



## CONVENIO FCA/UNA - INBIO

### **“Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementario en Cultivos Extensivos Comerciales”**

**NOVIEMBRE DE 2012**

**LUGAR: Campo Demostrativo Dekalpar  
Santa Rita – Alto Paraná**

**Cooperador: DEKALPAR**

### **CULTIVOS DE SOJA Y MAÍZ**

**RESULTADOS DEL PRIMER CICLO DE ENSAYOS**

Contenido	
<b>Introducción</b> .....	3
<b>Resultados e impactos esperados</b> .....	3
<b>Desarrollo del proyecto</b> .....	3
<b>Ejecutores</b> .....	3
<b>Resultados preliminares</b> .....	4
Soja.....	4
Maíz.....	9
<b>Balance hídrico en soja y maíz</b> .....	15
<b>Evaluación económica</b> .....	17
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	26
<b>Anexos</b> .....	27

## **Introducción**

Se presenta a continuación un informe de los resultados obtenidos y analizados del ensayo denominado “Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementarios en Cultivos Extensivos Comerciales”, ejecutado mediante un convenio firmado entre la FCA/UNA con el INBIO y la cooperación de DEKALPAR, en Santa Rita, Departamento Alto Paraná, desde Noviembre del año 2011 hasta Mayo de 2012.

En esta primera entrega se presentan los datos del ensayo realizado durante el ciclo primavera verano con las especies soja y maíz.

## **Resultados e impactos esperados**

1- Obtención de Información útil y aplicable, específicamente, información sobre viabilidad agronómica y económica de la aplicación de riego, que sirva de insumo a los productores para la toma de decisiones para su implementación, así como a los entes financieros de la producción agrícola.

2- Mejora en la calidad de la formación técnica de estudiantes y profesionales del agro, con el conocimiento y uso de información local.

## **Desarrollo del proyecto**

Por un convenio entre la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción con el INBIO Instituto de Biotecnología Agrícola y la cooperación de DEKALPAR.

## **Ejecutores**

Profesores de la FCA-UNA y estudiantes tesistas

Prof. HUGO RABERY, especialista en agronomía

Prof. RUBÉN FRANCO, especialista en riego

Prof. VÍCTOR ENCISO, especialista en economía agrícola

## Resultados preliminares

Los ensayos, se realizaron en el Campo Demostrativo Dekalpar CDD, de la empresa Dekalpar ubicada en la ciudad de Santa Rita, ruta VI km 200, Departamento del Alto Paraná, Paraguay, cuyas coordenadas (UTM) son: N: 688500.; E: 7138500.

Se presentan a continuación los datos relevantes de los primeros resultados originados en los ensayos con soja (*Glycine max* Merrill) y maíz (*Zea mays* L.), referentes a los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas y de algunos datos tomados como básicos como amparo de la comprensión de los resultados obtenidos con la aplicación de los riegos por aspersión en cinco variedades de soja y maíz respectivamente.

## Soja

La soja, una especie adaptada completamente a las condiciones y factores que ofrece el ambiente de casi todos los departamentos de la región oriental del país, ejemplos: San Pedro, Amambay, Kanindeju, Ka' a guasu, Ka' a sapa, Alto Paraná, Itapúa y últimamente en el departamento de Misiones. La región del Alto Paraná, se caracteriza por ser la región del país donde la superficie de siembra de ésta especie oleoproteica, ocupa la mayor extensión, aproximadamente 900.000 ha, según datos de CAPECO.

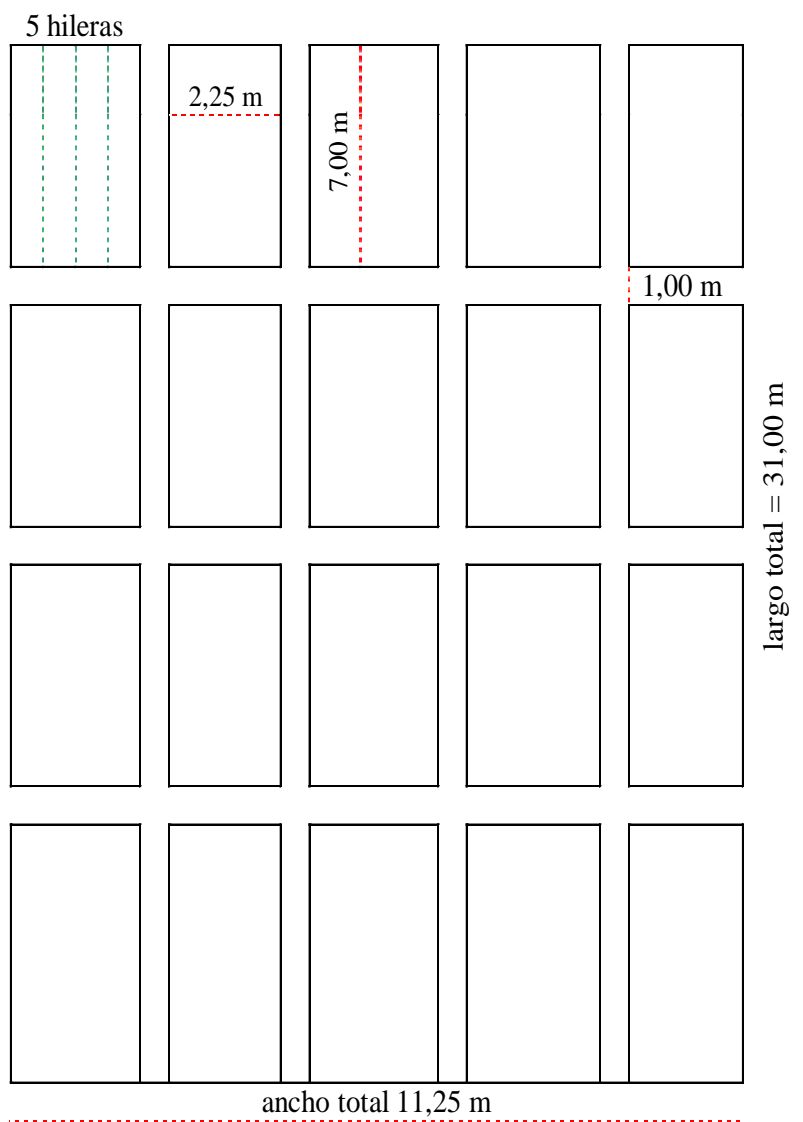
Los ensayos fueron instalados en un Diseño Bloques Completos al Azar, en fajas y los tratamientos con distribución factorial de 5 variedades de diferentes ciclos de maduración y, dos niveles de riego, con y sin riego por aspersión (Figura 1) La siembra fue realizada el 3 de Noviembre de 2011 y cosechada el 13 de Febrero de 2012.

