



*Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria*

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

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo”

**INTERCULTIVO EN FRANJAS DE MAÍZ Y SOJA:
EFECTOS SOBRE EL RENDIMIENTO RELATIVO**

Guisasola, Fernando Ezequiel

DNI N°: 31.405.778

Director: Oscar Giayetto

Co-Director: Guillermo Balboa

Río Cuarto – Córdoba

Diciembre/2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Intercultivo en franjas de maíz y soja: Efectos sobre el rendimiento relativo”

Autor: Guisasola, Fernando Ezequiel

DNI: 31.405.778

Director: Oscar Giayetto

Co-Director: Guillermo Balboa

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del

Jurado Evaluador: _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	3
Hipótesis	6
Objetivos	6
Objetivos generales	6
Objetivos específicos	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Procesamiento y análisis de datos.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Condiciones meteorológicas y fenología de los cultivos.....	13
Materia seca, componentes del rendimiento, producción de granos e índice de cosecha	16
Intercepción y eficiencia de uso de la radiación (EUR).....	24
Indicadores de uso de la tierra.....	25
CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Registro de las etapas fenológicas de soja (según escala de Fehr y Caviness) y maíz (según escala de Ritchie y Hanway).....	15
--	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del experimento a campo con detalle de las parcelas, diseño y las respectivas dimensiones.	8
Figura 2. Esquema de un bloque, representando los surcos de cada cultivo y los sitios donde se tomaron datos de RFAinc e RFAI.	9
Figura 3. Radiación media incidente ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{día}$) y precipitaciones (mm) de la campaña 2009-2010 por períodos decádicos durante el ciclo de cultivo. Datos de la Estación meteorológica automática ubicada en el mismo campo experimental y valores medios normales de la serie histórica 1977-2006. Período crítico de soja (PCS) y período crítico de maíz (PCM).	13
Figura 4. Valores medios normales de temperaturas mínimas, medias y máximas de la serie histórica 1977-2006.	14
Figura 5. Temperaturas mínimas, medias y máximas de la campaña 2009-2010. Período crítico de soja (PCS) y período crítico de maíz (PCM).	14
Figura 6. Velocidad del viento media y máxima diaria para la campaña 2009-2010. Período crítico de soja (PCS) y período crítico de maíz (PCM).	15
Figura 7. Valores promedio de materia seca aérea producida a cosecha (g/m^2) en los surcos de maíz y soja evaluados.	16
Figura 8. Valores promedio de número de granos por planta en los surcos de maíz y soja evaluados.	17
Figura 9. Valores promedio de número de granos por m^2 en los surcos de maíz y soja evaluados.	17
Figura 10. Valores promedio de número de espigas por planta en los surcos de maíz evaluados.	18
Figura 11. Valores promedio de número de vainas por m^2 en los surcos de soja evaluados.	18
Figura 12. Valores promedio de número de vainas por planta en los surcos de soja evaluados.	19

Figura 13. Valores promedio de peso de 100 granos (gramos) en los surcos de maíz y soja evaluados.....	19
Figura 14. Valores promedio de número de granos por vaina en los surcos de soja evaluados.....	20
Figura 15. Valores promedio de la relación marlo/grano en los surcos de maíz evaluados.....	20
Figura 16. Valores promedio de rendimiento (kg/ha) en los surcos de maíz y soja evaluados.	21
Figura 17. Valores promedio de rendimiento (kg/ha) en ambos cultivos, en estado puro y en franjas.....	22
Figura 18. Valores promedio de índice de cosecha (%) en los surcos de maíz y soja evaluados.....	22
Figura 19. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y el número de granos por m ² de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.....	23
Figura 20. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y el número de granos por planta de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.	23
Figura 21. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y la biomasa aérea a cosecha (g/m ²) de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.	24
Figura 22. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y el peso de 100 granos de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.	24
Figura 23. Valores promedio de la RFA interceptada acumulada (MJ/m ²) por cada surco de maíz y soja evaluados.	25

RESUMEN

El intercultivo en franjas es una variante del sistema de policultivos o cultivos asociados, donde dos o más cultivos crecen juntos en espacio y tiempo. La ventaja de esta práctica se basa en el desfase temporal de los periodos críticos de los cultivos que la componen. Para evaluar el efecto de este sistema de cultivos sobre la interceptación de la radiación se realizó un experimento de intercultivo en franjas de maíz-soja, en el Campo Experimental de la FAV-UNRC durante la campaña agrícola 2009/10. Durante el experimento se llevó a cabo una identificación y registro de las distintas etapas fenológicas de ambos cultivos y se realizaron mediciones de radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada. A cosecha se tomaron muestras de cada cultivo para cuantificar la materia seca acumulada durante el ciclo, los componentes del rendimiento, la producción de granos y el índice de cosecha. También se calculó el Equivalente de uso de la tierra (EUT) y los Rendimientos equivalentes de maíz (RME) y soja (RSE). Durante el ensayo las precipitaciones se ubicaron por debajo del promedio histórico para Río Cuarto en la mayor parte del ciclo de los cultivos, que junto a otras condiciones climáticas, provocaron periodos de severo estrés hídrico. La producción de biomasa aérea a cosecha, los componentes del rendimiento y la producción en granos presentaron diferencias significativas, de distinta magnitud según el caso, entre los distintos surcos bajo estudio, donde cada cultivo tuvo un comportamiento particular. De este modo, se pudo observar que las diferencias encontradas en el rendimiento tuvieron el mismo comportamiento que la cantidad de radiación interceptada por surco, en ambos cultivos, siendo la RFAI, entonces, el factor determinante del comportamiento del cultivo en franjas. El rendimiento de las franjas de maíz fue un 12% mayor con respecto al cultivo puro y el rendimiento de las franjas de soja fue 16,7% inferior al del cultivo puro. El EUT fue de 1,95 y el RME y RSE de 9171,04 kg/ha y 4994,7 kg/ha, respectivamente.

Palabras claves: Intercultivo en franjas, maíz, soja, radiación, indicadores de uso de la tierra.

SUMMARY

Strip intercropping is a variant of policulture system or associated crops, where two or more crops are grown together in space and time. The advantage of this practice is based on the temporal phase shift of the critical periods of the crops that compose. An experiment of strip intercropping maize-soybean was conducted at the experimental field of the FAV-UNRC during the crop year 2009/10. During the experiment was carried out registration and identification of the different phenological stages of both crops and were measured incident and intercepted photosynthetic active radiation. At harvest, samples were taken from each crop to quantify the accumulated dry matter during the cycle, yield components, grain production and harvest index. Also, the equivalent of land use (ELU) and equivalent yields of maize (EYM) and soybean (EYS) was calculated. Rainfall during the test were below the historical average for Rio Cuarto in most of the crop cycle, which together with other weather conditions result in periods of severe water stress. Biomass production at harvest, yield components and grain production showed significant differences of varying magnitudes as appropriate, between different rows under study, where each crop had a particular behaviour. Thus, it was observed that the differences in yield had the same behaviour as the amount of radiation intercepted per row, in both crops, being PAR_i , then the determinant of the behaviour of strip intercropping. The yield of the strips of corn was 12% higher compared to pure crop and yield of soybean strips was 16.7% lower than in pure crop. The ELU was 1.95 and the EYM and EYS of 9171.04 kg / ha and 4994.7 kg / ha, respectively.

Keywords: Strip intercropping, corn, soybean, radiation, indicators of land use.

INTRODUCCIÓN

Los policultivos o cultivos asociados, son sistemas de producción en los cuales dos o más cultivos crecen al mismo tiempo en una misma superficie de tierra. Aunque poco conocidos en la Argentina los policultivos o cultivos asociados se practican desde tiempos muy antiguos principalmente en los países en desarrollo de regiones tropicales. Esta práctica ha despertado, recientemente, el interés de los investigadores probablemente por las posibilidades que brinda para incrementar la productividad de los suelos y hacer un uso más eficiente de los recursos siendo, por lo tanto, una herramienta ecológicamente apropiada para reducir el uso de los recursos externos. De acuerdo a los componentes que intervienen en el policultivo, y a sus respectivas fechas de siembra y cosecha, el grado de superposición temporal puede ser total o parcial. En general, las mayores ventajas se dan cuando las etapas de mayor tasa de crecimiento de los distintos cultivos no coinciden en el tiempo. Esto no sólo se logra con fechas de siembra distintas, sino también con la elección acertada de las especies o genotipos que se asocian. Por otro lado, la distribución espacial de los componentes ofrece variadas alternativas, desde un arreglo totalmente al azar, conocido como mezcla, pasando por las hileras o surcos alternadas, hasta un arreglo en franjas alternadas, las que pueden ser de igual o distinto ancho para cada componente (Satorre *et al.*, 2008).

Los sistemas productivos argentinos se encuentran en una marcada necesidad de intensificación (mayor consumo de energía) para lograr una mayor rentabilidad. El sistema de intercultivo es una forma de incrementar la producción por unidad de área y de tiempo (Calviño *et al.*, 2005; Caviglia *et al.*, 2007).

El éxito de esta práctica se basa en el aprovechamiento diferencial de los recursos por parte de los cultivos integrantes. El mayor rendimiento que usualmente presentan los cultivos en franjas se debe a un incremento significativo en el rendimiento de los surcos de borde comparado con los surcos centrales. Los surcos de borde del cultivo dominante o de mayor porte se verán beneficiados debido a la mayor disponibilidad de recursos; por otro lado, es de esperar un menor rendimiento de los surcos de borde del cultivo dominado o de menor porte. Por otro lado, la disponibilidad actual de maquinaria e híbridos de maíz resistentes a glifosato permite realizar extensivamente intercultivos de maíz y soja en Argentina. Esta alternativa permitiría incluir un cultivo con alto aporte de rastrojos, sin resignar la posibilidad de realizar un cultivo de alto retorno económico como es la soja (AIANBA, 2006).

Si se elige la combinación adecuada de especies y cultivares es posible lograr una mayor eficiencia de captación y utilización de los recursos disponibles con respecto a los cultivos en siembras puras (Caviglia *et al.*, 2004). El intercultivo maíz-soja debería basarse

en aprovechar los desfases temporales en los periodos críticos para la definición del rendimiento (Calviño *et al.*, 2005).

El objetivo del intercultivo es doble: mantener la rotación y el negocio (realizando un cultivo rentable como la soja) y disminuir el impacto negativo que tiene el viento sobre la demanda hídrica del cultivo adyacente de menor porte. El fundamento de la técnica radica en que el cultivo de maíz actúa como una cortina haciendo subir la capa de viento. En consecuencia, el cultivo de soja no sufre una demanda de evapotranspiración tan violenta y la hipótesis es que su productividad aumenta. Del mismo modo, el maíz ve incrementado su potencial por el efecto bordura, el cual queda evidenciado por la mayor prolificidad de los dos surcos externos de cada franja. Por otro lado, luego de la cosecha y durante el período de barbecho, la cobertura y rugosidad lograda -por la diferencia de altura de los rastrojos- disminuyen la evaporación directa. Específicamente, el rastrojo de maíz sube la capa de viento, no dejando que éste actúe sobre la superficie del rastrojo de soja. De esta manera, se minimizan las pérdidas de agua por evaporación directa durante el barbecho y aumentan las reservas para el próximo cultivo en la secuencia (Clarín, 2007 a).

La evaluación de un policultivo es más dificultosa que la de un cultivo puro, ya que debe valorarse el sistema como un todo y no sólo cada componente individual. Se han propuesto numerosos índices para evaluar el comportamiento de un policultivo, pero los más difundidos son la Tasa Equivalente de Tierra, (“Land Equivalent Ratio” o LER) y el Rendimiento Relativo Total (“Relative Yield Total” o RYT). El LER da una idea de la superficie de tierra que es necesaria, sembrando los componentes de un policultivo por separado, para obtener la misma producción que cuando ambos crecen asociados. A mayor valor de este índice, mayor ventaja del policultivo respecto a la siembra de cada componente por separado. Un valor de $LER > 1$ indica que la asociación es ventajosa; mientras que un valor de $LER < 1$ señala que no conviene sembrar los cultivos consociados (Satorre *et al.*, 2008).

