue de 1500 kg/ha respecto a la siembra de noviembre. El análisis de varianza indicó la presencia de interacción cultivar x ambiente (Cuadro 5), así como de grupo de madurez x ambiente (Cuadro 6). A los efectos de identificar los ambientes o grupos de ambientes responsables de la interacción así como aquellos cultivares o grupos de cultivares con mejor comportamiento en ambientes particulares, se procedió al análisis de componentes principales de la matriz de datos de rendimiento compuesta por 15 cultivares en 7 ambientes. Los datos de rendimiento fueron previamente estandarizados. La representación gráfica de este análisis (biplot) es muy útil para identificar en forma rápida el grado de similitud entre ambientes y se presenta en la Figura 8, para los dos primeros componentes principales. En el sentido vertical se observa una fuerte correlación negativa (vectores apuntando en direcciones opuestas) entre un ensayo sembrado en Octubre en La Estanzuela (LE_C-Oct) y el ensayo sembrado en Young en la misma época (Y_C-Oct). Esta correlación negativa implica que los cultivares que se comportaron relativamente mejor en un ambiente, lo hicieron relativamente peor en el otro. Se observa que en LE_C-Oct los cultivares de mejor comportamiento fueron en general de ciclo largo (GM 6 y 5 largo), mientras que los cultivares de ciclo corto (GM 3 y 4) rindieron por debajo del promedio. En Y_C-Oct se observó la situación inversa.

Los ensayos sembrados en La Estanzuela durante noviembre y diciembre (LE_SD-Nov, LE_SD-Dic y, LE_C-Dic) mostraron alta correlación positiva entre sí indicando que en esos ambientes los cultivares se comportaron en forma muy similar.

En general se comportaron mejor algunos cultivares de ciclo corto y se observó un pobre desempeño de los cultivares del GM 7. A su vez estos 3 ambientes mostraron estar negativamente correlacionados con la siembra de enero en La Estanzuela (LE_SD-Ene), donde los GM 6 y algunos GM 5 tuvieron pobre desempeño mientras que tanto cultivares de ciclo corto o muy largo se comportaron relativamente mejor.

El contraste entre las siembras de Octubre en La Estanzuela y Young en la Figura 8, puede explicarse por la diferencia en la disponibilidad de agua en ambos ensayos. En el caso de La Estanzuela, el déficit hídrico del mes de enero afectó fundamentalmente a los cultivares de los GM 3 y 4 que estaban en ese momento en pleno llenado de grano (R5), mientras que su efecto fue menor sobre los materiales del GM 5 en adelante. En el caso de Young la falta de agua se agudizó en los meses de febrero y marzo, limitando el rendimiento de todos los cultivares pero afectando relativamente menos a los materiales de los GM 3 y 4 que llegaron antes a la etapa de llenado de grano realizando un aprovechamiento más eficiente del agua disponible.

El llenado de grano de los cultivares de ciclo corto sembrados en La Estanzuela desde noviembre en adelante escapó al período de falta de agua de enero. Lo mismo ocurrió en las siembras posteriores donde el déficit hídrico siempre tuvo lugar en período vegetativo del cultivo.

Para el ensayo de Treinta y Tres, se observó una situación intermedia en cuanto a disponibilidad de agua, con un buen aporte en enero y luego falta de agua en marzo. No se observó una tendencia clara en cuanto al comportamiento de los grupos de madurez por lo cual este ensayo aparece mal representado en el análisis de componentes principales.

Las precipitaciones ocurridas en La Estanzuela, Young y Treinta y Tres se presentan en el Cuadro 7.

Comentarios

En la serie de ensayos analizados se observó una importante variación en cuanto a la expresión del rendimiento promedio de los ensayos (aprox. 1330 a 3500 kg/ha).

El análisis de varianza indicó la presencia de interacción cultivar x ambiente así como de GM x ambiente lo cual estuvo mayormente determinado por las condiciones diferenciales de disponibilidad de agua en diferentes ambientes.

En La Estanzuela, con un régimen de precipitaciones que no difirió del promedio histórico se observó la ocurrencia de un período de déficit hídrico en el mes de enero. En Young y Treinta y Tres la ocurrencia de déficit hídrico se agudizó en los meses de febrero y marzo.

El déficit hídrico del mes de enero en La Estanzuela determinó un comportamiento diferencial de los cultivares, donde los GM 3 y 4 vieron disminuido su rendimiento en la medida que la etapa crítica de llenado de grano coincidió con el período de déficit hídrico. En estas condiciones los cultivares del GM 5 largo y 6 tuvieron una mejor expresión de rendimiento en la medida que el llenado de grano escapó al período de ocurrencia de déficit hídrico encontrando luego buena disponibilidad de agua hasta la madurez.