Las variedades utilizadas en el ensayo fueron: NIDERA4903RG, DM 5.9 i, DM 6.2 i, NM 70 RR y BMX POTENCIA y, los riegos fueron aplicados por aspersión y, las cantidades de agua aplicados se muestran en una tabla posterior. En la Figura 1 se muestra el mapa del ensayo de soja.

## Resultados

En las tablas siguientes pueden verse los datos resultaron del análisis de la varianza realizados a las observaciones realizadas de la altura de las plantas en cm, (Tabla 1), del número de vainas por planta (Tabla 2), del número de granos por vaina (Tabla 3), del peso de 100 semillas (Tabla 4) y del rendimiento final de granos en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Tabla 5).

Como se puede leer en la Tabla 1, el crecimiento en altura de las plantas, fue diferente, como respuesta a las características particulares de cada variedad, variando desde 103,5 cm en BMX Potencia y 59,9 cm en Nidera 4909 RR. de crecimiento menor así como su ciclo de maduración es más corta de todas. Cuando las plantas con riego fueron evaluadas, también tuvieron crecimiento más elevado que las no irrigadas, mostrando que el agua como complemento de lo que las lluvias concedieron, permitió a las plantas crecer con mayor altura, 91,1 cm frente 66,9 cm de las plantas sin riego, interacción positiva entre todas las variedades en respuesta a la irrigación.



Figura

1. Diseño del ensayo de soja, distribución de las parcelas, repeticiones, medidas de las mismas. CDD, Santa Rita, 2011/12 (El plano muestra una parte del ensayo, para el riego o sin riego, por tanto debe ser tenido en cuenta que este plano debe ser multiplicado por dos, totalizando  $348,75 \text{ m}^2 \times 2 = 697,5 \text{ m}^2$ )

Aunque las plantas hayan crecido con mayor altura, en la variable número de vainas por planta, solo el efecto del riego aplicado sobre las plantas permitió un resultado diferencial, permitiendo un promedio de 50 vainas por planta, superando al promedio de las vainas producidas por las plantas que solamente fueron irrigadas por la propia naturaleza, con 33 vainas por planta (Tabla 2). El análisis de los datos efectuados no permitió distinguir diferencias significativas entre las cantidades de vainas en las plantas irrigadas y no irrigadas, entre 48 y 38 vainas por planta, así como no permitió observar efectos de interacción entre ambas variables. Sin embargo, observando los números de la Tabla 2, las diferencias entre las vainas producidas y cosechadas de las plantas con riego, fueron superiores en todas las variedades, exceptuando a la variedad DM 6.2 i, en todos los casos la aplicación de riego fomentó

TABLA 1. Altura de plantas de cinco variedades de soja (cm) con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
NIDERA4903RG	B 52,7 b	A 67,0 d	59,9 e
DM 5.9 i	B 57,2 b	A 75,2 c	66,2 d
DM 6.2 i	B 71,2 a	A 84,7 c	78,0 c
NM 70 RR	B 72,5 a	A 102,7 b	87,6 b
BMX POTENCIA	B 81,0 a	A 126,0 a	103,5 a
Promedio de riego	66,9 B	91,1 A	
CV (%)	6,72		

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

el cuajado de mayor cantidad de flores que permitieron la formación en media entre 10 a 20 vainas más por planta que aquellas producidas por en las plantas sin irrigación. Esta característica de la planta es influenciada fuertemente por las condiciones del ambiente de la planta, en este caso el riego aplicado o la falta de agua disponible en el suelo.

Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementario en Cultivos Extensivos Comerciales

TABLA 2. Número de vainas por planta de cinco variedades de soja, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
NIDERA4903 RG	A 35,2 a	A 55,1 a	45,1 a
DM 5.9 i	A 32,7 a	A 50,7 a	42,7 a
DM 6.2 i	A 42,2 a	A 47,5 a	45,8 a
NM 70 RR	A 41,2 a	A 55,2 a	48,2 a
BMX POTENCIA	A 33,7 a	A 42,2 a	38,0 a
Promedio de riego	33,0 B	50,1 A	
CV (%)	29,22		

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

En la Tabla 3 se encuentran los números que revelan la formación de granos por vaina de las plantas de soja. Es un carácter que varía mínimamente en las plantas, debido a que es un factor fuertemente dominado por los genes e influenciado en menor proporción por los factores externos, calor, agua y luz. Los valores promedios muestran también que hubo mayor cantidad de vainas con tres granos formados, lo que determina que sean variedades extensamente sembradas por los productores. Entre tanto, la diferencia significativa entre las medias por efecto de riego de las parcelas, muestra una pequeña ventaja a favor de las plantas irrigadas, que puede ir acumulándose como componente del rendimiento, demostrado finalmente en la producción final.

TABLA 3. Número de granos por vaina de plantas de cinco variedades de soja, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
NIDERA4903 RG	A 2,5 a	A 2,6 a	2,6 b
DM 5.9 i	A 2,7 a	A 2,7 a	2,7 a
DM 6.2 i	A 2,2 b	a 2,8 a	2,7 a
NM 70 RR	A 2,5 a	A 2,7 a	2,6 ab
BMX POTENCIA	A 2,6 a	A 2,6 a	2,7 ab
Promedio riego	2,6 b	2,7 a	
CV (%)	3,07		

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

El peso de las semillas individuales, o tamaño de semillas, expresados en forma de promedios de peso de 100 semillas (Tabla 4), muestra pequeñas variaciones debidos a las propias aptitudes de las variedades, cada una tiene una característica de tamaño de semillas, muy poco afectado por los factores externos. En este caso, no hubo diferencias entre los pesos de las semillas que fueron irrigadas de las producidas por las plantas sin riego, incluso, algunas variedades tuvieron tamaño medio mayor sin riego (Las dos variedades DM, 5.9 i y 6.2 i).