Cuando los cultivos asociados tienen diferente valor económico, se ha propuesto tomar como indicador el valor del componente más importante. Rezende y Ramalho (1994), para el análisis de un sistema maíz-poroto proponen el uso del rendimiento de maíz equivalente (RME) que considera, además de los rendimientos individuales de cada cultivo en la mezcla, la relación de precios entre ambos. Esto es importante cuando el valor de cada uno de los componentes es distinto y, por lo tanto, el rendimiento económico puede no estar asociado a la obtención del mayor rendimiento biológico (Satorre *et al.*, 2008).

ANTECEDENTES

La evaluación de los posibles beneficios del intercultivo maíz-soja requiere un detallado análisis del rendimiento en grano de cada línea de ambos cultivos. En un estudio llevado a cabo en la Estación Experimental INTA-Balcarce, durante la campaña 2004-2005, se midieron el rendimiento en grano, el número y peso de granos y el consumo de agua en un cultivo de maíz-soja sobre un suelo Argiudol típico. Durante la estación de crecimiento las precipitaciones fueron inferiores al promedio, con un déficit más severo para el maíz. El promedio de rendimiento del maíz en intercultivo en franjas fue 26% mayor que en el cultivo de maíz convencional; en el caso de la soja, el rendimiento en el intercultivo en franjas fue 13% menor que en la soja convencional. El número de granos fue la principal variable que explicó las variaciones de rendimiento en grano de maíz y soja. El rendimiento de maíz se incrementó 111 kg/ha por cada metro de reducción en el ancho de franja; mientras que la soja no mostró relación con esta variable. El intercultivo en franjas de maíz-soja incrementó el uso de la tierra hasta un 13%, expresado por el cálculo del Equivalente de Uso de la Tierra (AIANBA, 2006).

En un experimento a campo en la EEA Paraná, sobre un suelo Argiudol ácuico durante la campaña agrícola 2006/07, se observó que los genotipos de soja y maíz en el intercultivo sembrados en el mismo momento manifiestan desfasajes temporales en los periodos críticos de los mismos. La intercepción de la radiación medida en el estado R1 del maíz y de la soja difirió significativamente. La soja pura alcanzó un 95% de intercepción mientras que el maíz puro un 90.5%. Con el reemplazo de surcos de soja por surcos de maíz la intercepción de la radiación fue menor. No se detectaron diferencias significativas en el IAF entre los tratamientos alcanzando un valor promedio de 5. Es importante mencionar que en el análisis por surcos hubo una disminución del 24% del IAF en el surco de soja lindante con surcos de maíz correspondiente al tratamiento 3x1 (M-M-M-S). Al reemplazar surcos de maíz por surcos de soja la materia seca acumulada a floración disminuyó en forma significativa. El rendimiento por hectárea de maíz en los tratamientos varió entre 11.781 kg/ha para el cultivo puro y 3.512 kg/ha para el tratamiento 1x3 (M-S-S-S). Al analizar el rendimiento relativo se observó que el rendimiento del maíz en el tratamiento 1x3 (M-S-S-S) fue superior en un 19%, en el 1x1 (M-S-M-S) un 14%, en el 2x2 (M-M-S-S) un 4% y en el 3x1 (M-M-M-S) un 5% respecto al tratamiento puro (M-M-M-M). Este incremento de todos los tratamientos con respecto al cultivo puro de maíz se debió al mayor rendimiento logrado en el surco de maíz lindante con los surcos de soja. El rendimiento por hectárea de soja en los tratamientos varió entre 4.333 kg/ha para el cultivo puro (S-S-S-S) y 827 kg/ha para el tratamiento 3x1 (M-M-M-S). Al analizar el rendimiento relativo se observó que el rendimiento de la soja en el tratamiento 3x1 (M-M-M-S) fue inferior en un 23%, en el 2x2

(M-M-S-S) un 20% y en el 1x1 (M-S-M-S) un 18% al del tratamiento puro (S-S-S-S). Los valores de Equivalente de Uso de la Tierra de los tratamientos de intercultivo fueron: 0.98, 0.97, 0.96 y 0.92 para los tratamientos 3x1 (M-M-M-S), 1x1 (M-S-M-S), 1x3 (M-S-S-S) y 2x2 (M-M-S-S), respectivamente. Los resultados logrados en este primer año de evaluación no detectan ventajas productivas claras del intercultivo maíz-soja sobre los cultivos puros (Díaz *et al.*, 2008).

Por otro lado, cuando se evalúa el ancho de franjas, éstas deben ser lo suficientemente anchas para permitir las operaciones de siembra y cosecha en forma separada pero lo suficientemente angostas como para permitir la interacción entre los cultivos. En los tratamientos se incluyeron parcelas con cultivo homogéneo de maíz, soja GM III y soja GM V y también parcelas con estos mismos cultivos ocupando franjas centrales de 12 surcos de ancho dentro de cada tratamiento. Luego de la primera campaña de evaluación se observó que hubo un gran aumento del rendimiento en los bordes de las franjas del cultivo de maíz con respecto al testigo. Ello se debe a una mayor cantidad de espigas por metro cuadrado y por consiguiente de granos por unidad de superficie. En principio, esto estaría asociado a una mayor disponibilidad de recursos de las plantas de borde, particularmente de luz, comparado con las hileras del centro y el testigo. Técnicamente, esto se evidencia por una mayor Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en las hileras de borde de las franjas de maíz en el periodo de floración. Es sabido que valores altos de TCC en torno a la floración del maíz conlleva a una mayor fijación de granos, fenómeno evidenciado en algunos casos por un mayor número de plantas con doble espiga. Todo ello hizo que el rendimiento de las franjas de maíz fuera 15% superior al testigo cuando estuvo acompañada por soja GM III y un 17,7% más que el testigo cuando estuvo acompañada por un cultivar GM V. En los bordes de las franjas de soja el rendimiento se ve deteriorado en un par de surcos, reestableciéndose en el interior de la franja. La hipótesis es que el factor limitante es la falta de luz ya que el cultivo de maíz captura este recurso limitando a la soja en el aprovechamiento del mismo. Sin embargo, en la soja de grupo más largo este efecto se ve mucho más diluido, ya que a partir del segundo surco se ha observado una gran recuperación de rendimiento. El rendimiento de la franja completa de soja GM III fue 5.8% menor que el testigo correspondiente, lo cual se manifestó con una menor cantidad de vainas y de granos por metro cuadrado. Por otra parte, la franja de soja GM V rindió 1.6% más que el testigo respectivo, lo cual demostraría que ajustando grupos de madurez de soja y maíz, pueden lograrse los beneficios buscados (Clarín, 2007 b).

Otro de los indicadores evaluados en este tipo de sistema de cultivos es la Eficiencia de Uso de la Radiación (EUR). En un experimento llevado a cabo en Shangqiu, China, desde 2006 a 2008, se evaluó un intercultivo de maíz-soja con respecto al sistema puro de ambos cultivos, donde los tratamientos fueron soja pura, maíz puro, intercultivo de 3 surcos de soja con 1 de maíz e intercultivo de 3 surcos de soja y 2 de maíz. Se realizaron mediciones de

Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) incidente e interceptada, densidades de flujo de RFA por encima y debajo del canopeo, área foliar, altura y biomasa aérea de ambos cultivos; para luego calcular la fracción de RFA interceptada, EUR, índice de cosecha y LER. Los autores encontraron beneficios en el rendimiento y LER del intercultivo con respecto al cultivo puro atribuibles principalmente a una mayor EUR por parte del componente soja del intercultivo (Yang *et al.*, 2010).

Durante el 2004, en Guinea, Nigeria, se evaluó el efecto de la densidad de siembra del maíz (38.000, 44.440 y 53.330 plantas/ha) en asociación con variedades de soja sobre el crecimiento, el rendimiento y la productividad del sistema maíz-soja intercalados. Las variedades de soja se mantuvieron a la densidad óptima de siembra de 266,660 plantas/ha. El cultivo intercalado redujo el número de vainas por planta de soja en un 46% y el rendimiento entre un 42 y un 46%. El aumento de la densidad de siembra del maíz redujo el rendimiento de la semilla de soja en un 21 y un 23% en la densidad de siembra de maíz de 44.440 y 53.330 plantas/ha, respectivamente, en comparación con el cultivo intercalado de 38.000 plantas de maíz por hectárea. En este experimento también se encontraron ventajas en la eficiencia de uso de la tierra y mayor retorno monetario para el cultivo intercalado en comparación con el monocultivo (Muoneke *et al.*, 2007).

En un establecimiento cercano a la localidad de San Basilio, provincia de Córdoba, sobre un suelo Haplustol típico durante la campaña 2006-07, se estudió el comportamiento de 6 franjas de maíz y 5 de soja de 800 metros de largo por 18 surcos de ancho, sembradas a una distancia de 0,52 m entre surco. Ambos cultivos fueron sembrados el 20 de Octubre con una densidad de 8 semillas por m² en maíz y 32,6 semillas por m² en soja. Se utilizó una sembradora de 18 surcos con fertilización al costado de la línea. Como los dos cultivos fueron sembrados de manera simultánea, la mitad de la sembradora se usó para maíz y la otra mitad por soja. Se evaluó el efecto de interacción y bordura por medio de la determinación del rendimiento de los 5 primeros surcos laterales hacia ambos lados de cada franja además de tomarse el rendimiento de los surcos centrales. El maíz en franja rindió 11.010 kg/ha, esto es, un 8% más que el maíz puro, en tanto que la soja en franja rindió 4.120 kg/ha, un 6,6% más que la soja en monocultivo. Medido en kilos, se obtuvieron 810 kg/ha más en maíz y 240 en soja, teniendo en cuenta que los testigos rindieron 10.200 kg/ha y 3.880 kg/ha, respectivamente. Las franjas de maíz mostraron incrementos de rinde significativos sobre los surcos bordura, con valores que superan al testigo hasta en un 27%. En cuanto a la soja, sólo los dos surcos de bordura tuvieron una menor producción con respecto al testigo, alcanzando valores de -26% y -10% para el primer y segundo surco linderos a las franjas de maíz; pero se logró una compensación por el mayor rendimiento de los surcos centrales que tuvieron picos de rinde de 16%. Una de las explicaciones del incremento en rendimientos de ambos cultivos puede asociarse a una captura más eficiente de la oferta ambiental. La diferencia de

altura entre cultivos tuvo una influencia muy importante en cuanto a la protección contra el viento que le realiza el cultivo de mayor porte a la soja y, al mismo tiempo, el maíz (especie C4) podría capturar mayores recursos y potenciar sus rendimientos sobre los surcos borduras. En este sentido, la intercepción de energía solar en los surcos de maíz ubicados del lado norte de la parcela (contra la soja) explican la diferencia a favor de la franja del cereal (BCCBA, 2008; La Nación, 2007).

En la localidad de Carlos Casares, provincia de Buenos Aires, durante la campaña 2007/2008 se realizaron ensayos de cultivos en franjas de maíz y soja. Allí se sembraron 14 surcos continuos de maíz, el 26 de septiembre a 52 cm. entre surcos, y luego otros 14 de soja, el 29 de octubre a 42 cm. entre surcos. Se utilizaron dos híbridos de maíz, ambos de última generación, que combinan resistencia a glifosato y a insectos: son el DK 747 MGRR y el AW 190 MGRR de Monsanto, y la variedad de soja DM 4870. Los resultados mostraron, en primer un lugar, un diferente comportamiento entre ambos híbridos de maíz. En cultivo puro, el DK 747 MGRR, tuvo un rinde promedio de 10.645 kg/ha, mientras que en las mismas condiciones el AW 190 MGRR rindió 8.939 kg/ha, es decir, un 16% menos. Esta diferencia en el cultivo puro hizo que, sembrados en franjas, el DK 747 MGRR mostrara una caída proporcionalmente mayor que el AW 190 MGRR. El primero de ellos rindió un promedio de 9.202 kg/ha, un 16% menos que en estado puro. En cambio el AW 190 MGRR, en franjas, obtuvo un rinde promedio de 9.080 kg/ha, es decir un 2% por arriba del cultivo puro. La soja en estado puro rindió 3.741 kg/ha, mientras que en el intercultivo obtuvo 3.397 kg/ha, es decir con una merma del orden del 9 %. De todas maneras hubo bastante variabilidad dentro de lo que fue el rendimiento de soja en el intercultivo. Es que mientras en dos franjas el rinde estuvo entre 3.000 y 3.100 kg/ ha, en la tercera obtuvo casi 4.000 kg/ha, superando el promedio del cultivo puro (INFOCAMPO, 2008).