En condiciones de marcado estrés hídrico hacia el final del ciclo del cultivo como fue el caso de Young (y también de todos los ensayos sembrados en la Red AUSID-

CALMER-INIA), los cultivares de ciclo corto (GM 3 y 4) se vieron beneficiados en la medida que llenaron el grano antes realizando un aprovechamiento más eficiente del agua disponible.

Conclusiones

Se debe tener en cuenta que los datos reflejan las condiciones de crecimiento del cultivo en un solo año. La Red AUSID-CALMER-INIA (así como el ensayo de micro parcela realizado en Young) estuvo marcada por la ocurrencia de un estrés hídrico en los meses de febrero y marzo lo cual determinó que a pesar de los bajos rendimientos generales, los cultivares de ciclo corto (GM 4) se comportaran en promedio relativamente mejor. No obstante esta condición climática se considera atípica, siendo la condición más frecuente en el país la ocurrencia de un déficit hídrico en enero con posterior recuperación del agua disponible hacia febrero-marzo. Esta última situación se dio en La Estanzuela específicamente en la siembra del mes de octubre, donde se observó un mejor desempeño de los GM 5 y 6.

Debido a la gran variación climática observada entre años y en virtud de la baja capacidad de predecir las condiciones meteorológicas imperantes en futuras siembras, parece poco apropiado hablar del mejor cultivar o grupo de madurez para nuestras condiciones. La variación climática implica un riesgo en la producción y la manera más efectiva de minimizar este riesgo es la **diversificación** en cuanto a los materiales genéticos a utilizar así como de las fechas de siembra.

Es importante destacar que dentro de un mismo grupo de madurez se pudieron apreciar variaciones importantes de comportamiento entre diferentes cultivares.

Referencias

CERETTA, S. 2004. Evaluación de cultivares de soja. In INIASE; INIA. 2004. Resultados de la evaluación de cultivares de especies de verano para el Registro Nacional de Cultivares; período 2003. Uruguay. INASE/INIA. p. 47-60. (Resultados experimentales no. 1).

CERETTA, S.; BAUTES, C.; GARRONE, M.; SASTRE, M. 2004. Soja: resultados experimentales de la “red de ensayos en chacra, AUSID-CALMER-INIA”, zafra 2003-2004. INIA La Estanzuela. 12p. (Serie de actividades de Difusión no. 370). Presentado en Jornada de soja (2004, Mercedes, Soriano, UY). Consultado: 17 ago 2004. Disponible en: http: //www.INIA.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2004/ad_370.pdf.

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg/ha) por cultivar y por ensayo. Datos ordenados por la media de rendimiento.

Ensayo	GM	LM_B	LM_b	LS_b	LG_B	TN_b	TC_B	ER_b	LM_T	TN_C	SJ_T	SF_C	ED_T	LE_C	Media
ADM 50048	4	3277	2547	1713	1899	1424	1478	1944	1914	1493	2102	1547	.	.	1940
NATALIA 4.9 RR	4	3159	2362	1779	1980	1238	1487	2069	1815	1588	1903	1379	1742	2123	1894
A 5520 RG	5	2874	2580	2612	2091	1055	1145	2126	1435	1534	1629	1466	1817	2150	1886
ADM 4800	4	2994	2584	2197	1561	1224	1562	2235	2231	1062	2039	1337	1405		1869
A 6019 RG	6	2754	1892	2388	1910	1617	1409	1983	1743	1458	1718	1393		2037	1859
DM 5800	5	2650	2169	2236	2160	1509	1425	1975	1604	1553	1788	1456	1193	2309	1848
NM 55 R	5	2869	2563	2129	1694	1073	1247	1767	1616	1944	1587	1438	1644	2069	1818
RAR 605	6	2619	2144	2280	2084	1331	1431	2081	1333	1584	1646	1391	1340	1955	1786
TJs 2045	4	.	.	.	.	.	.	.	2403	1250	2145	1277	1605	1901	1764
A 6401 RG	6	2609	2061	2256	1889	1623	1332	1888	1653	1627	1624	1473	1038	.	1756
RAFAELA 58	5	2670	2364	2032	1523	1548	1415	2176	1513	1373	1537	1350	1379	1824	1746
MARAVILLA 45	4	2900	2268	1743	1870	1017	1468	1635	1870	1394	1677	1048	1746	1828	1728
A 7321 RG	7	2500	2082	2129	1517	1340	1377	1937	1435	1547	1459	1336	1363	2110	1702
TJs 2053	5	.	.	.	.	.	.	.	1803	1730	1530	1402	1470	1932	1645
RAR 505	5	2438	2001	1981	1225	1272	1281	1432	1405		1615	1452	1115	1959	1598
SERRANA 65	6	2048	2027	2149	1269	930	1111	1347	1347	1306	1099	1211	1928	1792	1505
MDS 5%															***144***

Cuadro 2. Análisis de varianza para rendimiento de grano.

