



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

Trabajo final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

**Productividad del Girasol (*Helianthus annus L.*) bajo
diferentes profundidades de napa freática en la región
de Del Campillo**

Alumno: Fernando Sainz

DNI: 27.424.349

Director: Ing. Agr. Msc. José Manuel Cisneros

Codirector: Dr. Américo José Degioanni

Río Cuarto-Córdoba

Febrero 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Productividad del Girasol (*Helianthus annus L.*)
bajo diferentes profundidades de napa freática en la región de Del Campillo

Autor: Fernando Sainz

DNI: 27.424.349

Director: Ing. Agr. M.Sc José Manuel Cisneros

Co-Director: Dr. Américo José Degioanni

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

*Por su colaboración, la paciencia, la comprensión
y el esfuerzo desinteresado, estoy felizmente agradecido*

a mis padres, Alicia y Ricardo

a mis hermanos Manuel e Ignacio

a María Elena

a mi director, Ing. Agr. Jose M. Cisneros

a mis compañeros

*...y a la facultad de Agronomía y Veterinaria de
la Universidad Nacional de Río Cuarto.*

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	6
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	8
OBJETIVOS.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
MATERIALES Y METODOS.....	10
Área de Estudio.....	10
Variables experimentales.....	11
Manejo del cultivo.....	12
Observaciones y mediciones.....	12
Suelo.....	12
Datos meteorológicos.....	13
Agua subterránea.....	13
Cultivo.....	13
Criterios de interpretación de resultados.....	13
RESULTADOS.....	15
Clima General del área.....	15
Precipitaciones.....	15
Radiación solar global durante el ciclo del cultivo.....	16
Temperatura del aire media, máxima y mínima.....	17
Caracterización morfológica del suelo.....	18
Conductividad eléctrica del extracto saturado.....	20
Datos meteorológicos.....	23
Oscilación del nivel freático.....	25
Cultivo.....	32

Densidad de plantas.....	32
Índice de Área Foliar.....	33
Rendimiento.....	34
DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1a: Área cultivada y rendimiento (Tn/ha) del girasol en Argentina.....	4
Tabla 1b: Superficie sembrada y rendimiento promedio de girasol en el año 2009 para el departamento Gral. Roca.....	4
Tabla 2: Labores y tratamientos efectuados en el ensayo de girasol en Del Campillo.....	12
Tabla 3: Datos analíticos del perfil típico de la serie El Yará.....	19
Tabla 4: Comparación de precipitaciones durante el ciclo del cultivo y el promedio de la serie 1996-2005.....	24
Tabla 5: Profundidad del nivel freático (m).....	25
Tabla N° 6: Balance Hídrico mensual.....	28
Tabla 7: Parámetros utilizados para el cálculo del balance hídrico.....	31
Tabla 8: Rendimiento del cultivo de girasol y diferencias respecto al máximo registrado.....	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variación de los precios de girasol durante el ciclo 2003-2007.....	5
Figura 2: Ubicación del Establecimiento en la Provincia de Córdoba.....	10
Figura 3: Imagen del establecimiento “El Toro” y ubicación de las parcelas de ensayo.	11
Figura 4: Precipitaciones normales mensuales (Período 1901-2006).....	15
Figura 5: Promedio anual de precipitaciones por decenio (Período 1901-2006).....	16
Figura 6: Radiación solar global durante el ciclo del cultivo.....	17
Figura 7: Temperaturas máximas y mínimas diarias durante el ciclo del cultivo.....	17
Figura 8: Temperaturas medias diarias del aire y del suelo durante el ciclo.....	18
Figura 9: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo del Bajo (NF medio : 1,53 m).....	20
Figura 10: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo de la Ladera Baja (NF medio: 2,26m).....	21
Figura 11: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo de la Ladera Alta (NF medio: 3,25 m).....	21
Figura 12: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo de la Loma (NF > 4 m).....	22
Figura 13: Precipitaciones diarias y acumulada durante el ciclo del cultivo (2005-2006).....	23
Figura 14: Precipitaciones durante el ciclo del cultivo y el promedio de los últimos 10 años próximos al ciclo (1996-2005).....	24
Figura 15: Oscilación del Nivel Freático durante el período de medición.....	26
Figura 16: Oscilación del Nivel Freático con frecuencia de muestreo quincenal vs. precipitaciones ocurridas en el periodo de medición de napas.....	27
Figura 17: Niveles Freáticos observados y simulados por el modelo de Cisneros (1994), de paso quincenal, con el balance hídrico de cada período, en la situación de Bajo.....	28
Figura 18: Niveles Freáticos observados y simulados por el modelo de Cisneros (1994), de paso quincenal, con el balance hídrico de cada período, en la situación de Ladera baja.....	29
Figura 19: Niveles Freáticos observados y simulados por el modelo de Cisneros (1994), de paso quincenal, con el balance hídrico de cada período, en la situación de Ladera alta.....	29
Figura 20: Número de plantas por hectárea a cosecha. Letras distintas indican diferencias significativas al 1 %.....	32
Figura 21: Índice de Área Foliar en tres fases fenológicas del cultivo, con situaciones de niveles freáticos distintas. Letras distintas indican diferencias significativas.....	34