HIPÓTESIS

El intercultivo de maíz-soja sembrado en franjas posee ventajas productivas con respecto a los cultivos puros, debidas a cambios en la distribución de la radiación interceptada por el canopeo del intercultivo, asumiendo que la EUR se mantiene constante para distintos fracciones de radiación interceptada.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar el efecto del intercultivo de maíz-soja sembrado en franjas sobre el rendimiento individual de cada uno obtenido de cultivos puros.

Objetivos específicos:

- ✓ Evaluar el efecto del intercultivo en franjas de maíz-soja sobre la interceptación de la radiación, en comparación con los cultivos puros.
- ✓ Evaluar el efecto del intercultivo en franjas de maíz-soja sobre el número y peso de los granos y el rendimiento, en comparación con los cultivos puros.
- ✓ Evaluar el efecto del intercultivo en franjas de maíz-soja utilizando índices de comparación de sistemas de cultivo basados en el rendimiento relativo de ambas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la FAV-UNRC sobre un suelo Hapludol típico durante la campaña agrícola 2009/10, en condiciones de secano. Para la preparación de la parcela se realizaron dos pasadas de rastra de disco de doble acción sobre el rastrojo del cultivo antecesor (girasol 2008/09).

La siembra de ambos cultivos se realizó el 24 de noviembre con una orientación Norte-Sur, alternando franjas de maíz y soja de 70 m de longitud cada una. Cada par de franjas (maíz-soja) fue asignado a un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada franja incluyó 18 surcos a 0,52 m (9,36 m de ancho) (Fig. 1). La densidad de siembra fue de 8 plantas/m² para maíz y 32 plantas/m² para soja. En el caso de maíz se utilizó el híbrido DK190 MGRR2 SD y en soja la variedad A4910 RG. Junto con la siembra del maíz se realizó una fertilización de 135 kg/ha con una mezcla comercial balanceada de NPK (12-11-18) + 8% de S + 2,7% de MgO.

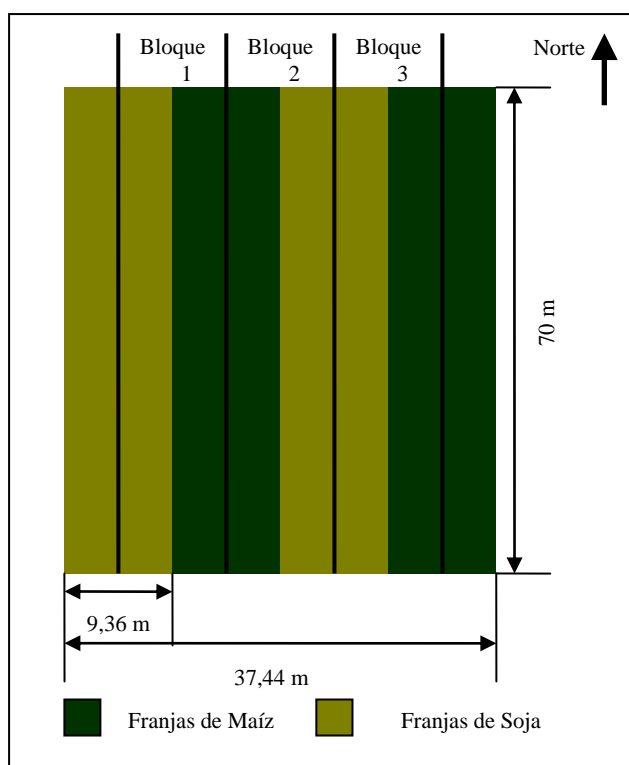


Figura 1. Esquema del experimento a campo con detalle de las parcelas, diseño y las respectivas dimensiones.

El control de malezas fue realizado mediante aplicaciones de glifosato, el 3 de diciembre y, debido a la baja eficacia de esta medida, se debió realizar una nueva aplicación del mismo producto el 18 de diciembre y complementarla con un control manual cuando fue necesario.

Durante el experimento se llevó a cabo una identificación y registro de las distintas etapas fenológicas de ambos cultivos. En el período comprendido entre la etapa de 5 hojas en maíz y 2 hojas en soja y hasta el comienzo de la madurez fisiológica de la soja (R7), se realizaron mediciones de radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc) e interceptada (RFAI) con una frecuencia de 10 días aproximadamente. Ambas mediciones se realizaron con una barra integradora y un *data logger* modelo LI-1400 (LI-COR Inc.). El procedimiento seguido para estas mediciones se detalla en el esquema de la figura 2.

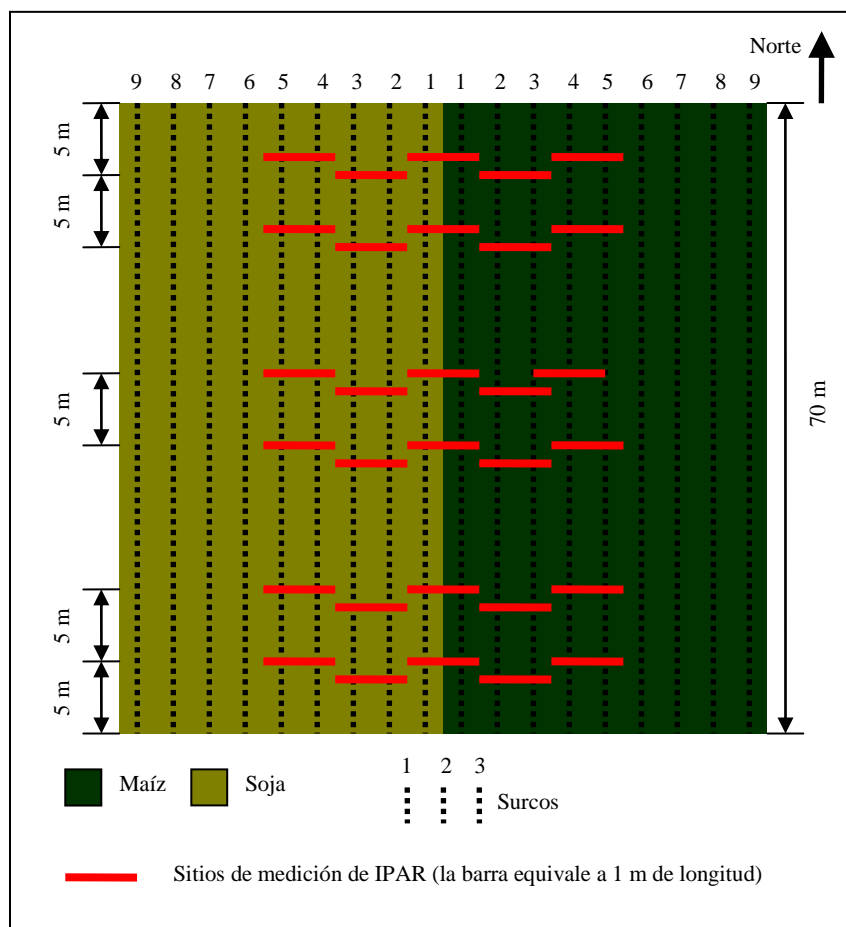


Figura 2. Esquema de un bloque, representando los surcos de cada cultivo y los sitios (barras horizontales de color rojo) donde se tomaron datos de RFAinc e RFAI.

La fracción de RFAI por el cultivo (fRFAI), se calculó a partir de las mediciones de RFAinc (lectura encima del canopeo) e interceptada (lectura debajo del canopeo) a nivel del suelo, del siguiente modo:

$$fRFAI (\%) = (RFAI (\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}) / RFAinc (\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s})) * 100$$

Con los datos de fRFAI obtenidos a intervalos de 10 días aproximadamente, se estimaron los valores diarios de este parámetro para todo el ciclo del cultivo, suponiendo que

entre cada medición la evolución de fRFAI es lineal. Luego, a partir de los valores de fRFAI diarios (%) y los datos de RFAinc diario (W/m^2) (obtenidos de una estación meteorológica automática ubicada en el mismo campo experimental), se calculó RFAI diaria y acumulada ($MJ/m^2/día$) para todo el ciclo de cultivo (RFAIacum), previa transformación de los datos de RFAinc diario, expresados en W/m^2 , a $MJ/m^2/día$ por medio del factor de conversión 0,086402 (Usuarios, 2010).

A cosecha se tomaron muestras de cada cultivo para cuantificar la materia seca acumulada durante el ciclo, los componentes del rendimiento (relación marlo/grano en maíz; número de vainas/planta y m^2 y número de granos/vaina en soja y número y peso de granos en ambos cultivos), la producción de granos y el índice de cosecha. Esas muestras se recolectaron en los surcos 1 al 5 (ver esquema de Fig. 2) de ambos cultivos, siendo 5 muestras de 3 m/surco en maíz y 5 muestras de 1 m/surco en soja por cada bloque; luego se secaron en estufa con circulación de aire forzada a 70 °C durante 24 horas.

Las determinaciones de materia seca, componentes del rendimiento, producción de granos e índice de cosecha se realizaron del siguiente modo:

Materia seca= Peso de materia seca aérea a cosecha (g/m^2).

Número de granos/planta= [(Peso de granos de la muestra (g), corregido a humedad de comercialización * 100) / Peso 100 granos (g), corregido a humedad de comercialización] / Número de plantas/muestra.

Número de granos/ m^2 = (Peso de granos de la muestra (g), corregido a humedad de comercialización * 100) / Peso 100 granos (g), corregido a humedad de comercialización (llevado a 1 m^2 según longitud de la muestra).

Peso 100 granos= Peso de una alícuota de 100 granos/muestra (g), corregido a humedad de comercialización.

Relación Marlo/Grano= Promedio de la relación marlo/grano por planta (Peso de marlo/s (g) / Peso de granos (g), corregido a humedad de comercialización) de las plantas de cada muestra.

Número de vainas/ m^2 = Número de vainas por muestra llevado a 1 m^2 , según tamaño de la muestra.

Número de vainas/planta= Número de vainas por muestra / Número de plantas por muestra.

Número de granos/vaina= Número de granos/m² / Número de vainas/m².

Rendimiento= Peso de granos de la muestra (g), corregido a humedad de comercialización, llevado a kg/ha según tamaño de la muestra.

Índice de cosecha= Peso de granos de la muestra (g) / Peso de materia seca aérea a cosecha de la muestra (g).

Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos de las distintas variables se analizaron con el software estadístico Infostat (2008) para detectar diferencias debidas a los tratamientos.

Con los datos de rendimiento y RFAIacum, promedios de cada bloque, se calculó la EUR (kg/MJ/m²) de ambos cultivos en la situación sin interacción. Luego, asumiendo que la EUR no cambia con la cantidad de RFAI, según lo establecido por Rosati y Dejong (2003), se procedió a estimar la cantidad de radiación interceptada por soja y maíz en la zona de interacción entre ambos cultivos, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{EUR} = \text{Rendimiento (kg/ha)} / \text{RFAIacum (MJ/m}^2\text{)}$$

donde:

Rendimiento= rendimiento promedio (kg/ha) de dos surcos, que no son estadísticamente diferentes (situación sin interacción, cultivo puro), e RFAIacum es el dato de RFAIacum de dichos surcos;

$$\text{RFAI} = \text{Rendimiento (kg/ha)} / \text{EUR (kg/ha/MJ)}$$

donde:

Rendimiento= producción en granos (kg/ha) de un surco en particular y EUR corresponde a la eficiencia de uso de la radiación, de cada cultivo, estimada a través de la formula anterior.