Fuente	GL	SC	CM	F	F pr.	% SC
Siembra	1	5013495	5013495	123.02	<.001	11
Suelo	2	9166098	4583049	112.46	<.001	21
Siembra x Barb	2	402069	201035	4.93	0.009	1
Siembra x Suelo.Barb	6	18455028	3075838	75.47	<.001	42
Cultivar	16	2603607	162725	3.99	<.001	6
Siembra x Cultivar	14	488138	34867	0.86	0.608	1
Suelo x Cultivar	32	1130238	35320	0.87	0.671	3
Siembra x Barb x Cultivar	30	2301365	76712	1.88	0.009	5
Residual	112	4564407	40754			10
Total	215	44124445	205230			

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de grano, siembras de segunda (por GM).

Fuente	GL	SC	CM	F	F pr.	% SC
Suelo	2	594838	297419	7.14	0.001	7
Barb	1	18456	18456	0.44	0.508	0
Suelo x Barb	2	2895545	1447773	34.74	<.001	36
GM	3	332210	110737	2.66	0.055	4
Suelo x GM	6	40087	6681	0.16	0.986	1
Barb x GM	3	1122457	374152	8.98	<.001	14
Residual	72	3000870	41679			37
Total	89	8004463	89938			

Nota: excluir el GM 7 del análisis no modificó sustancialmente el resultado del análisis de varianza.

Cuadro 4. Coeficiente b de la regresión de los cultivares sobre la media de rendimiento del ensayo (Adaptabilidad) y varianza debida a los desvíos de la regresión (Estabilidad).

CULTIVAR	b	Error estándar	t	t prob	Varianza
A 5520 RG	1.284	0.142	9.03	<.001	45769
A 6019 RG	0.871	0.146	5.97	<.001	28755
A 6401 RG	0.874	0.144	6.05	<.001	38621
A 7321 RG	0.899	0.142	6.32	<.001	15237
ADM 4800	1.241	0.144	8.60	<.001	78933
ADM 50048	1.130	0.148	7.66	<.001	63495
DM 5800	0.947	0.142	6.66	<.001	33004
MARAVILLA 45	1.045	0.142	7.35	<.001	52768
NATALIA 4.9 RR	1.098	0.142	7.72	<.001	34058
NM 55 R	1.115	0.142	7.84	<.001	35508
RAFAELA 58	0.960	0.142	6.75	<.001	27167
RAR 505	0.852	0.145	5.87	<.001	34527
RAR 605	0.953	0.142	6.70	<.001	28555
SERRANA 65	0.757	0.142	5.32	<.001	83571

Cuadro 5. Análisis de varianza. 15 cultivares, 7 ensayos.

Fuente	GL.	SC	CM	F	pr.
ENS	6	176360593	29393432	193.52	<.001
REP(ENS)	14	4076378	291170	1.92	0.027
CULTIVAR	14	5012928	358066	2.36	0.005
ENS X CULTIVAR	83	19269742	232166	1.53	0.01
Residual	177	26884834	151892		
Total	294	231604476	787770		

Cuadro 6. Análisis de varianza. 5 grupos de madurez (GM) , 7 ensayos

Fuente	GL.	S.C.	C.M	F	pr.
ENS	6	176360593	29393432	173.75	<.001
REP(ENS)	14	4076378	291170	1.72	0.052
GM	4	1229183	307296	1.82	0.126
ENS X GM	24	8321280	346720	2.05	0.004
Residual	246	41617041	169175		
Total	294	231604476	787770		

Cuadro 7. Precipitaciones (mm) registradas en La Estanzuela, Young y Treinta y Tres (Palo a Pique) durante la zafra 2003/04.

MES	DECADA	Promedio La Estanzuela	2003-04 La Estanzuela	Young	Treinta y Tres
Agosto 2003	1	23.8	55.5	149.0	64.1
	2	17.4	0.0	0.0	0.0
	3	30.5	11.1	13.4	34.3
	Mensual	71.7	66.6	162.4	98.4
Setiembre	1	22.1	122.6	84.6	49.5
	2	37.0	3.0	12.0	0.0
	3	23.4	49.7	22.5	145.9
	Mensual	82.5	175.3	119.1	195.4
Octubre	1	29.4	13.8	29.0	0.0
	2	33.0	18.1	0.0	11.4
	3	47.5	25.5	40.9	34.7
	Mensual	109.9	57.4	69.9	46.1
Noviembre	1	42.1	5.0	4.0	0.0
	2	38.1	106.8	155.4	107.6
	3	31.6	37.1	14.7	40.7
	Mensual	111.8	148.9	174.1	148.3
Diciembre	1	21.9	46.6	34.9	19.3
	2	42.2	37.7	2.9	0.0
	3	38.5	24.2	81.4	19.6
	Mensual	102.6	108.5	119.2	38.9
Enero 2004	1	27.3	32.7	0.1	0.0
	2	25.1	3.6	0.0	0.0
	3	39.3	49.5	34.7	136.7
	Mensual	91.7	85.8	34.8	136.7
Febrero	1	47.4	85.5	5.2	7.7
	2	36.7	21.5	15.8	42.5
	3	31.2	0.0	0.0	0.0
	Mensual	115.3	107.0	21.0	50.2
Marzo	1	40.0	175.5	29.6	21.8
	2	36.7	7.6	0.0	4.7
	3	51.8	0.0	0.0	0.0
	Mensual	128.5	183.1	29.6	26.5
Abril	1	34.6	42.6	14.2	24.5
	2	29.2	58.8	76.7	41
	3	27.2	174.6	135.2	137.4
	Mensual	91.0	276.0	226.1	202.9