Los rendimientos, la potencialidad productiva de cada variedad, representa la capacidad de crear materia orgánica a ser cosechada por cada conjunto genético interactuando con su medio. Los rendimientos obtenidos por las variedades que recibieron riego (Tabla 5), superaron nitidamente a las que no fueron irrigadas, en promedio  $872 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

TABLA 4. Peso de 100 semillas (g) de cinco variedades de soja, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
NIDERA4903RG	A 11,4 ab	A 12,1 a	11,8 a
DM 5.9 i	A 11,8 a	A 10,6 ab	11,2 ab
DM 6.2 i	A 12,3 a	A 11,2 ab	12,0 a
NM 70 RR	A 9,9 bc	A 10,4 abc	10,2 bc
BMX POTENCIA	A 9,5 c	A 9,9 c	9,7 c
Promedio riego	10,9 A	10,9 A	
CV (%)	6,75		

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego.



TABLA 5. Rendimiento de granos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de cinco variedades de soja, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
NIDERA4903 RG	B 2.672 a	A 3.967 a	3.319 a
DM 5.9 i	B 2.750 a	A 3.525 a	3.138 a
DM 6.2 i	B 2.777 a	A 3.330 ab	3.053 a
NM 70 RR	B 2.075 b	A 2.836 b	2.455 b
BMX POTENCIA	B 1.741 b	A 2.716 b	2.228 b
Promedio riego	2.403 B	3.275 A	
CV (%)	11,91		

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

Cotejando los datos de la Tabla 5, el riego complementario sobre las plantas, permitió que las variedades de ciclos más cortos y que permiten cosechas más tempranas, como Nidera 4903 RG, DM 5.9 i y DM 6.2 i, superaran las  $3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y en más de 1.000 kg como el caso de la primera variedad citada sobre la no irrigada.

Las variedades de ciclos más cortos, requieren de mejores condiciones ambientales para la expresión de sus potenciales de producción, por el breve tiempo de crecimiento y la rápida transformación de los productos de su metabolismo en granos. Por ejemplo, NIDERA 4903 RG y DM 5.9 i, dos variedad de ciclos productivos cortos, sus respuestas muestran que en condiciones regulares de buena distribución de lluvia, por ejemplo, puede producir rendimientos muchos más elevados que otras variedades. En este caso el riego complementario permitió que sean generadas, mayor cantidad de vainas por planta, que en la sumatoria final de los componentes del rendimiento resultan en rendimientos superiores a los demás materiales del ensayo.

## Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) una especie típica de América, se ha adaptado a todos lo continentes, donde las condiciones climáticas permiten su producción.

En el Paraguay, representa junto con la soja, las dos especies comerciales de producción extensiva con superficies más extendidas, superando las 800 mil ha en el país, Se cultiva en todo el país, a nivel de producción familiar como en superficies que permiten generar

ingresos importantes al país por su exportación y por el consumo que va en aumento en todos los ámbitos.

Los ensayos se instalaron en un Diseño Bloques Completos al Azar, en fajas y los tratamientos con distribución factorial de 5 variedades de diferentes con ciclos de maduración también diferentes y, dos niveles de irrigación, con y sin riego por aspersión (Figura 2) La siembra fue realizada el 3 de Noviembre de 2011 y cosechada el 11 de Abril de 2012.

Las variedades utilizadas en el ensayo fueron DK 922, 2 B 587, 30 K 73, DK 390, GV 312. Esta última es una variedad local, producida por el Programa de Maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay. Los riegos fueron aplicados por aspersión y, las cantidades de agua aplicados fueron las mismas que se aplicaron a la soja y, se muestran en una tabla posterior. En la Figura 2 se muestra el mapa del ensayo de soja.

## **Resultados**

En las tablas siguientes pueden verse los datos resultaron del análisis de la varianza realizados a las observaciones realizadas de la altura de las plantas en m, (Tabla 1), del diámetro de la espiga en cm (Tabla 2), del peso de 100 semillas (Tabla 3) y del rendimiento final de granos en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Tabla 4).

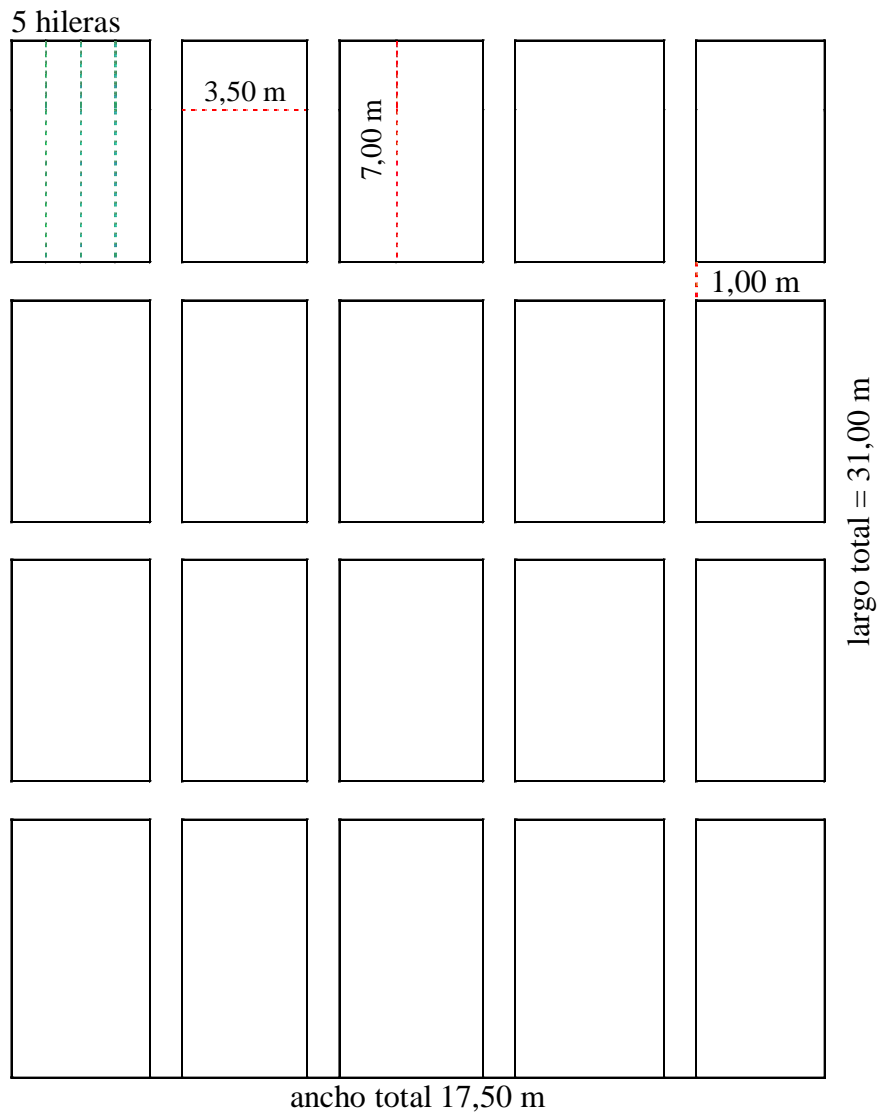


Figura 2. Diseño del ensayo de maíz, distribución de las parcelas, repeticiones, medidas de las mismas. CDD, Santa Rita, 2011/12 (El plano muestra una parte del ensayo, para el riego o sin riego, por tanto debe ser tenido en cuenta que este plano debe ser multiplicado por dos, totalizando  $542,5 \text{ m}^2 \times 2 = 1.085 \text{ m}^2$ )