También se calculó el Equivalente de Uso de la Tierra (EUT) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{EUT} = \text{RYsm} + \text{RYms}$$

$$\text{RYsm} = \text{Ysm/Yss} \quad \text{RYms} = \text{Yms/Ymm}$$

Ysm = Promedio de rendimientos de los surcos 1 a 5 de soja (kg/ha)

Yms = Promedio de rendimientos de los surcos 1 a 5 de maíz (kg/ha)

donde:

Ysm= rendimiento relativo (kg/ha) del componente “s” (Soja) en la mezcla con el componente “m” (Maíz),

Yss= rendimiento (kg/ha) del componente “s” cuando crece puro (surco 5) (Fig. 2),

Yms= rendimiento relativo (kg/ha) del componente “m” en la mezcla con el componente “s”,

Y_{mm} = rendimiento (kg/ha) del componente “m” cuando crece puro (surco 5) (Fig. 2) (Satorre *et al.*, 2008).

Como así también el Rendimiento Equivalente de Maíz (REM), de acuerdo al siguiente cálculo:

$$REM = Y_m + rY_s$$

donde:

REM= rendimiento equivalente del maíz,

Y_m y Y_s = producciones en t/ha de maíz y soja asociados, respectivamente, y

r = precio de la soja (\$880/tn) / precio del maíz (\$470/tn) (precios tomados a cosecha de la bolsa de comercio de Rosario);

En el caso de la soja el Rendimiento Equivalente de Soja (RES) fue obtenido:

$$RES = Y_s + rY_m$$

donde:

RES= rendimiento equivalente de la soja,

Y_s y Y_m = producciones en t/ha de soja y maíz asociados, respectivamente, y

r = precio del maíz (\$470/tn) / precio de la soja (\$880/tn) (precios tomados a cosecha de la bolsa de comercio de Rosario) (INIA, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones meteorológicas y fenología de los cultivos

Durante la campaña agrícola 2009-2010 las precipitaciones se ubicaron por debajo del promedio histórico para Río Cuarto, excepto en la última década de noviembre, durante el mes de diciembre y la 2ª década de marzo (Fig. 3).

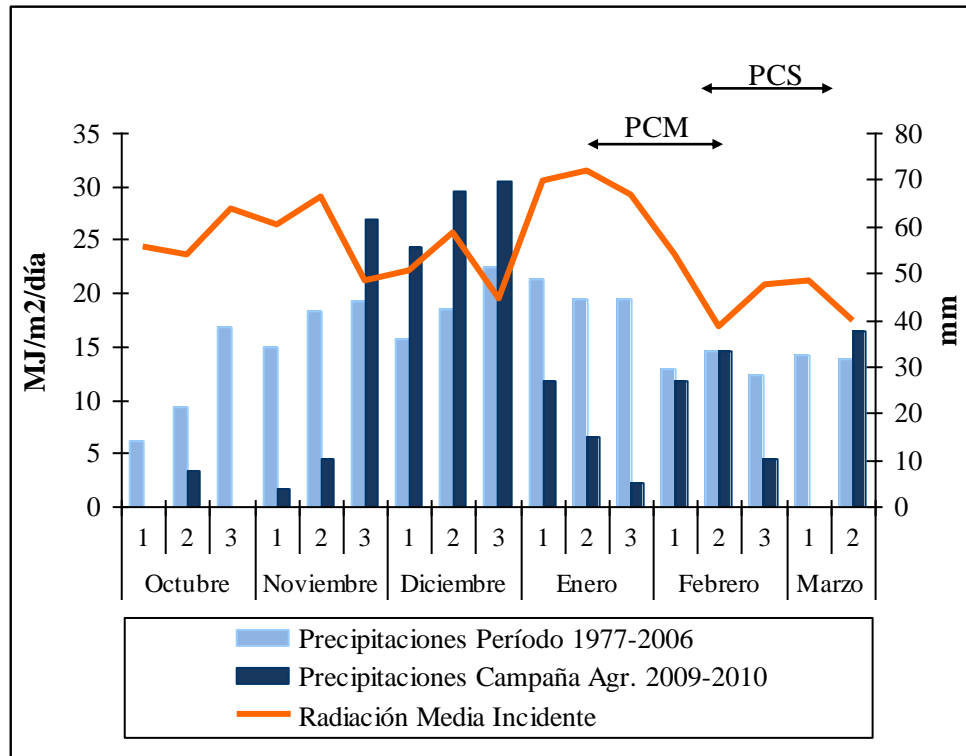


Figura 3. Radiación media incidente ($\text{MJ/m}^2/\text{día}$) y precipitaciones (mm) de la campaña 2009-2010 por períodos decádicos durante el ciclo de cultivo. Datos de la Estación meteorológica automática ubicada en el mismo campo experimental y valores medios normales de la serie histórica 1977-2006 (Cátedra de Agrometeorología FAV-UNRC), Período crítico de soja (PCS) y período crítico de maíz (PCM).

Los momentos de escasez de precipitaciones (mes de enero, primera y tercera décadas de febrero y primera década de marzo) junto con la elevada radiación incidente (Fig. 3) y los datos térmicos que superaron los valores históricos (Fig. 4 y 5), produjeron en el intercultivo un severo estrés hídrico que coincidió con el período crítico de soja y maíz, como se señala en las figuras 3, 5 y 6. El efecto de esa restricción ambiental, pudo observarse en las parcelas desde mediados de enero siendo las franjas de maíz las que presentaron los primeros y más acentuados síntomas favorecidos, además, por la elevada velocidad del viento en dichos momentos (Fig. 6).

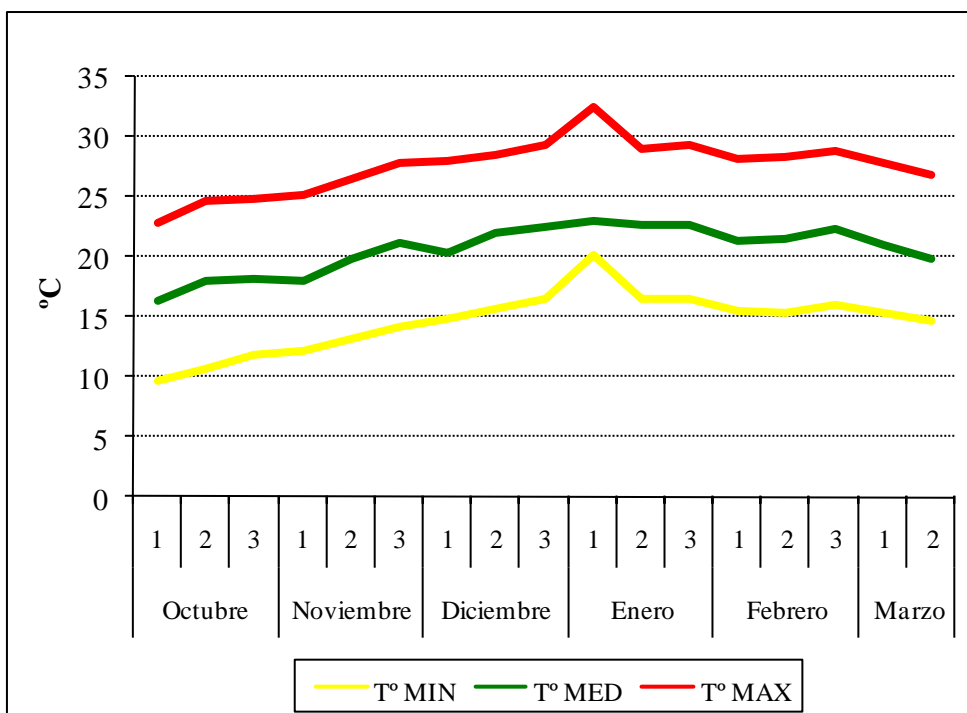


Figura 4. Valores medios normales de temperaturas mínimas, medias y máximas de la serie histórica 1977-2006 (Cátedra de Agrometeorología FAV-UNRC).

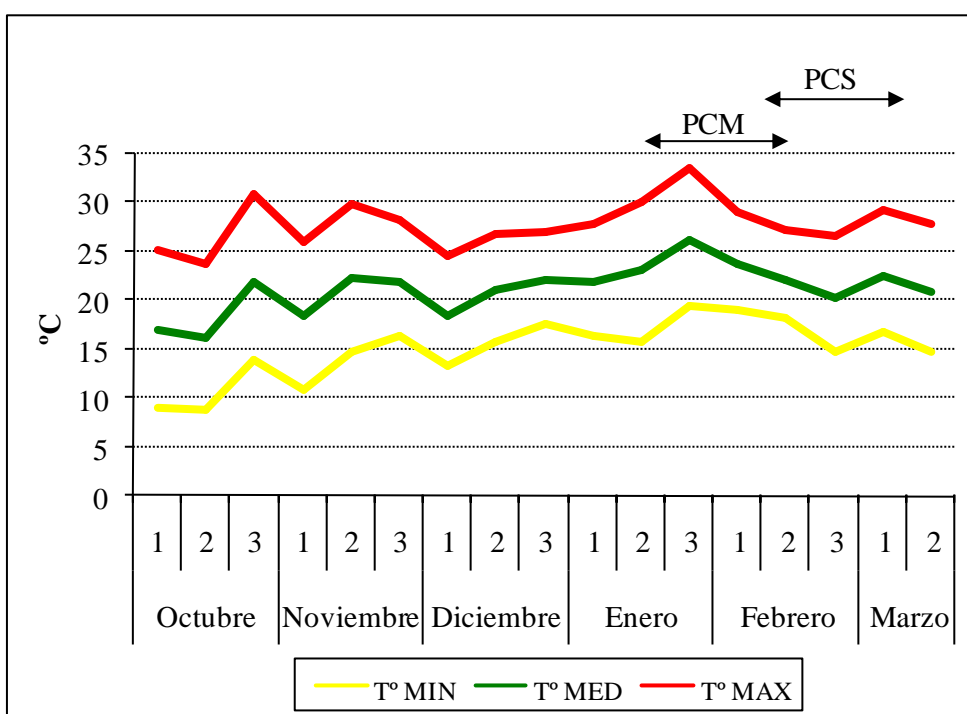


Figura 5. Temperaturas mínimas, medias y máximas de la campaña 2009-2010 (Estación meteorológica automática ubicada en el mismo campo experimental). Período crítico de soja (PCS) y período crítico de maíz (PCM).

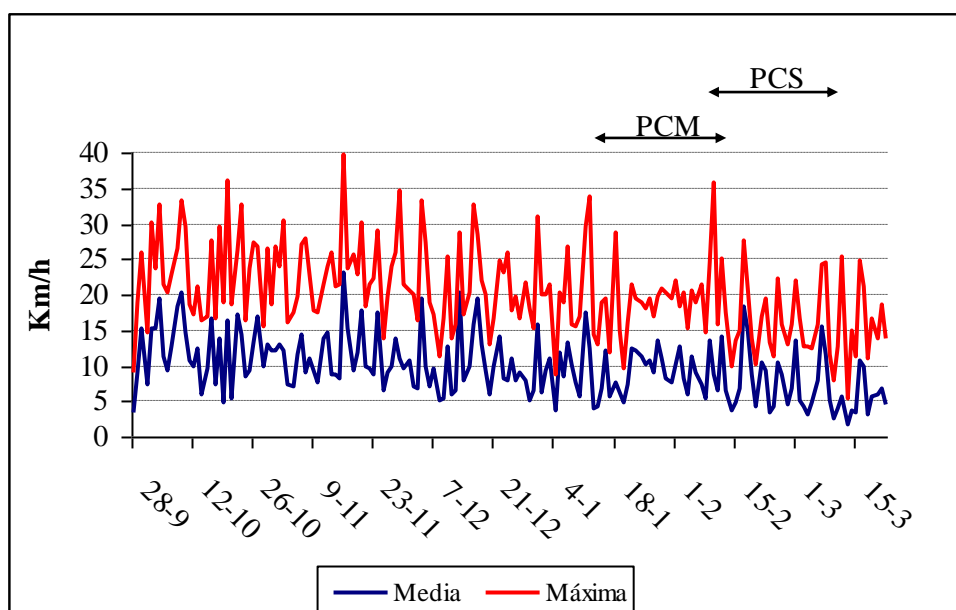


Figura 6. Velocidad del viento media y máxima diaria para la campaña 2009-2010 (Estación meteorológica automática ubicada en el mismo campo experimental). Período crítico de soja (PCS) y período crítico de maíz (PCM).