Fuente: GRAS, INIA La Estanzuela.
UEPP, INIA Treinta y Tres.

Figura 1. Rendimiento de grano por época de siembra.

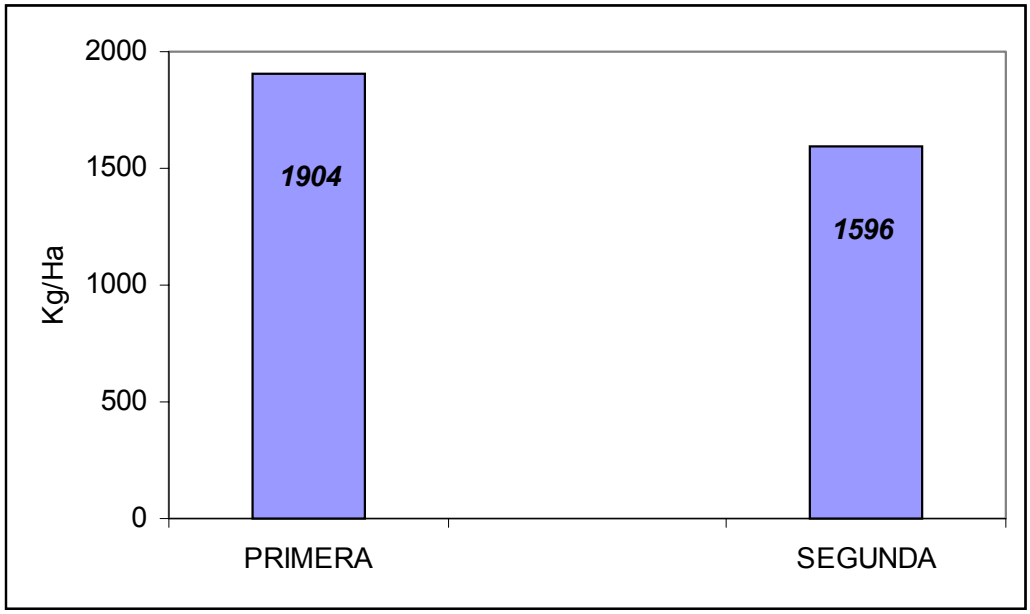


Figura 2. Rendimiento por tipo de suelo.

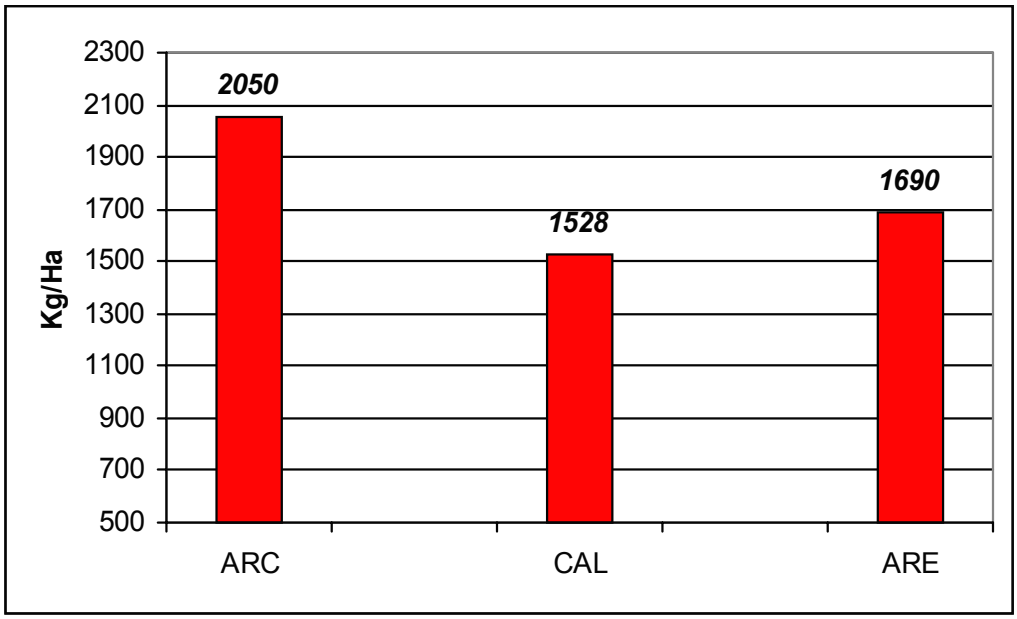


Figura 3. Rendimiento por Grupo de madurez y por tipo de barbecho.