La Tabla 1 contiene los datos observados, medidos y analizados del crecimiento en altura de las plantas. No hubo diferencias entre variedades, ni entre las que recibieron riego y las no irrigadas, pero sí fue posible observar diferencias entre las plantas que fueron regadas, éstas crecieron a mayor altura que las no irrigadas, en media 0,5 m más.

El diámetro de crecimiento de la espiga, en este caso de la mazorca, fue considerado para comprobar si el agua adicionada tiene efecto en el crecimiento de la mazorca. En este caso, el diámetro de la mazorca, una característica varietal, hace que entre los híbridos sembrados haya diferencias significativas (Tabla 2).

Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementario en Cultivos Extensivos Comerciales

TABLA 1. Altura de la planta (m) de cinco variedades de maíz, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
DK 922	B 1,73 a	A 2,26 a	1,99 a
2 B 587	B 1,67 a	A 2,18 a	1,91 a
30 K 73	B 1,53 a	A 2,32 a	1,93a
DK 390	B 1,67 a	A 2,27 a	1,97 a
GV 312	B 1,91 a	A 2,14 a	2,02 a
Promedio riego	1,69 B	2,23 A	
CV (%)		9,49	

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

Pero también fue observado diferencias significativas entre las medias del crecimiento en diámetro de las mazorcas por efecto de la interacción variedad por nivel de riego.

TABLA 2. Diámetro de espiga o mazorca (cm) de cinco variedades de maíz, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
DK 922	B 4,41 a	A 4,93 a	4,57 a
2 B 587	B 4,34 a	A 4,96 a	4,65 a
30 K 73	B 4,26 a	A 4,26 b	4,26 b
DK 390	B 4,47 a	A 5,26 a	4,86 a
GV 312	A 4,08 a	A 4,37 b	4,22 b
Promedio riego	4,31 A	4,75 A	
CV (%)		3,95	

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

A excepción del material de origen nacional, todas los híbridos que fueron regados produjeron mazorcas de mayor diámetro, claramente por efecto de la facilidad de contar con agua en el suelo, así como el largo de la mazorca (datos no mostrados) fueron superiores que las no irrigadas.

Uno de los componentes más importantes del rendimiento es el tamaño de los granos, expresado en forma de la masa producida (g) por 100 semillas. En el ensayo, no se ha

detectado diferencias estadísticamente significativas entre las dos condiciones ambientales, irrigado o no. Sin embargo, las características varietales hicieron las diferencias entre las mismas (Tabla 3).

El efecto de estas diferencias varietales son vistas con precisión, justamente como componentes de la sumatoria de factores que hacen posible la mayor o menor expresión del rendimiento de las variedades o de los híbridos diversos, así como la respuesta de cada uno de los genomas a los diferentes caracteres que las condiciones ambientales, temperatura, fotoperiodismo y principalmente la facilidad del llenado de los granos cuando la disponibilidad de agua no es limitante.

TABLA 3. Peso de 100 semillas (g) de cinco variedades de maíz, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
DK 922	A 26,8 a	A 25,2 b	26,0 b
2 B 587	A 28,8 a	A 29,1 a	28,7 a
30 K 73	A 30,4 a	A 28,2 ab	29,3 a
DK 390	A 28,9 a	A 31,2 a	30,0 a
GV 312	A 26,2 a	A 29,6 a	27,9 ab
Promedio riego	28,16 A	28,68 A	
CV (%)		6,38	

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

El rendimiento final a cosecharse, representado por los granos, es la sumatoria de la interacción entre los más diversos factores que se conjugan en la variable más importante. En la Tabla 4, los datos muestran que hubo una fuerte interacción entre los ambientes en que las plantas crecieron y se desarrollaron.

La aplicación de agua complementando la obtenida por medio de las lluvias que han caído sobre la superficie del ensayo, muestra su efecto en los números observables. Cuando se regaron las plantas, los rendimientos de éstas, superaron en 2.938 kg.ha<sup>-1</sup> al promedio de rendimiento de las plantas no regadas.

Como puede verse, todos los materiales que fueron regados produjeron mayores rendimientos de granos que las no irrigadas. Estos resultados pueden ser acreditados a la

suma de pequeñas ganancias que tienen las plantas en mejores condiciones ambientales, como son, el mayor diámetro de las mazorcas, la mayor cantidad de espigas por plantas (no mostrados), el mayor crecimiento en largo de las espigas (no mostrados), que fueron encontrados en las plantas que fueron regadas, que sumando poseen por el número de plantas en una hectárea, mayor cantidad de granos por planta y, como resultado mayor peso de la cosecha.

La altura de las plantas fueron superiores en las plantas irrigadas, dato que permite inferir que, esas plantas tenían mayor área foliar, permitiendo mejores índices de productividad fotosintética, sosteniendo mayores tasas de acumulación de reservas en los granos.

TABLA 4. Rendimiento de granos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de cinco variedades de maíz, con riego y sin riego. Santa Rita, CDD, 2011/12

Variedades	Sin riego	Con riego	Media variedades
DK 922	B 4.860 a	A 7.087 a	5.973 a
2 B 587	B 5.083 a	A 8.198 a	6.640 a
30 K 73	B 4.881 a	A 6.852 ab	5.866 ab
DK 390	B 4.168 a	A 8.925 a	6.546 a
GV 312	B 3.491 a	A 6.109 b	4.800 b
Promedio riego	4.496 B	7.434 A	
CV (%)	13,23		

\* Letras diferentes en las filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas por la prueba de Tukey. En letras mayúsculas a la izquierda comparan la interacción de variedad con riego

### Balance hídrico en soja y maíz

En la tabla siguiente, se observa un resumen de la demanda hídrica de los cultivos (maíz y soja) y la provisión de agua por, precipitación efectiva y riego. Puede notarse que, más del 80% del requerimiento de cada cultivo ha sido cubierto por ambas fuentes de agua para las plantas.