En el cuadro 1 se indican las etapas fenológicas de ambos cultivos y su fecha de ocurrencia.

Cuadro 1. Registro de las etapas fenológicas de soja (según escala de Fehr y Caviness) y maíz (según escala de Ritchie y Hanway) (Satorre *et al.*, 2008).

Fecha	Soja	Maíz
29/11/2009	VE	V0
07/12/2009	VC	V2
15/12/2009	V1	V4
21/12/2009	V2	V5
29/12/2009	V5	V7
07/01/2010	V7	V10
19/01/2010	R1	V14
29/01/2010	R2	R1
04/02/2010	R3	R2
17/02/2010	R5	R4
01/03/2010	R6	R4
05/03/2010	R6	R5
11/03/2010	R7	R5
16/03/2010	R7	R6
22/03/2010	R8	R6

Materia seca, componentes del rendimiento, producción de granos e índice de cosecha

La producción de biomasa aérea a cosecha fue diferente entre los distintos surcos bajo estudio, presentando cada cultivo un comportamiento particular (Fig. 7). En soja se pudo establecer un gradiente entre el surco 5 y los tres siguientes y, entre estos últimos, y el surco 1. En maíz no se produjo un gradiente similar pero sí hubo diferencias significativas entre el surco 1 y los restantes con una marcada reducción del crecimiento en el surco 2. Esta menor producción de materia seca se atribuyó al mayor desarrollo y, por lo tanto, mejor aprovechamiento de los recursos y tasa de crecimiento del cultivo en el surco 1 beneficiado, a su vez, por ser el surco lindero con soja. Este efecto de competencia se fue diluyendo en los surcos 3 al 5. Por lo tanto, si se considera la materia seca del surco 5 de soja y maíz como la producción equivalente al cultivo puro respectivo y se la compara con la materia seca de los demás surcos, se infiere que la producción de biomasa aérea a cosecha de un cultivo puro de soja fue mayor que la de un cultivo en franja; mientras que lo contrario sucedió en maíz.

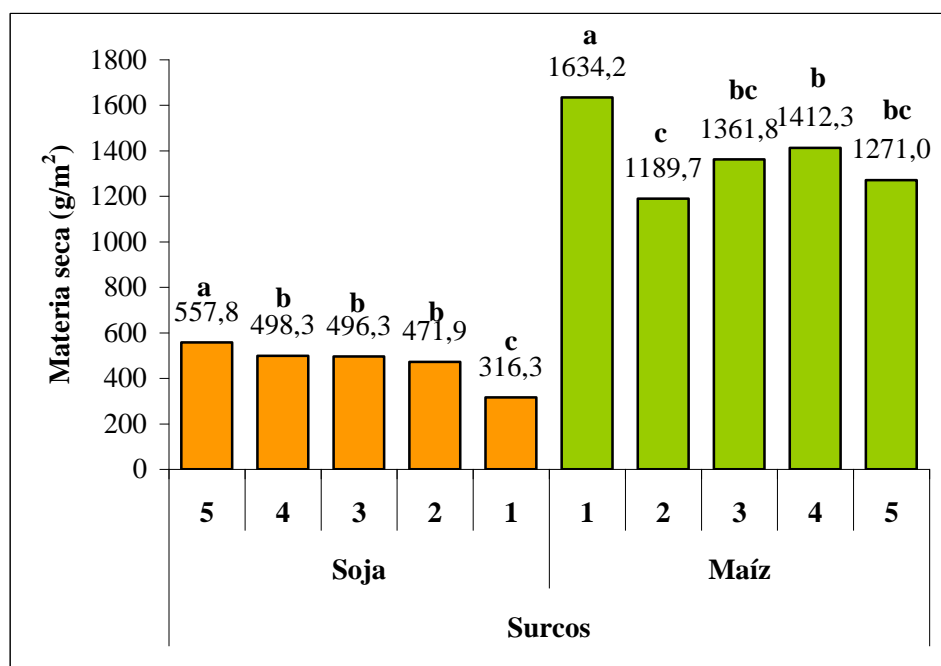


Figura 7. Materia seca aérea producida a cosecha (g/m²) en los surcos de maíz y soja evaluados. Letras diferentes para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Una mayor producción de biomasa en el cultivo de maíz en franja, comparada con el cultivo puro, fue observada por Yang *et al.* (2010). En este caso no se observaron diferencias entre el cultivo en franjas y puro de soja, probablemente debido a que el experimento contó con franjas de sólo 3 surcos de soja y 2 de maíz.

El patrón de respuesta descripto para biomasa aérea, también se observó en el número de granos por planta (Fig. 8) y por superficie (Fig. 9). El primero presentó una variación menos notoria en soja que la observada en la producción de biomasa de este cultivo, ya que sólo se detectaron diferencias entre el surco 1 y los restantes.

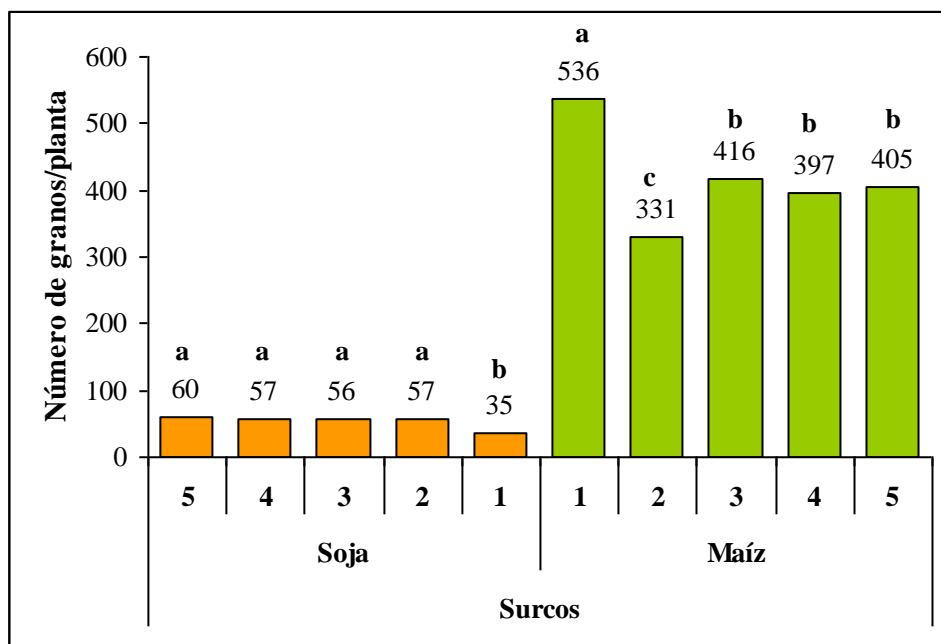


Figura 8. Número de granos por planta en los surcos de maíz y soja evaluados. Letras diferentes para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

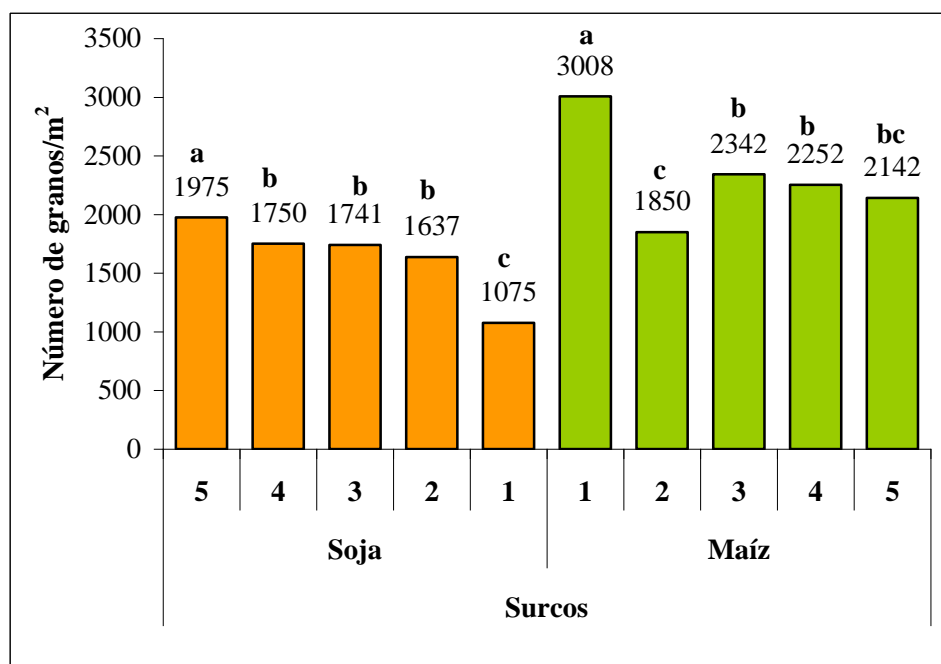


Figura 9. Número de granos por m² en los surcos de maíz y soja evaluados. Letras diferentes para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Las diferencias observadas en el número de granos por planta y por m² en ambos cultivos se manifestaron en los resultados similares que se obtuvieron de los componentes indirectos del rendimiento como el número de espigas por planta en el caso de maíz (Fig. 10), y el número de vainas por m² (Fig. 11) y por planta (Fig. 12) en soja.

Mayores rendimientos en los bordes de las franjas de maíz debidos a un mayor número de espigas y granos por m², también fueron encontradas por Verdelli (2008), con diferencias de rendimiento más acentuadas entre los surcos de maíz y menores diferencias entre los surcos de soja, probablemente debido a las mejores condiciones de la campaña agrícola y/o a la distinta orientación de siembra del ensayo.

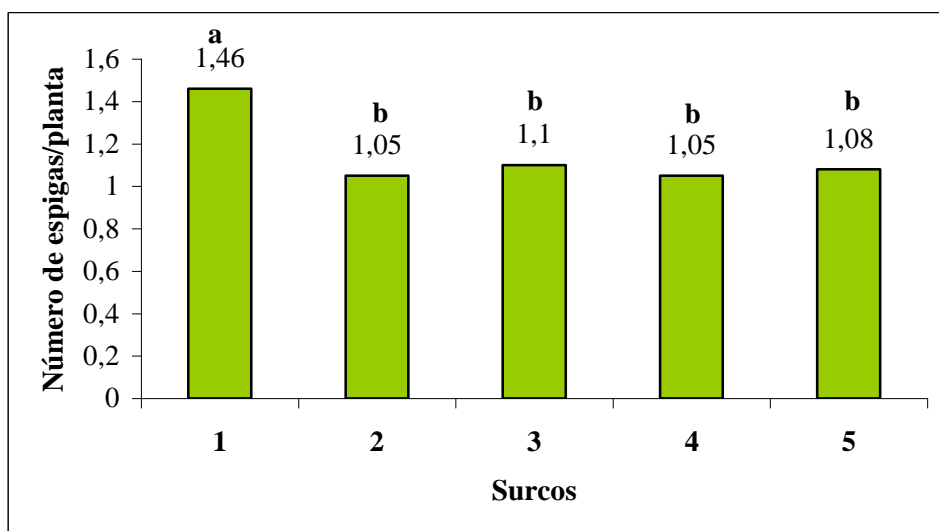


Figura 10. Número de espigas por planta en los surcos de maíz evaluados. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