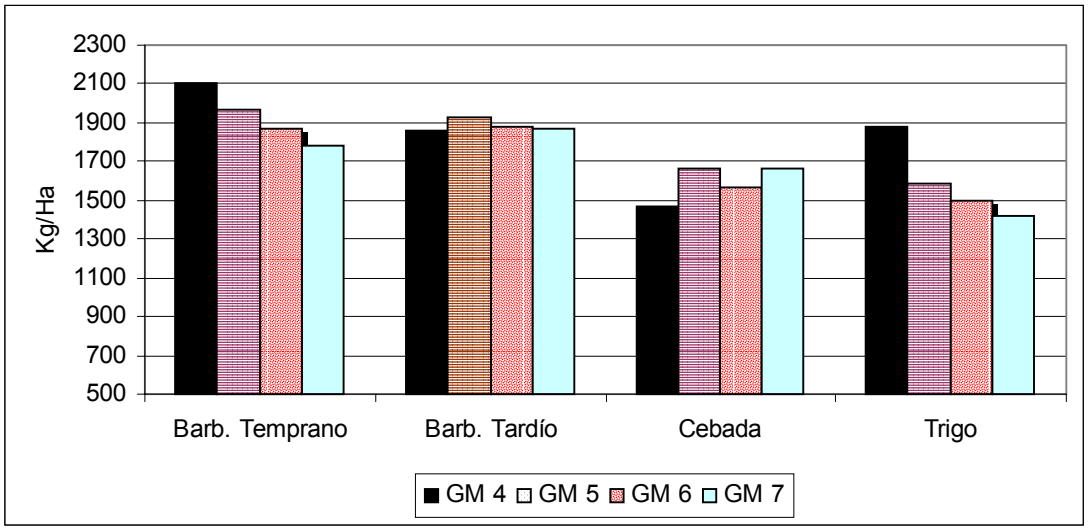


Figura 4. Representación grafica de la estructura de correlación genotípica entre ensayos. Se grafican los dos primeros ejes del análisis de componentes principales sobre la matriz de cultivares x ambiente. (Sólo se muestran los ambientes correspondientes a los ensayos de siembras de segunda).