Tabla 1. Evapotranspiración del cultivo –Etc–(mm), Precipitación efectiva (mm), lámina de riego (mm) para los cultivos de maíz y soja, Santa Rita, CDD, 2011/12

Cultivo	Requerimiento teórico (ETC) en mm	Precipitación efectiva en mm	Riego (mm)	P + R (mm)	% de Etc cubierto
Maíz	563,42	351,75	115,6	467,35	83
Soja	490,14	304,85	115,6	420,45	86

### Balance hídrico para la soja

En la Figura 1 se puede observar la evolución semanal del requerimiento hídrico del cultivo así como de la lámina de agua recibida, precipitación efectiva más riego. Entre el 8 y el 23 de Diciembre es posible observar un periodo sin precipitaciones ni riego, por lo que en parte del periodo mencionado, el cultivo sufrió un déficit

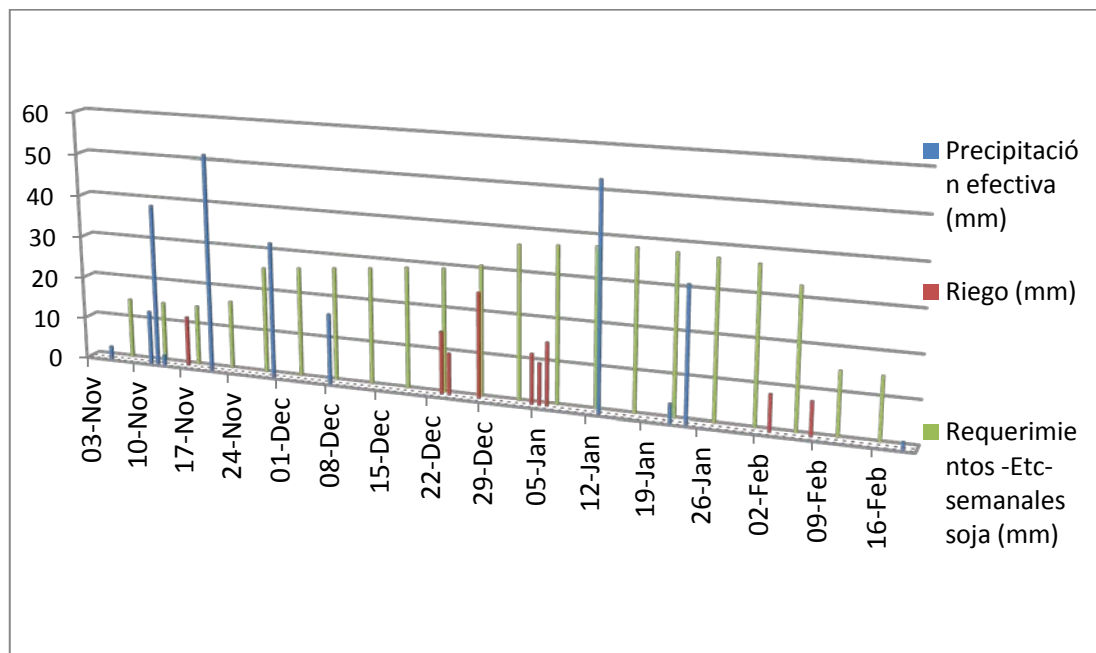


Figura 1. Distribución semanal del requerimiento hídrico (ETC), precipitación efectiva más riego para el cultivo de soja, Santa Rita, CDD, 2011/12

hídrico. La soja se encontraba en inicio de la fase reproductiva (R1 o R2), varios autores coinciden de que los momentos críticos para la soja son la siembra, la emergencia y el momento de la carga de granos (Farias et. al, 2001), Rodriguez et. al (2011) y Salinas et. al (2008) ubican el periodo crítico entre las fases R4 y R6.

### Balance hídrico para el maíz

En maíz, el período crítico es de 30 días centrados en floración (Carcova et al.,2003), etapa en el cual se define el número de granos (Otegui et al., 1995). En este período ocurre el crecimiento de la espiga, emergencia de estigmas y el inicio de llenado de granos y se caracteriza por su alta sensibilidad al déficit hídrico (Payero et al., 2008). En la Figura 2 se puede observar la evolución semanal del requerimiento hídrico del cultivo así como la lámina de agua recibida, precipitación efectiva más riego. Entre el 8 y el 23 de Diciembre es posible observar un periodo sin precipitaciones ni riego, coincidente con los periodos llamados críticos para el maíz (prefloración y el inicio de llenado de granos). Sobre este período, Mundstok & Da Silva (2005) agregan que periodos de 10 a 20 días sin lluvia entre los meses de Diciembre y Enero causan mermas importantes en el rendimiento. Por esto es posible suponer que se podría haber alcanzado mayores rendimientos de los diversos materiales genéticos utilizados en los ensayos.