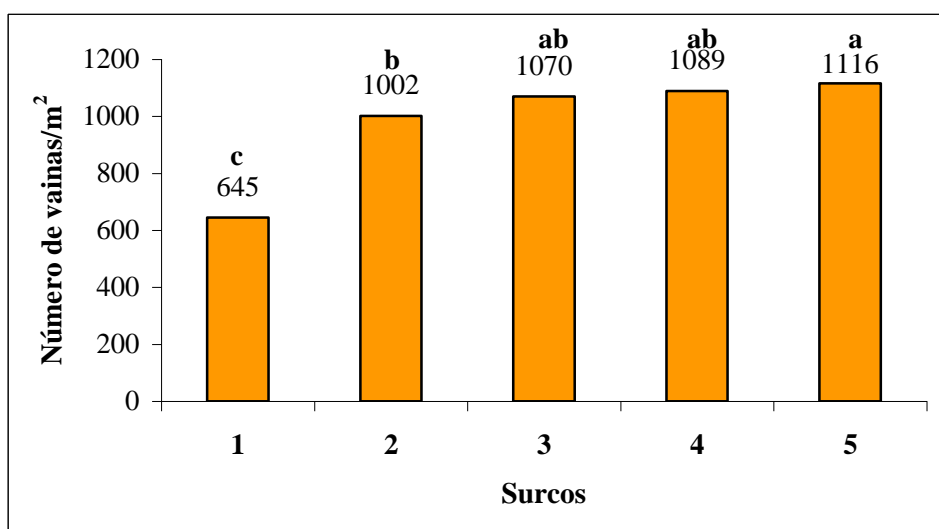


Figura 11. Número de vainas por m² en los surcos de soja evaluados. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

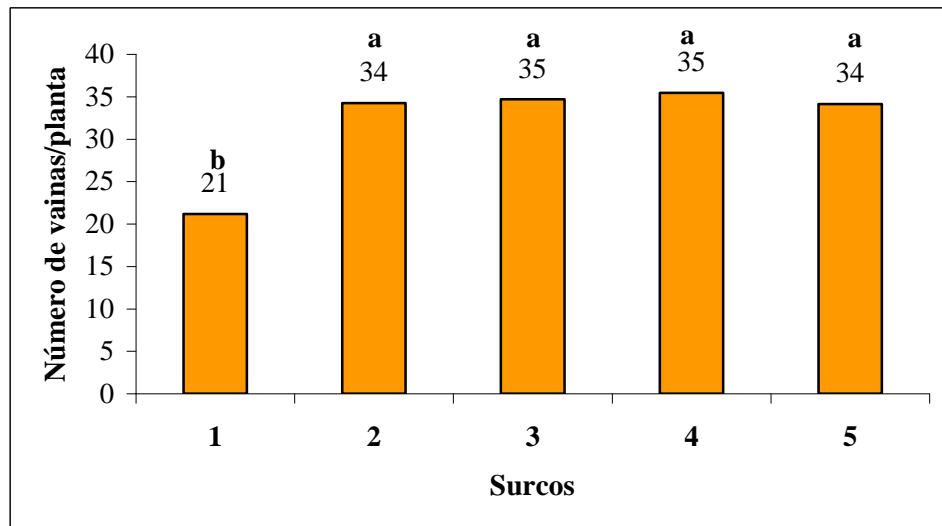


Figura 12. Número de vainas por planta en los surcos de soja evaluados. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Aunque hubo una diferencia en el peso de 100 granos de soja entre el surco 1 y los restantes (Fig. 13), posiblemente como estrategia compensatoria de este cultivo ante la baja producción de granos de ese surco, este componente mostró un comportamiento más estable en ambos cultivos comparado con los otros componentes directos del rendimiento el que se puede atribuir a la mayor dependencia genotípica de ese carácter.

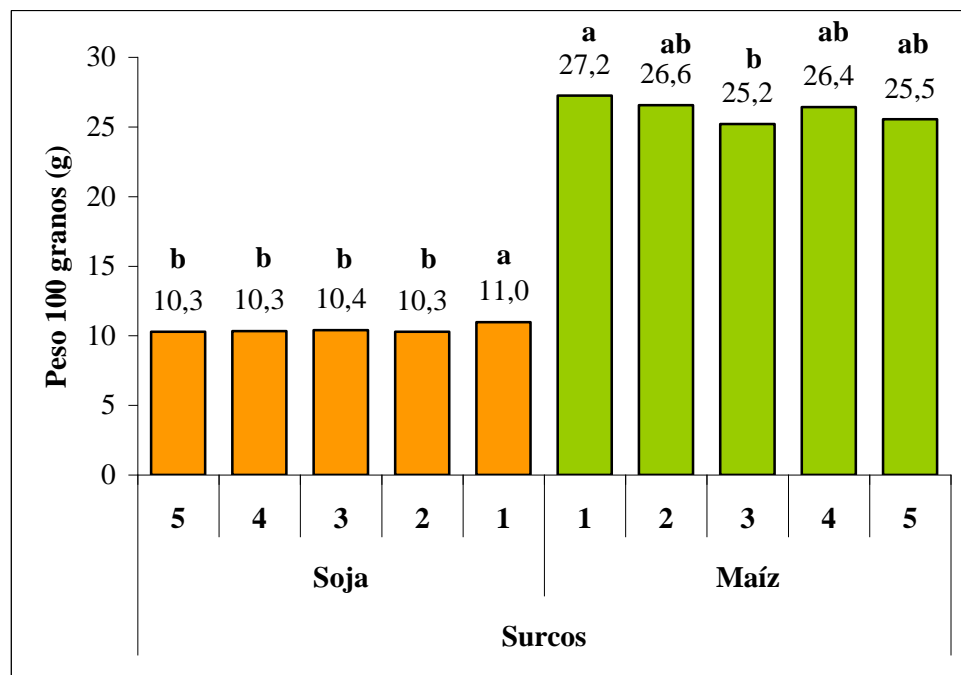


Figura 13. Peso de 100 granos (gramos) en los surcos de maíz y soja evaluados. Letras distintas para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Este tipo de respuesta, genotipo dependiente, también se observó en el número de granos por vaina (Fig. 14) y en la relación marlo/grano (Fig. 15).

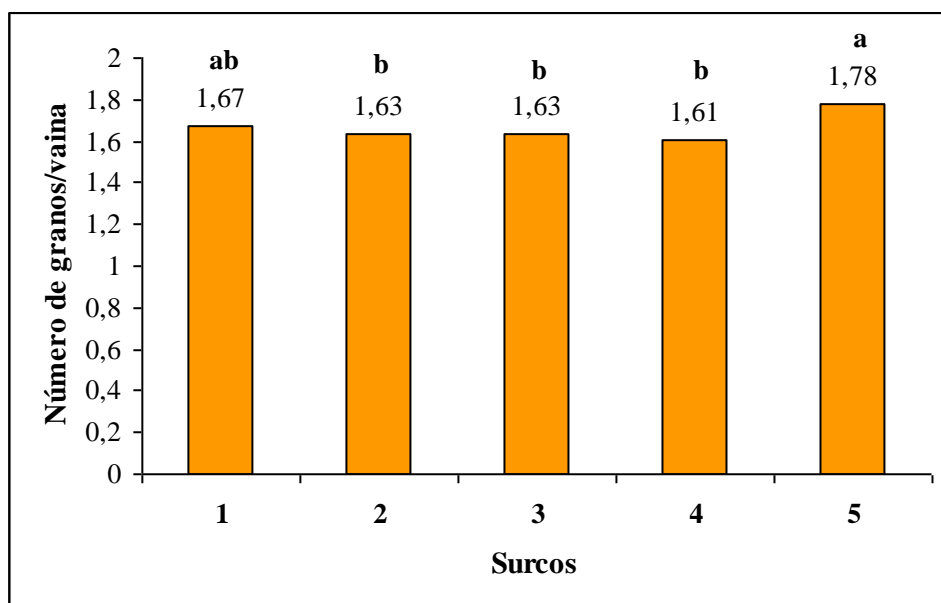


Figura 14. Número de granos por vaina en los surcos de soja evaluados. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

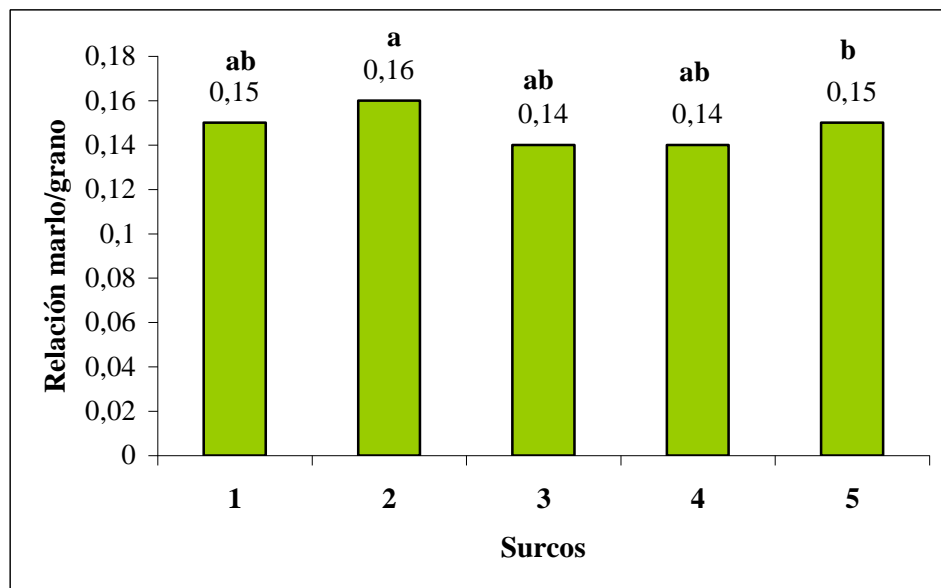


Figura 15. Relación marlo/grano en los surcos de maíz evaluados. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

La producción de granos aumentó en el surco 1 de las franjas de maíz con respecto a los surcos restantes (Fig. 16); debido, fundamentalmente, a una mayor cantidad de espigas por planta (Fig. 10) y, por consiguiente, de granos por planta (Fig. 8) y superficie (Fig. 9).

Este comportamiento estaría asociado con una mayor disponibilidad de recursos de las plantas del borde, particularmente la luz, comparadas con los surcos del centro. En los bordes de las franjas de soja, el rendimiento disminuyó en mayor medida en el surco 1, siendo menor esa reducción hacia el interior de la franja (Fig. 16). Esta respuesta puede atribuirse a una menor habilidad competitiva de la soja en los primeros surcos lindantes con el maíz, debido a que las plantas de soja no logran compensar el efecto de sombreado que le ejerce el maíz y como resultado el rendimiento de la soja se ve disminuido.

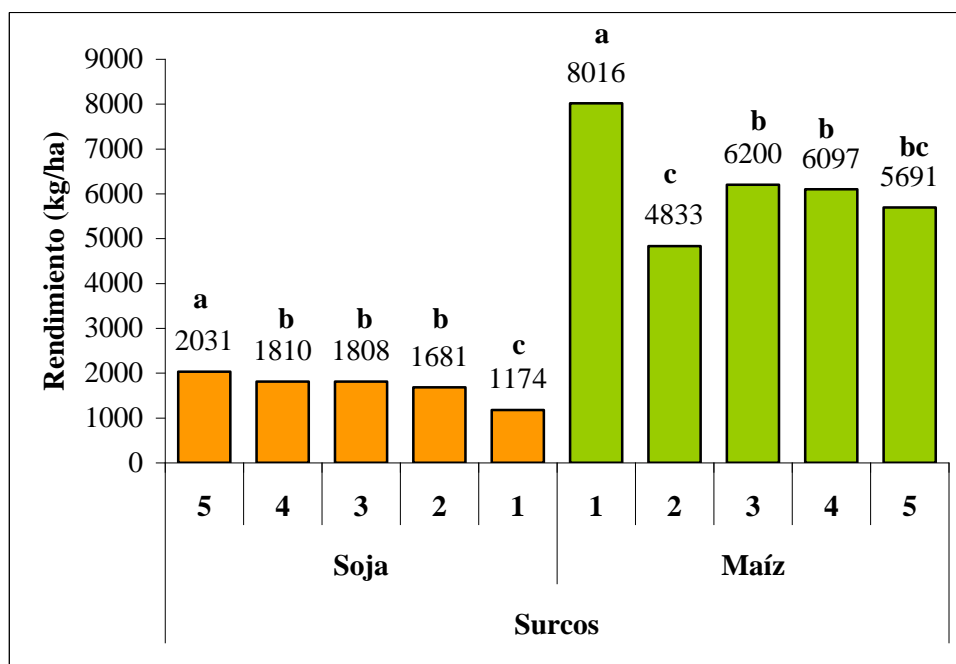


Figura 16. Rendimiento (kg/ha) en los surcos de maíz y soja evaluados. Letras distintas para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Resultados similares a los anteriormente expuestos fueron encontrados por Muoneke *et al.* (2007), quienes hallaron que el cultivo de soja en franjas tuvo menor número de vainas y mayor peso de 100 semillas respecto al cultivo puro y, en consecuencia, un menor rendimiento. Al mismo tiempo, observaron un mayor rendimiento del maíz en franjas, con mayor número de granos por espiga e igual peso de 100. Los autores atribuyen estos resultados a una reducción en la tasa de fotosíntesis de las plantas de soja causada por el sombreado que les produjo el maíz.