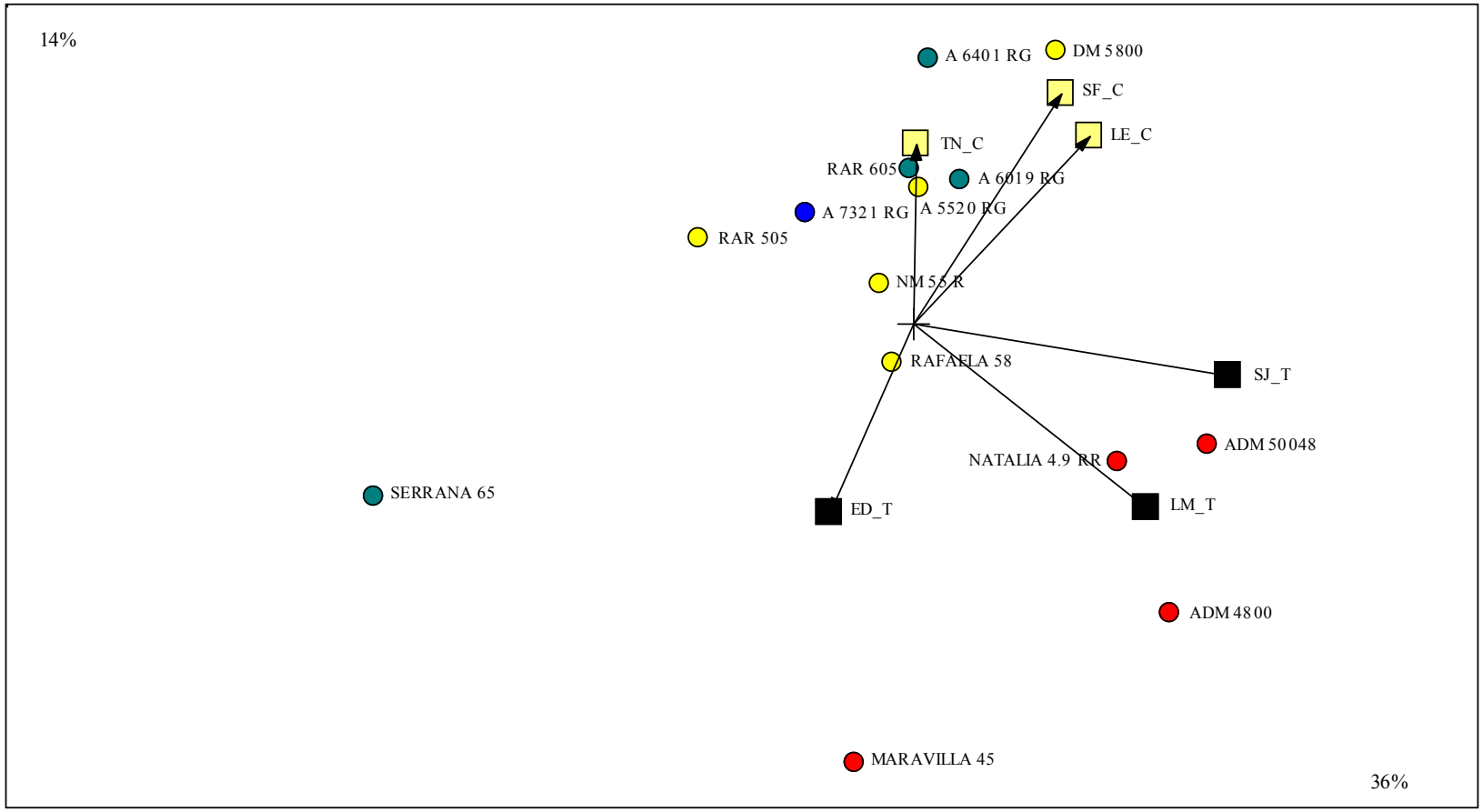


Figura 5a. Calidad física del grano cosechado, por cultivar, promedio de 6 ensayos.

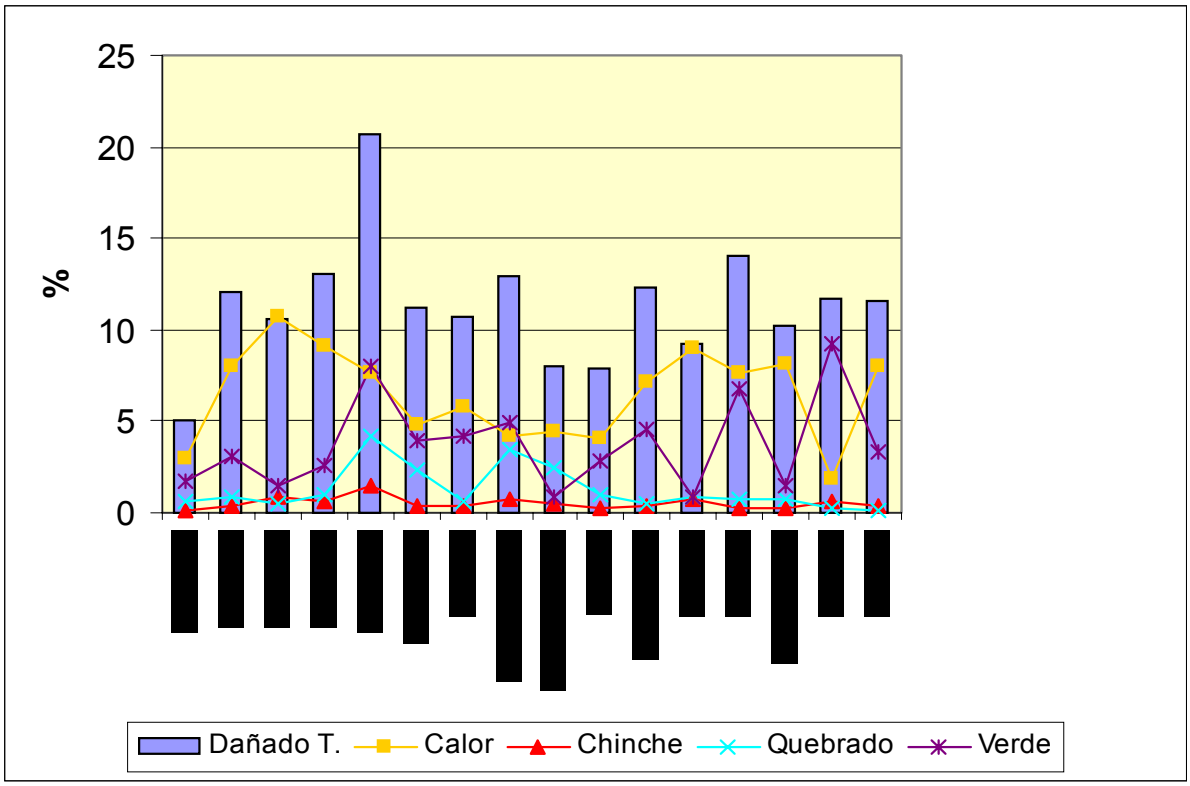


Figura 5b. Calidad física del grano cosechado, por grupo de madurez, promedio de 6 ensayos.