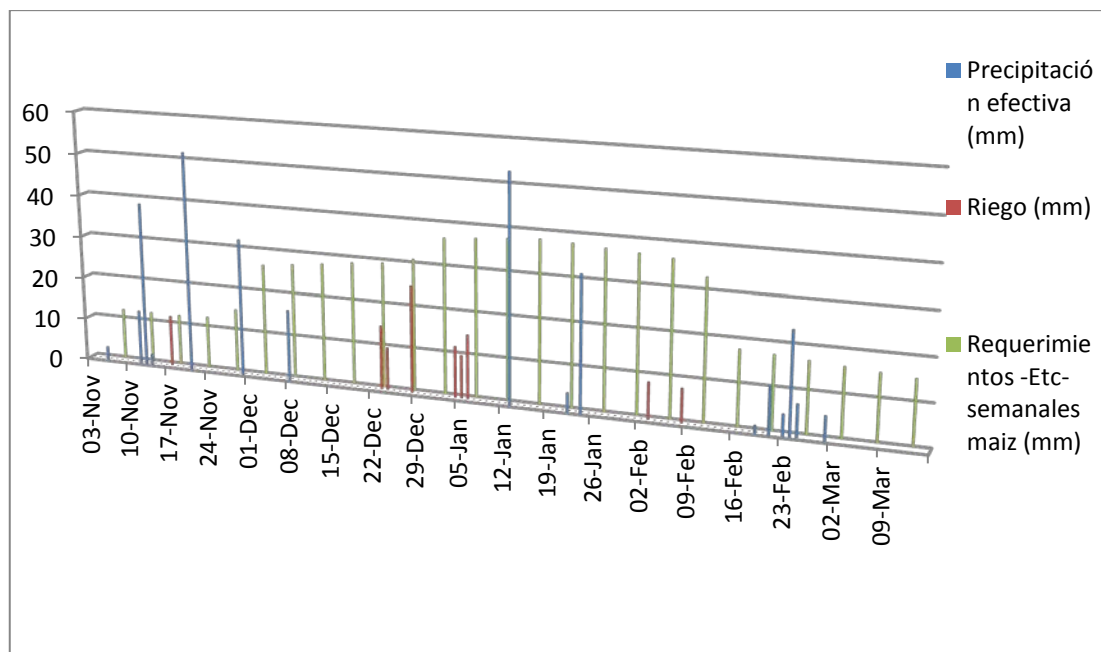


Figura 2. Distribución semanal del requerimiento hídrico (Etc), precipitación efectiva y riego para el cultivo de maíz, Santa Rita, CDD, 2011/12



## Evaluación económica

### Introducción

El siguiente apartado presenta el costo de riego complementario en cultivos de soja y maíz. La estimación de los costos se realiza en base a un equipo Pivot marca Reinke. Los costos de inversión fueron proveídos por la firma representante<sup>1</sup> y se detallan en Anexos.

### Costo Fijo

Se consideran como costos fijos aquellos que no varían (en el corto plazo) con la cantidad producida, o en este caso, con las horas de trabajo del equipo. El costo fijo está formado por la (i) depreciación del equipo y (ii) el costo de oportunidad del capital invertido.

a) Depreciación: La depreciación es la pérdida de valor del equipo debido al desgaste u obsolescencia del equipo. Existen diversos métodos para el cálculo de la depreciación, siendo el más directo y sencillo de estimar el conocido como depreciación lineal, que es el utilizado en este documento.

Datos:

Costo del equipo instalado:	USD 135.000
Vida útil:	20 años
Valor residual (20% del valor inicial):	USD 27.000
Intensidad de uso anual promedio:	2.000 horas
Superficie:	40 ha
Tiempo de aplicación:	696 horas
Lámina bruta:	116 mm

### Cálculo

$$Dpc = \frac{\left( \frac{\text{Inversión} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil en años}} \right)}{\text{uso anual horas}}$$
$$Dpc = \frac{\left( \frac{135.000 - 27.000}{20} \right)}{2.000}$$
$$Dpc = 2,70 \text{ USD/hora}$$

---

<sup>1</sup> El equipo utilizado para el riego de las parcelas fue un Pivot marca Reinke. Los datos para la estimación de los costos fueron proveídos por el representante del equipo, la firma "Campos del mañana SA".

$$Dpc = 2,72 \text{ USD/hora} * 696 \text{ horas}$$

$$Dpc = 1.879 \text{ USD}$$

$$Dpc = \frac{1.879 \text{ USD}}{116 \text{ mm}}$$

$$Dpc = 16,20 \text{ USD/mm}$$

a) Costo del capital invertido. Es el costo que representa la remuneración que podría recibir el capital si es invertido en otra actividad. Se utiliza como ejemplo de otra actividad el interés pagado en las entidades financieras para el monto de la inversión por el plazo de un año. A la fecha, el máximo rendimiento obtenido en el mercado financiero para montos superiores a USD 100.000 es de 6% anual en Certificados de Depósito de Ahorros (CDA).<sup>2</sup> La estimación del costo de oportunidad se realiza sobre el costo medio de la inversión representado por la semisuma entre el valor nuevo y el valor residual.

Datos

Costo del equipo instalado: USD 135.000

Valor residual (20% del valor inicial): USD 27.000

Tasa de interés: 6% anual

Calculo

$$\text{Costo} = \{[(\text{Inversión} + \text{Valor Residual})/2]/\text{Uso anual teórico}\} * \text{Tasa de interés}$$

$$\text{Costo} = \{ [(135.000 + 27.500)/2]/2.000 \} * 0,06$$

$$\text{Costo} = 2,43 \text{ USD/hora}$$

Costo del capital para horas utilizadas y lámina aplicada

$$\text{Costo} = 2,43 * 696 \text{ horas}$$

$$\text{Costo} = 1.691,28 \text{ USD}$$

$$\text{Costo} = 14,58 \text{ USD/mm}$$

Los costos fijos se presentan en el siguiente cuadro

Cuadro N° : Costos fijos	
Costos	Valor
Depreciación	16,20 USD/mm
Costo del capital	14,58 USD/mm
Total	30,78 USD/mm

<sup>2</sup> Resumen de tasas para Setiembre de 2012. Banco Central del Paraguay.

### Costo Variable

El costo variable es aquel que varía en función a la cantidad producida o a la intensidad de uso (horas de uso en el presente caso). Incluye el correspondiente al costo de energía eléctrica para el bombeo del agua y el movimiento de la torre. Así mismo abarca los costos relacionados al personal y a la reparación, mantenimiento y repuestos del equipo.

#### a) Costo de energía eléctrica

- Costo de bombeo:

#### Datos

- a) Lámina bruta: 116 mm
- b) Tasa de aplicación: 15 mm/hora
- c) Superficie: 40 ha
- d) Altura total: 100 m
- e) Potencia: 2.679,69 kw
- f) Precio de la energía eléctrica: 365,45 G/kwh

#### Cálculos

Tiempo de aplicación (TA): Indica la cantidad de tiempo en que se aplica la lámina bruta.

$$TA = \frac{\text{Lámina bruta}}{\text{Tasa de aplicación}}$$

$$TA = \frac{116 \text{ mm}}{15 \text{ mm/h}}$$

$$TA = 7,73 \text{ horas}$$

Consumo de energía eléctrica (CEE): Es la cantidad de kilowatts-hora (energía eléctrica) consumida durante el tiempo de aplicación.

$$CEE = TA * \text{Potencia}$$

$$CEE = 7,73 \text{ h} * 2.679,69 \text{ kw}$$

$$CEE = 20.723 \text{ kwh}$$

Costo del CEE: Es el valor monetario del consumo de energía eléctrica para una lámina bruta de 116mm.

$$\text{Costo} = CEE * \text{Precio}$$

$$\text{Costo} = 20.723 \text{ kwh} * 365,45 \text{ G/kwh}$$

$$\text{Costo} = \text{G } 7.573.190$$

$$\text{Costo} = \frac{\text{G } 7.757.190}{116 \text{ mm}}$$

Costo = G/mm 65.285  
Costo = USD/mm 14,51

- Costo torre:

Datos

Número de torres: 5 unidades

Radio del equipo y perímetro de recorrido:

Torre	radio	perímetro
Torre 1	50 m	314 m
Torre 2	100 m	628 m
Torre 3	150 m	942 m
Torre 4	200 m	1.257 m
Torre 5	250 m	1.571 m

Potencia de la torre: 0,746 kw (1 HP)

Lámina bruta: 116 mm

Velocidad de aplicación de la torre 5 (última torre): 8 mm/día

Cálculos

Tiempo de aplicación (TA): Es el tiempo en horas en que se aplicará 116 mm a la velocidad de aplicación de la última torre. A esta lámina de aplicación la última torre está en movimiento constante

$$TA = \left( \frac{\text{Lámina bruta}}{\text{Velocidad}} \right) * 24 \text{ h}$$

$$TA = \left( \frac{116 \text{ mm}}{8 \text{ mm/día}} \right) * 24 \text{ h}$$

$$TA = 348 \text{ horas}$$

$$TA = 348 \text{ horas}$$

El consumo de energía eléctrica para mover la torre será igual al producto entre el TA, y la lámina bruta aplicada. El consumo multiplicado por el costo de la energía eléctrica (G/kwh 365) dará el costo de consumo de energía eléctrica para la última torre. Luego por relación, se estima el costo para las demás torres.

$$\text{Consumo energía eléctrica} = 348 \text{ h} * 0,746 \text{ Consumo energía eléctrica} = 260 \text{ kw}$$

$$\text{Costo de la energía eléctrica} = 260 \text{ kw} * 365,45 \text{ G/kwh}$$

Costo de la energía eléctrica (Torre 5) = G 94.874  
Costo de la energía eléctrica (Torre 4) = G 75.806  
Costo de la energía eléctrica (Torre 3) = G 56.854  
Costo de la energía eléctrica (Torre 2) = G 37.903  
Costo de la energía eléctrica (Torre 1) = G 18.951

La suma de los costos individuales dará como resultado el costo total de mover la torre de riego, que en este caso es para 20 hectáreas, igual a la superficie que cubre en un giro de 360°.

Costo total de movimiento de las torre (20 ha) = G 265.319  
Costo total de movimiento de las torre (40 ha) = G 530.639

En base a las 40 hectáreas regadas, el costo variable asciende a USD/mm 1,02

En resumidas cuentas, el costo de la energía eléctrica para regar las 40 hectáreas asciende a USD/mm 15,53

b) Mantenimiento, repuestos y reparaciones (GMR y R): Se estima mediante el uso de un coeficiente que promedia el costo de lubricación, mantenimiento y reparaciones durante la vida útil del equipo, el cual es multiplicado por el valor nuevo del equipo<sup>3</sup>. Este coeficiente puede variar entre 0,8% para fincas particulares hasta 1,5% para empresas dedicadas a brindar servicios<sup>4</sup>. En el presente cálculo se utilizará el promedio entre ambos igual a 1,15.

Datos:

Costo del equipo instalado: USD 135.000

Coeficiente de GMR y R: 1,15%

Cálculo

$$\text{Costo} = \frac{\text{Valor Nuevo} \times \text{coeficiente}}{\text{Uso anual}}$$
$$\text{Costo} = \frac{135.000 * 0,0115}{2.000}$$

---

<sup>3</sup> <http://inta.gov.ar/documentos/indicadores-economicos-para-la-gestion-de-empresas-agropecuarias.-bases-metodologicas-1/>

<sup>4</sup> [http://www.fao.org/ag/ca/Training\\_Materials/AC\\_Material\\_Nicaragua/AC\\_Tomo2.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/AC_Material_Nicaragua/AC_Tomo2.pdf)

Costo = 0,77 USD/hora

Costo del capital para horas utilizadas y lámina aplicada

Costo = 0,77 \* 696 horas

Costo = 540,27 USD

Costo = 4,66 USD/mm

c) Costo de personal: De acuerdo a datos de IEA (Instituto de Economía Agraria)<sup>5</sup> un pivot de características similares requiere 2 horas hombre por cada 21 horas de trabajo. Esto es equivalente a 2,28 hombre/día o 0,095 hombre/hora. El pivot utilizado en este cálculo requiere un total de 696 horas para realizar el riego de 40 hectáreas. Asumiendo un costo de personal igual a G/hora 10.000, se tiene un total de G 6.960.000, igual a G/ha 174.000, que dividido por la lámina aplicada se obtiene G/mm 1.500 equivalente a USD/mm 0,33.

En el siguiente cuadro se resumen los costos variables

Cuadro N° 2: Costo variable	
Costo	Valor
Energía eléctrica	15,53 USD/mm
Mantenimiento, reparación y repuestos	4,66 USD/mm
Personal	0,33 USD/mm
Total	20,52

Costo Total

El costo total en las condiciones indicadas alcanza USD/mm 32,23, que multiplicado por los 116 mm de lámina aplicada equivale a USD 3.768, para una superficie de 40 hectáreas, lo que da USD/ha 93,47

Cuadro N° 3: Costo Total	
Costos	Valor
Costo Fijo Total	30,78USD/mm
Costo Variable Total	20,52USD/mm
Costo Total	51,30 USD/mm

---

<sup>5</sup> <http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php#>

Financiamiento

a) Situación sin financiamiento

El costo de aplicar riego complementario a una superficie de 40 hectáreas de soja a través de una lámina bruta de 116 mm tuvo un costo total igual a USD 5.950,80, igual a USD/ha 148,77. Usando los precios promedios de la zafra 2011/2012 para soja (450 USD/t) y el maíz 2012 (200 USD/t), se construye el siguiente cuadro con los beneficios netos después de regar. Esta es una situación sin financiamiento.

Cuadro N° 4. Ingreso bruto por incremento de rendimiento en parcelas regadas. Santa Rita, CDD, 2011/2012.

MAIZ			SOJA		
Variedades	Beneficio*		Variedades	Beneficio*	
	USD/ha	(USD/ha)		USD/ha	(USD/ha)
DK 922	442	293	NIDERA		
			4903RG	582.75	434
2 B 587	618.2	469	DM 5.9 i	348.75	200
			DM 6.2 i	248.85	100
30 K 73	391	242	NM 70 RR	342.45	194
DK 390	943.8	795	BMX		
			POTENCIA	438.75	290
GV 312	519.4	371			

\*Beneficio después de riego

b) Financiamiento

Las estimaciones que se presentan en este informe se basan en informaciones recolectadas de:

a) Bancos locales. Se confeccionó un listado de los bancos con mayor cartera de crédito agrícola y pecuario al 31-12-2011, extraídas de la página del Banco Central del Paraguay.

Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementario en Cultivos Extensivos Comerciales

Cuadro N° 5: Crédito bruto por sector agrícola y ganadero (% de la cartera total de la entidad)			
BANCOS	Agricultura	Ganadería	Total
Banco Regional S.A.E.C.A	37.75%	12.84%	50.58%
Banco Nacional de Fomento	28.01%	19.26%	47.27%
Banco Itapúa S.A.E.C.A.	27.81%	3.93%	31.74%
Banco Do Brasil S.A.	26.43%	0.93%	27.35%
Banco Itaú Paraguay S.A.	24.24%	10.58%	34.82%
Banco Sudameris S.A.E.C.A.	22.74%	17.70%	40.43%
Banco Bilbao Viscaya Argentaria Paraguay S.A.	20.46%	15.25%	35.71%
SISTEMA	21.50%	11.48%	32.97%

Con cada uno de estos bancos se contactó a efectos de recabar información sobre dos preguntas concretas. Asumiendo que se tiene el cliente ideal

a) Tiene el banco una línea de crédito de USD 1.000.000 para inversión en el sector agrícola, a un plazo no menor a tres años?

En caso de respuesta positiva

b) ¿Cuál es la tasa de interés para un crédito de USD 1.000.000 destinado a la compra e instalación de un equipo de riego tipo pivot móvil para cultivo de soja principalmente?;

c) ¿Cuál es el plazo máximo de devolución del crédito y los periodos de pago (anual, semestral, etc.)?

Con la excepción del Banco Nacional de Fomento, que por ley no puede otorgar créditos superiores a USD 500.000, los demás bancos dieron una respuesta positiva a la pregunta a, y diversas a las otras dos.

El crédito más ventajoso de los consultados tenía las siguientes condiciones:

a) Plazo hasta 7 años inclusive

b) 10% de interés anual

c) Cuotas semestrales

d) Hasta 80% del valor de la tasación del inmueble.

Con estos datos se construye el siguiente cuadro de amortización de la deuda, que implica una cuota semestral fija de USD 21.971. En el Cuadro 7 se presenta la estimación de la superficie de siembra que permitiría pagar la deuda anualmente bajo las condiciones



Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementario en Cultivos Extensivos Comerciales

utilizadas para los cálculos.

Cuadro N° 6: Financiamiento	
Monto (USD)	135,000
Plazo (años)	5
Cuotas	10
Tasa	5%

Semestres	Capital	Amortización	Interés	Cuota
1	135,000	10,733	6,750	17,483
2	124,267	11,270	6,213	17,483
3	112,997	11,833	5,650	17,483
4	101,164	12,425	5,058	17,483
5	88,739	13,046	4,437	17,483
6	75,693	13,698	3,785	17,483
7	61,994	14,383	3,100	17,483
8	47,611	15,103	2,381	17,483
9	32,508	15,858	1,625	17,483
10	16,651	16,651	833	17,483

Cuadro N° 7: Estimación de la superficie se siembra para amortizar deuda. Santa Rita, CDD, 2011/2012.

MAIZ			SOJA		
Variedades	Beneficio* (USD/ha)	Superficie necesaria (ha)	Variedades	Beneficio* (USD/ha)	Superficie necesaria (ha)
DK 922	293.23	60	NIDERA 4903RG	433.98	40
2 B 587	469.43	37	DM 5.9 i	199.98	87
30 K 73	242.23	72	DM 6.2 i	100.08	175
DK 390	795.03	22	NM 70 RR	193.68	90
GV 312	370.63	47	BMX POTENCIA	289.98	60

\*Beneficio después de riego

### **Referencias bibliográficas**

Carcova, J.; Borrás, L.; Otegui, M.E. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. En: Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Satorre, E. y col. (Eds.) Facultad de Agronomía. UBA. Pág. 135-157.

Farias, J.R.; Assad, E.D.; De Almeida, I.R.; Evangelista, B.A.; Lazzarotto, C.; Neumaier, N.; Nepomuceno, A.L. 2001. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421

Mundstock, C.M.; Da silva, P.R. 2005. Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal de Rio Grande do sul. 50p.

Otegui, M.E.; Andrade, F.H. y Suero, E.E. 1995. Growth, water use, and kernel absorption of maize subjected to drought at silking. Field Crops Research 40:87-94.

Payero, J.O.; Tarkalson, D.D.; Irmak, S.; Davison, D. y Petersen, J.L. 2008. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. Agric. Water Management 95:895-908.

Rodríguez, H.; De Battista, J.; Dardanelli, J.; Pessolani, B.; Castellá, M.; Chaix, X. 2011. Efecto del riego en soja y maíz en un vertisol de Entre Ríos. 2. Crecimiento, rendimiento y sus componentes. Concepción del Uruguay: INTA. 8 p.

Salinas, A.; Martellotto, E.; Giubergia, J.P.; Álvarez, C.; Lovera, E. 2008. Soja: Evaluación de Cultivares con Riego Suplementario (en línea). Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/salinas/Soja%20-%20Evaluacion%20Cultivares%20Riego%20Suplementario%202008.asp>

Anexos

ANEXO I: Inversión en sistema de riego: Pivot trasladable marca Reinke (16-febrero-2012)

Ítem	Unidad	Costo
Supuestos y características		
Dimensión de la maquina	Metro	255
Superficie cubierta	Hectárea	20
Cantidad de círculos	Unidad	2
Superficie bajo riego		41
Caudal ofrecido	(m3/hora)	150
Oferta hídrica por posición	(mm/día)	18
Oferta hídrica por dos posiciones simultaneas	(mm/día)	8
Costos		
Motobomba 50 HP (bomba, motor, tablero y accesorios)	USD	25,400
Conducción de agua (tuberías e instalación): 786 m PVC 200-60 PN	USD	22,300
Accesorios	USD	5,730
Conducción eléctrica-cables	USD	3,500
Bases de fijación y montaje de bomba	USD	5,360
Maquina de riego ( Pivot x 255 m trasladable-círculos 20 ha)	USD	72,400
Total	USD	134,690
Superficie circulo (41 hectáreas)	USD/ha	3,298
Total	USD	34,690