A modo de síntesis, se puede concluir que el rendimiento de las franjas de maíz fue un 12% mayor con respecto al cultivo puro, y que el rendimiento de las franjas de soja fue 16,7% inferior al del cultivo puro. Estos porcentajes no representaron diferencias significativas para el cultivo de maíz, pero sí lo fueron en el cultivo de soja (Fig. 17).

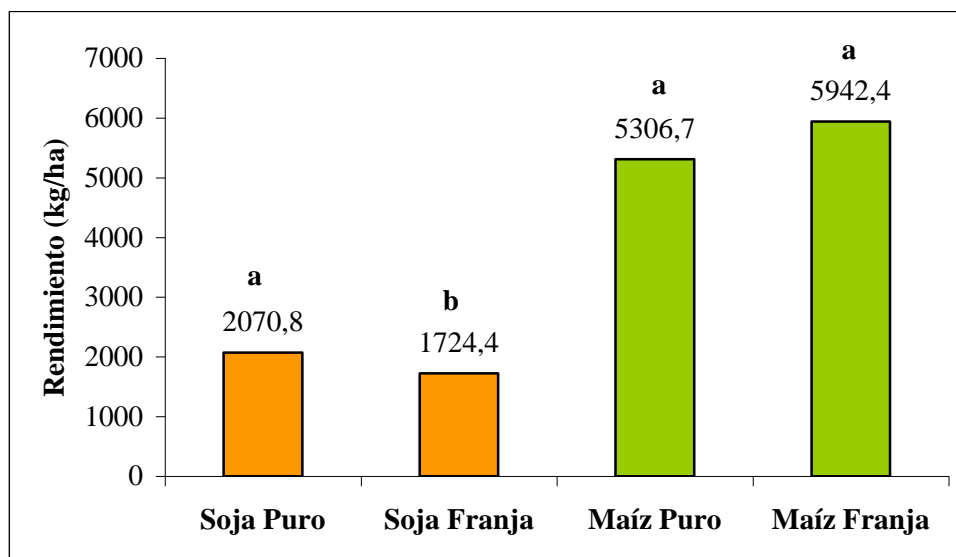


Figura 17. Rendimiento (kg/ha) en ambos cultivos, en estado puro y en franjas. Letras distintas para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Por otra parte, el surco 1 de maíz tuvo un índice de cosecha más alto que el de los surcos restantes (Fig. 18), debido a la mayor cantidad de granos cosechados por planta (Fig. 8) y por superficie (Fig. 9). Mientras que entre los surcos de soja este parámetro no presentó diferencias significativas (Fig. 18).

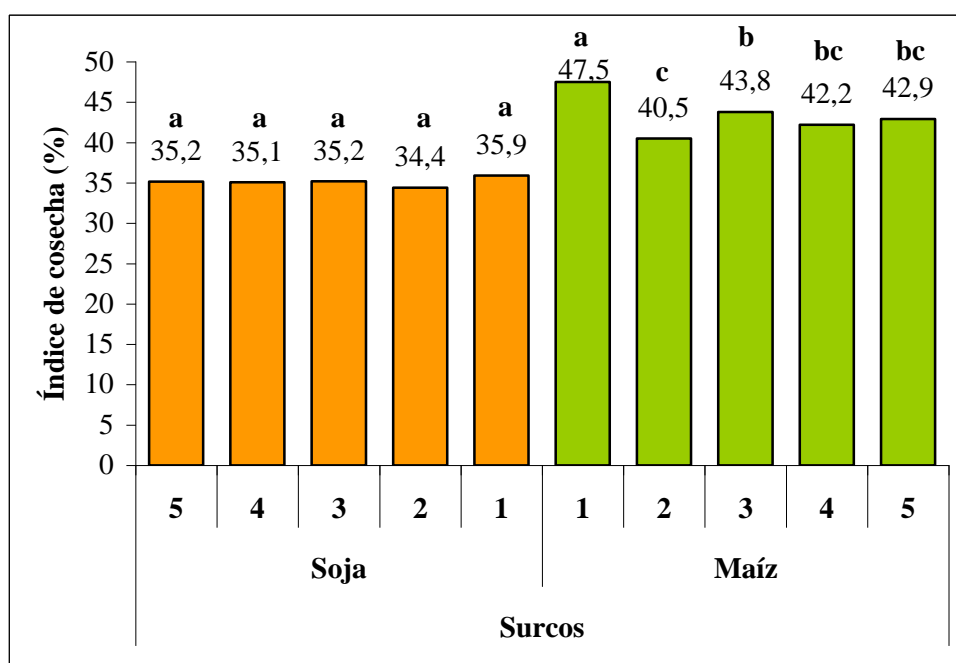


Figura 18. Índice de cosecha (%) en los surcos de maíz y soja evaluados. Letras distintas para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

El mayor índice de cosecha del surco 1 de las franjas de maíz fue observado por Verdelli (2008), quien atribuyó ese efecto al mayor número de granos por planta y superficie de los surcos del borde. Esas diferencias observadas en el índice de cosecha de maíz también se atribuyen a una mayor altura de las plantas de los surcos centrales comparadas con las del borde (efecto no observado en este experimento).

Tanto en el cultivo de maíz como en el de soja el rendimiento estuvo altamente relacionado con el número de granos por unidad de superficie (Fig. 19) siguiendo, en orden de importancia decreciente, el número de granos por planta (Fig. 20), la biomasa aérea a cosecha (Fig. 21) y el peso de 100 granos (Fig. 22).

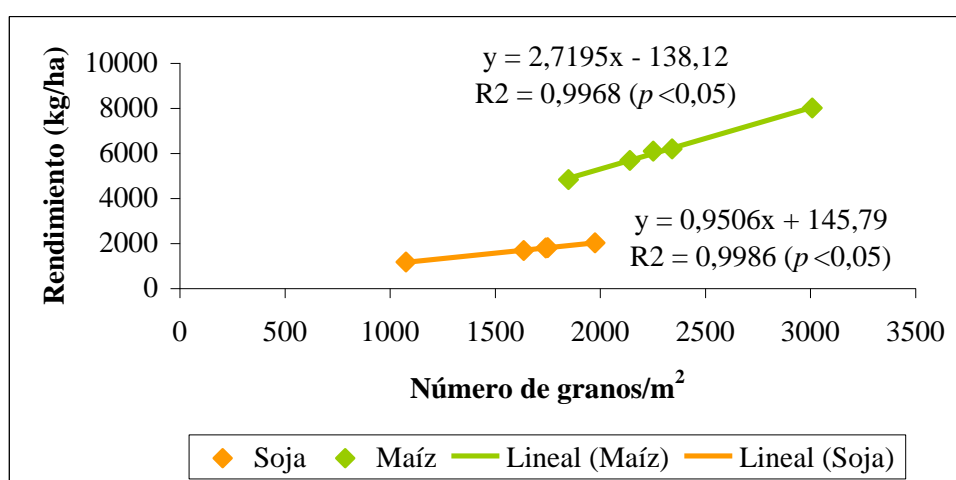


Figura 19. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y el número de granos por m² de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.

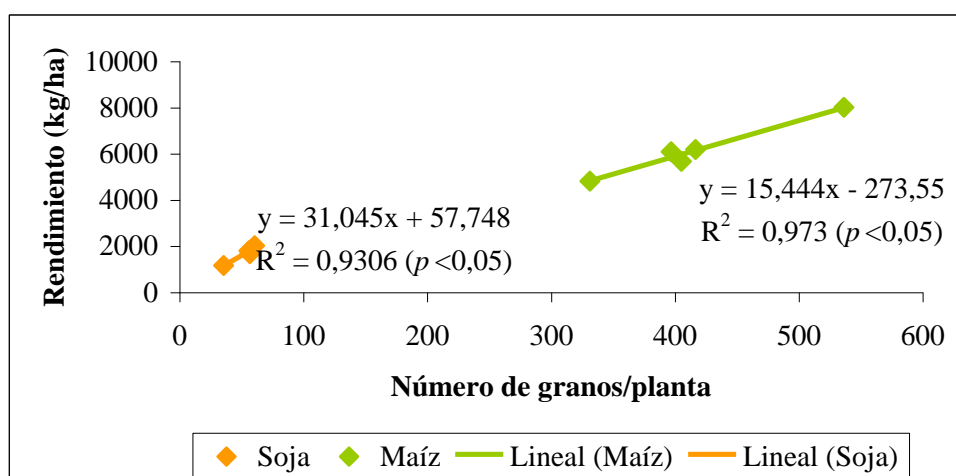


Figura 20. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y el número de granos por planta de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.

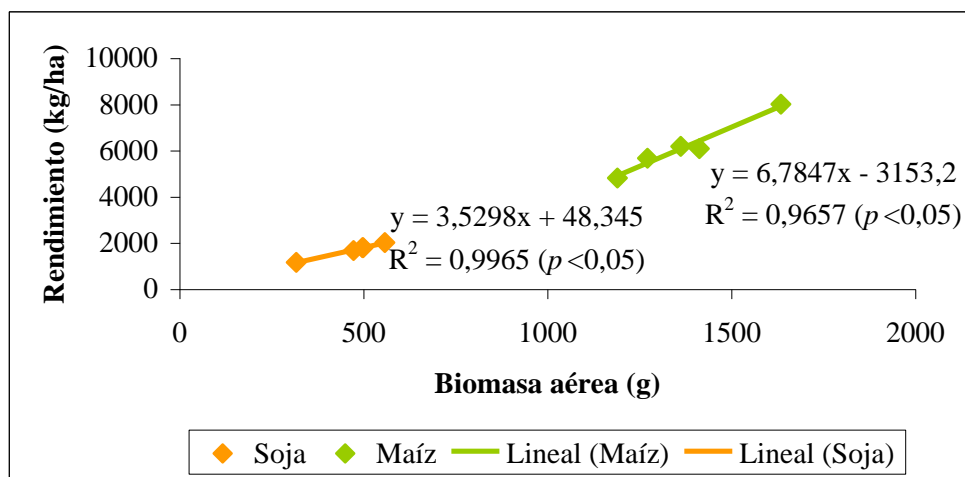


Figura 21. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y la biomasa aérea a cosecha (g/m^2) de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.

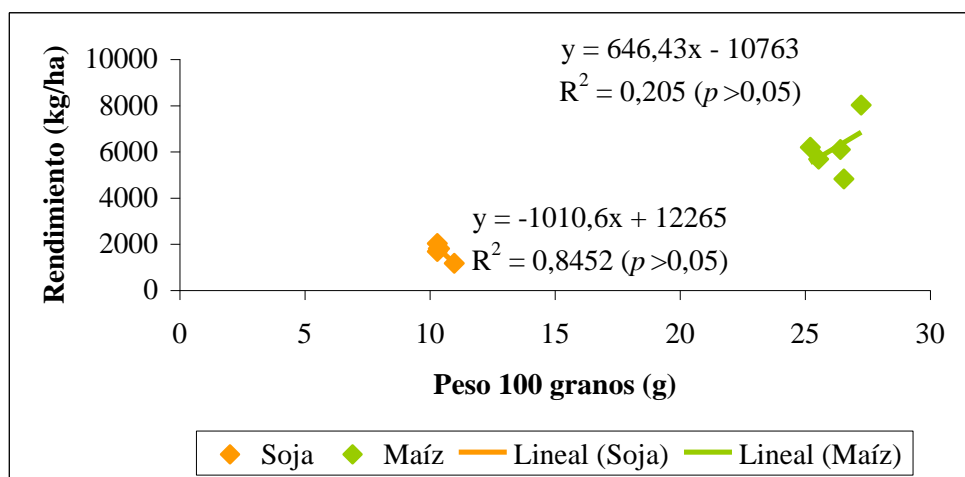


Figura 22. Relación entre el rendimiento medio (kg/ha) y el peso de 100 granos de cada surco, para el cultivo de soja y maíz.