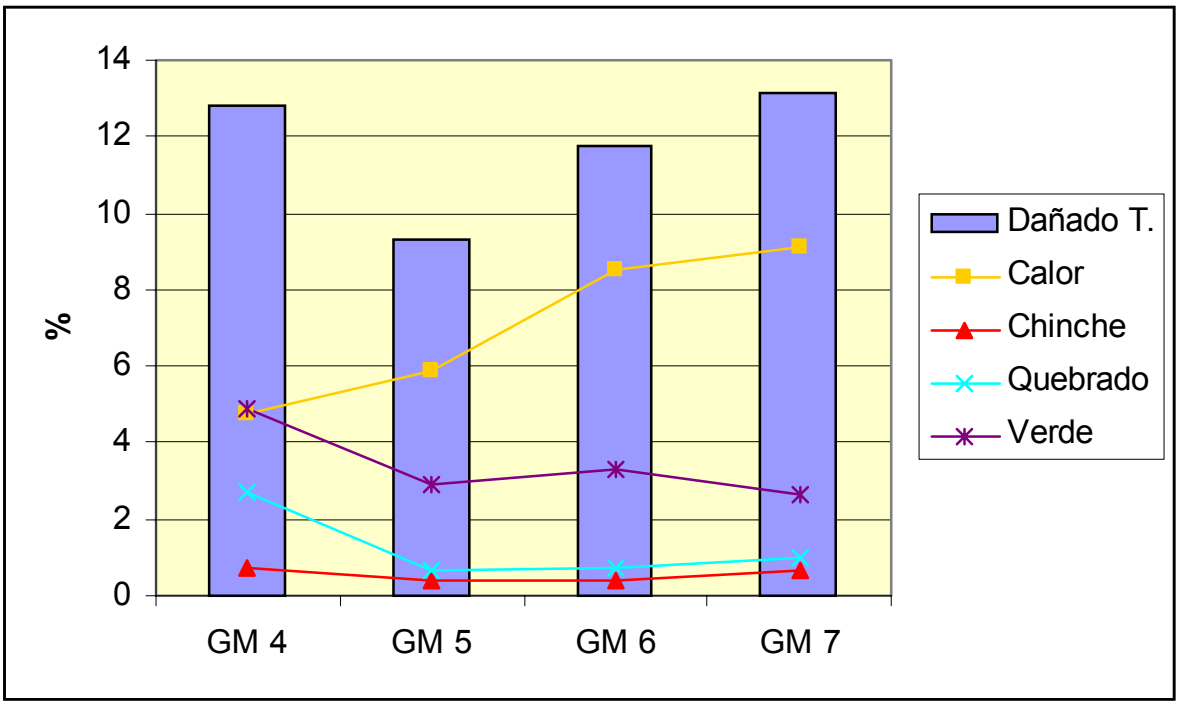


Figura 6. Rendimiento de grano promedio de los 15 cultivares para cada ensayo.

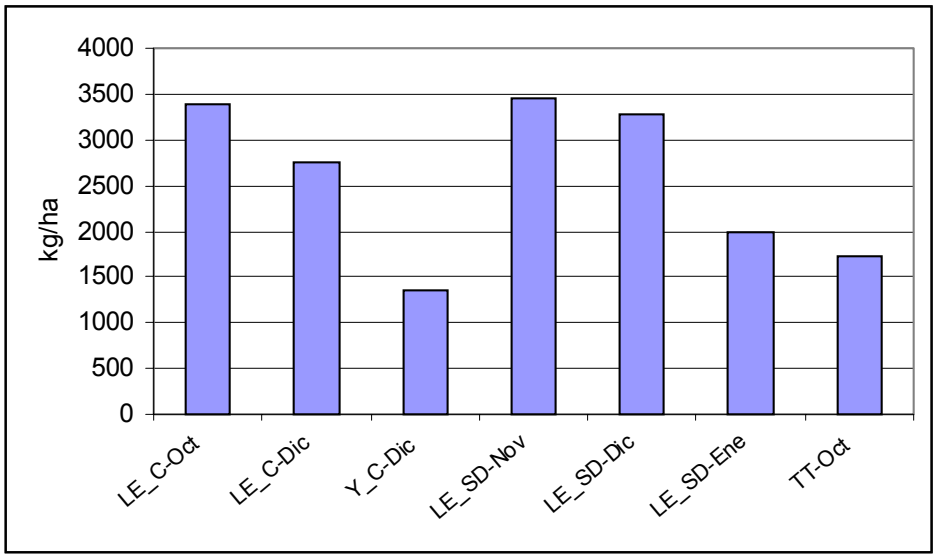


Figura7. Rendimiento máximo (curva superior), promedio del ensayo (curva intermedia) y mínimo observado (curva inferior), para diferentes fechas de siembra en La Estanzuela. 15 cultivares.