Los resultados observados en las distintas relaciones son semejantes a los comentados, tanto para el cultivo de soja como el de maíz, por Satorre *et al.* (2008).

Intercepción y eficiencia de uso de la radiación (EUR)

Tal como fue indicado en materiales y métodos, y según lo establecido por Rosati y Dejong (2003), se estimó la EUR, cuyos valores fueron de 1,1 kg/ha/MJ en soja y 3,6 kg/ha/MJ en maíz. Con estos valores y los de rendimiento promedio por surco se calculó la radiación interceptada por cada surco bajo estudio. Así, se pudo observar que las diferencias encontradas en el rendimiento (Fig. 16) tuvieron el mismo comportamiento que la cantidad de radiación interceptada por surco, en ambos cultivos (Fig. 19), siendo la RFA_i , entonces, el

factor determinante del comportamiento del cultivo en franjas. Por lo tanto, se puede inferir que, si las diferencias en cantidad de radiación interceptada se mantuvieron a lo largo del ciclo de cultivo, estas fueron las determinantes de distintas tasas de crecimiento de cultivo (TCC) en los surcos bajo estudio y por lo tanto, de la producción de biomasa aérea, tal como lo señala Verdelli (2008). Y si las diferencias en TCC se mantuvieron durante los respectivos periodos críticos de soja y maíz, ésta sería la causa principal de los resultados observados en los componentes directos del rendimiento y la producción de granos.

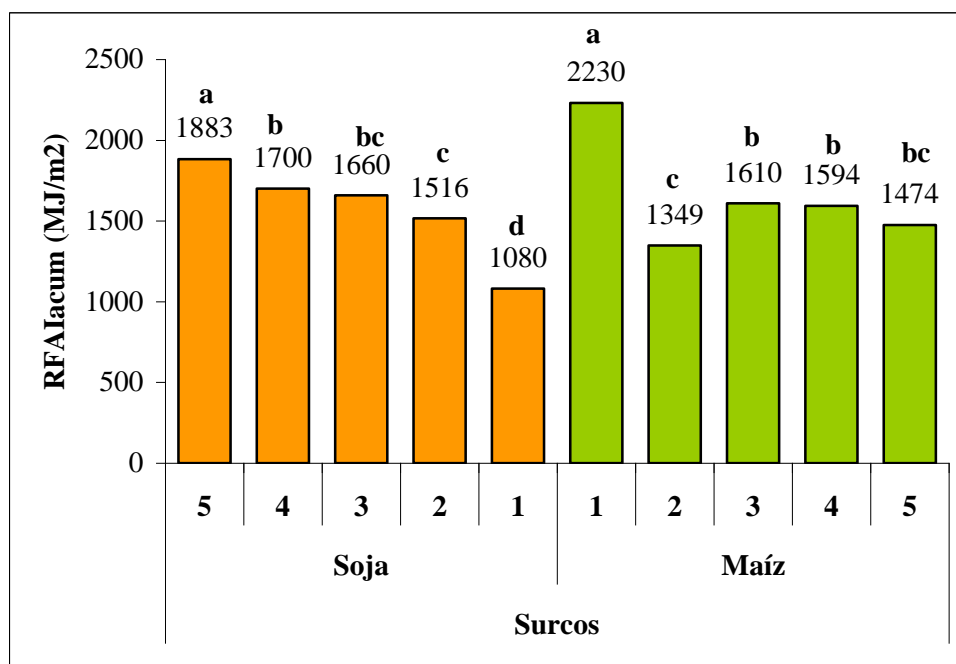


Figura 23. RFA interceptada acumulada (MJ/m^2) por cada surco de maíz y soja evaluados. Letras distintas para las columnas de cada cultivo indican diferencias significativas según el test de Duncan ($p < 0,05$).

Indicadores de uso de la tierra

El indicador EUT permite una evaluación precisa de la eficiencia biológica de los sistemas de cultivos intercalados. Valores mayores a uno se consideran ventajosos en cuanto a la eficiencia de uso de la tierra. En este ensayo el EUT fue 1,95. Díaz *et al.* (2008) no obtuvieron valores mayores a 1 de este índice en un intercultivo en surcos de maíz y soja, con distintas proporciones de cada cultivo, esto se debe, según dichos autores, a que los beneficios que obtiene el maíz adyacente con surcos de soja son menores a la pérdida de la soja con cultivos adyacentes de maíz. Mientras que Yang *et al.* (2010), en un intercultivo en surcos de maíz y soja, con distintas proporciones de cada cultivo, en 3 años de ensayo encontraron valores de EUT entre 1,64 y 1,74. Monzón *et al.* (2005), en un sistema de

intercultivo de maíz y soja en franjas durante una campaña con escasez de precipitaciones, calcularon un EUT de 1,06.

Además, la productividad de sistemas de asociación también puede ser expresada por equivalencia de producción, tomando como base el rendimiento de los cultivos y la relación de precios entre dos productos. De esta manera el rendimiento total (producción en grano de ambos cultivos) del cultivo en franjas queda expresado en la producción en grano de uno de los cultivos del sistema. En este caso, se calculó el rendimiento equivalente de maíz y soja, y los resultados fueron 9171,04 kg/ha y 4994,7 kg/ha, respectivamente. Por lo tanto, tomando el ejemplo bajo estudio; 5306,7 kg/ha de maíz en monocultivo por el precio en el mercado de \$0,47 se obtiene un ingreso bruto de \$2494/ha, con el rendimiento equivalente de maíz de 9171,04 kg/ha por el precio en el mercado de \$0,47 se obtiene un ingreso bruto de \$4310/ha. Los mismos cálculos se pueden realizar para el rendimiento equivalente de soja; 2070,8 kg/ha de soja en monocultivo por el precio en el mercado de \$0,88 se obtiene un ingreso bruto de \$2494/ha, con el rendimiento equivalente de 4558,61 kg/ha por el precio en el mercado de \$0,88 se obtiene un ingreso bruto de \$4310/ha.

CONCLUSIONES

En un sistema de intercultivos en franjas de maíz y soja se verificó el efecto que poseen las diferencias en cantidad de radiación interceptada sobre los componentes del rendimiento y la producción en granos, observándose que el número de granos por superficie fue la variable que mejor se relacionó con la producción de granos, en comparación con la respuesta del peso de 100 granos, lo cual se justifica en el patrón de comportamiento similar que tuvieron el rendimiento y el número de granos/m² en los surcos bajo estudio. Pudiendo concluir que la radiación solar es un recurso importante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos; y una forma de evaluar la importancia de este recurso es a través del intercultivo en franjas, donde los distintos cultivos que lo componen reciben e interceptan en forma diferencial la radiación solar según su porte y ubicación dentro del intercultivo. De este modo, las ventajas en rendimiento del intercultivo se deben a un aumento en la cantidad de radiación interceptada y, consecuentemente, en el rendimiento del surco de bordura de maíz.

La conveniencia de este sistema de cultivos, también se evidenció a través de los indicadores de eficiencia de uso de la tierra, encontrándose ventajas tanto en equivalente de uso de la tierra como en los rendimientos relativos de ambos cultivos.

Se debe tener en cuenta que para incorporar el intercultivo en franjas de maíz y soja en la secuencia de cultivos debe haber una ventaja clara, tanto en la eficiencia de uso de la tierra como en el retorno monetario, ya que en la implementación existen complicaciones operativas propias de trabajar con intercultivos, como el sistema de siembra, la fertilización, el control de plagas y la cosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- AIANBA 2006. Efectos del intercultivo en franjas de maíz y soja sobre el rendimiento. En: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=165>. Consultado: 15-09-2008.
- BCCBA. 2008. Cultivos en Franjas: Una Opción que Rinde. En: www.bccba.com.ar/bcc/novedades.asp?idCanal=3533. Consultado: 06-09-2008.
- CALVIÑO, P., CIRILO, A., CAVIGLIA, O. P. Y J. P. MONZÓN. 2005. Actas VII Congreso Nacional de Maíz. 16 al 18 de Noviembre de 2005. Rosario, Argentina.
- CAVIGLIA, O.P., PAPANOTTI, O.F. Y M. C. SASAL. 2007. Agricultura Sustentable en Entre Ríos. Ediciones INTA.
- CAVIGLIA, O.P., SADRAS, V.O. and F.H. ANDRADE. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double cropped wheat-soybean. *Field Crops research* 87, 117-129.
- CLARÍN. 2007 a. Producción Sustentable en el Oeste de Córdoba. En: www.clarin.com/suplementos/rural/2007/03/03/r-01373094.htm. Consultado: 05-09-2008.
- CLARÍN. 2007 b. Asociación de Maíz y Soja: Interacción de Cultivos en Córdoba. En: www.clarin.com/suplementos/rural/2007/07/21/r-01461514.htm. Consultado: 05-09-2008.
- DIAZ, M. G., KOOTEL, W., LOPEZ, R., CAVIGLIA, O., PELTZER, H. Y E. BLANZACO. 2008. Evaluación de diferentes proporciones de maíz-soja en intercultivo en surcos. En: http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/evaluacion_manejo/20214_080915_eval.htm. Consultado: 05-09-2008.
- INFOCAMPO. 2008. Interesantes resultados en intersemebra maíz-soja. En: <http://www.infocampo.com.ar/rodas/index.php?codProg=verInforme&idInforme=26>. Consultado: 23-07-2010.
- INFOSAT. 2008. Software Estadístico. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- INIA. 2005. Asociación Maíz Morado - Fríjol Voluble en Ayacucho En: <http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0016/investigacion2.htm>. Consultado: 23-07-2010.
- LA NACIÓN. 2007. La Reinención de la Agricultura. En: www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=935374. Consultado: 15-09-2008.
- MUONEKE, C. O., OGWUCHE, M. A. O. AND B.A. KALU. 2007. Effect of maize planting density on the performance of maize/soybean intercropping system in a

- guinea savannah agroecosystem. African Journal of Agricultural Research Vol. 2 (12), pp. 667-677.
- REZENDE, G.D.S.P. and M.A. RAMALHO. 1994. Competitive ability of maize and common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars intercropped in different environments: J. Agric. Sci. (Cambridge) 123:185-190.
- ROSATI, A. and T.M. DEJONG. 2003. Estimating Photosynthetic Radiation Use Efficiency Using Incident Light and Photosynthesis of Individual Leaves. Annals of Botany 91: 869-877.
- SATORRE, E. H., BENECH ARNOLD, R. L., SLAFER, G. A., DE LA FUENTE, E. B., MIRALLES, D. J., OTEGUI, M. E. Y R. SAVIN. 2008. Producción de Granos: Bases Funcionales para su Manejo. Editorial Orientación Gráfica Editora.
- USUARIOS. 2010. Calculadora, Unidades de Conversión. En: <http://usuarios.multimania.es/climameteo3/Unidades/calculadora.htm>. Consultado: 15-04-2010.
- VERDELLI, D. 2008. Asociación Maíz-Soja: sus aportes a la sustentabilidad en los sistemas de cultivo bajo siembra directa. En: <http://200.69.207.164/nachopancho/aapresid/imagenes/ponencias/25.%20Ag%20String%20agro%20Aapresid%20Panel%20Rotaciones%20Reales%20D%20Verdelli%20%5BXV%20Congreso%2015.08.07%5D.doc> . Consultado: 15-09-2008.
- YANG, G., AIWANG, D., XINQIANG, Q., JINGSHENG, S., JUNPENG, Z., HAO, L. and H. WANG. 2010. Distribution and Use Efficiency of Photosynthetically Active Radiation in Strip Intercropping of Maize and Soybean. Agronomy Journal, Volume 102, Issue 4: 1149-1157.