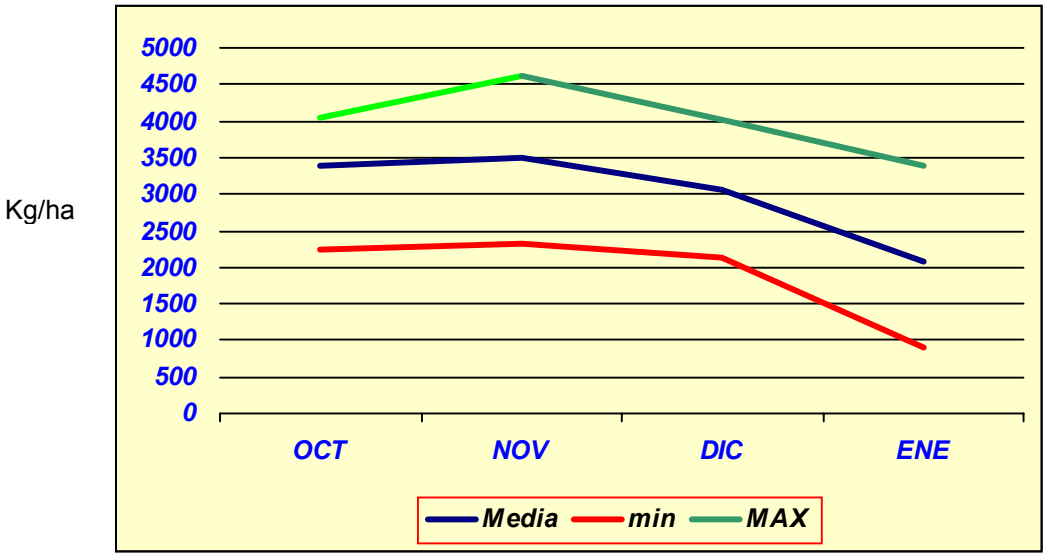
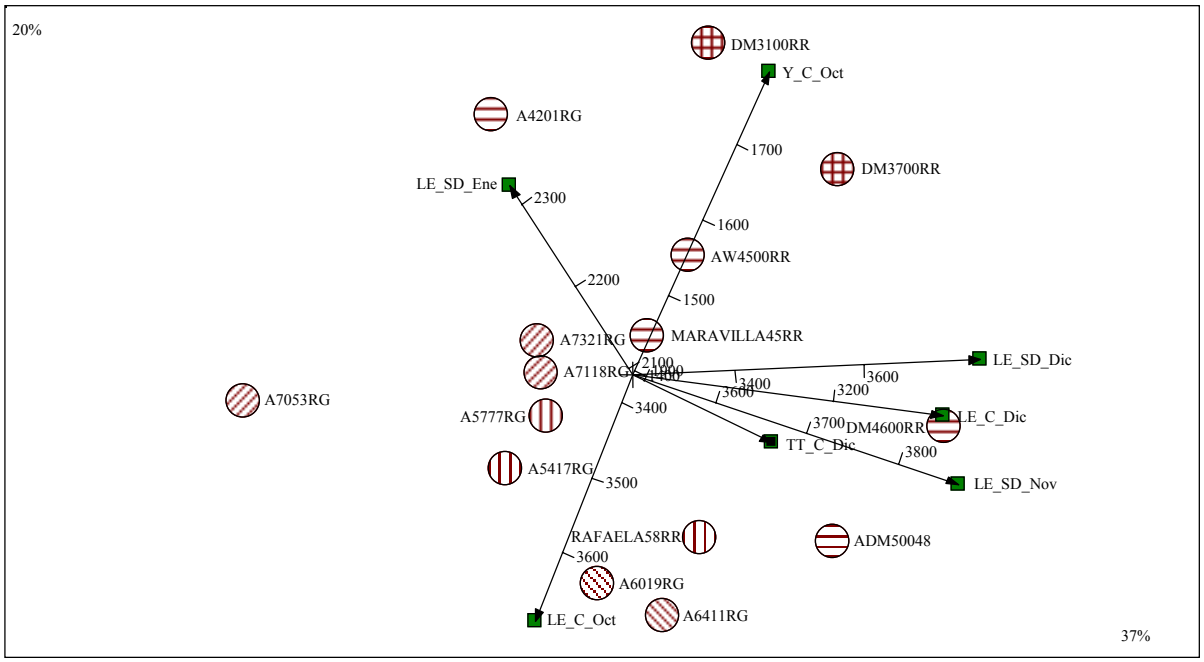


Figura 8. Correlación genotípica entre ambientes. Representación gráfica (biplot) del análisis de componentes principales (ejes 1 y 2) de la matriz de datos estandarizados de rendimiento de 15 cultivares de soja en 7 ambientes, durante la zafra 2003-04



Localidades: LE=La Estanzuela, Y=Young, TT=Treinta y Tres
Laboreo: C=convencional, SD=siembra directa