Figura 22: Rendimiento del cultivo en las cuatro situaciones de Nivel Freático.....	35
Figura 23: Relación entre el rendimiento del cultivo y la profundidad media de la freática.....	36
Figura 24: Relación: Nivel freático-Rendimiento de girasol.....	37

RESUMEN

Los suelos del departamento General Roca, ubicado al sur de Córdoba, han sufrido en los últimos 10 años importantes cambios que condujeron a que una zona de aptitud y cultura ganadera pasara a ser preponderantemente agrícola. Este cambio surgió principalmente por dos motivos, por un lado la necesidad de aumentar la rentabilidad de los campos y por otro lado el cambio en el manejo y en la tecnología disponible lo que permitió incrementar los rendimientos de granos, como consecuencia de un mejor aprovechamiento del recurso más limitante en la producción agrícola regional, el agua.

Este trabajo pretende evaluar la existencia de una fuente de agua útil proveniente de la napa freática, sus profundidades críticas y aprovechables, la oscilación en el tiempo, la salinidad y su relación con el rendimiento del cultivo de girasol y otras variables medidas a lo largo de su ciclo en un suelo de Del Campillo, Córdoba, en la campaña agrícola 2005-2006. Se recabaron datos climáticos (precipitaciones, temperaturas, radiación y evapotranspiración potencial) que permitieron establecer vínculos con las variables de cultivo y napa. Se utilizó un modelo de simulación de niveles freáticos para comparar con los datos medidos a campo. Los ensayos de suelos con napa fluctuando entre 1,4 y 2,5 m tuvieron rendimientos significativamente superiores a aquellos con la napa a mas de 3,3 m, registrándose diferencias máximas del orden de 2000 Kg/Ha. Otras variables del cultivo como el Índice de Área Foliar y la densidad de plantas tuvieron un comportamiento similar por lo que podemos aseverar que hubo una fuente de agua extra a las precipitaciones ocurridas.

La salinidad de la napa no superó los 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que se considera una muy buena fuente de agua útil para el cultivo. No se encontraron profundidades de napas críticas, la profundidad mínima de napa registrada fue de 139 cm.

SUMMARY

Soils of the Sandy Pampas in the south of the Cordoba province, have suffered important changes in use in the last 10 years, from cattle to agricultural land uses. These changes were explained by two principal reasons: a need of increase profits and the changes in soil and crop technology that allowed to increase the profitability of the fields, due to a better water uptake.

The aim of this work is to evaluate the existence of a useful source of water from the groundwater its critical depth and usable, the oscillation time, salinity and its relation to crop yield of sunflower and other variables measured along its cycle in a representative soil of Sandy Pampas of Cordoba (Del Campillo) for crop year 2005-2006. Climate data (rainfall, temperatures, solar radiation and potential evapotranspiration) were obtained to establish relationship with groundwater oscillation and crop variables. A groundwater depth simulation was used to compare local data of phreatimeters.

Soils with groundwater between 1,4 -2,5 m show significantly greater yields than soils with groundwater below of 3,3 m, with yields differences over 2000 Kg/ha. Other crop variables as leaf area index and plant density had a similar behaviour. For this reason it is possible to conclude that groundwater was a important water source to crop in addition to rainfall.

Groundwater salinity does not exceed 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. For what is considered a very useful source of additional water. There were no critical layers deep as the minimum depth of water table was 139 cm registered.

INTRODUCCION

La productividad de las tierras es un concepto complejo y dinámico que abarca consideraciones climáticas, edáficas, bióticas y de utilización en una determinada etapa histórica. La región central de Argentina en general, y la región sudeste de Córdoba en particular han venido sufriendo cambios importantes tanto desde el punto de vista climático como del uso de los suelos en los últimos años (Viglizzo, *et al.*, 2002, Cisneros *et al.*, 2004).

Los cambios climáticos se caracterizaron por un incremento en las precipitaciones medias anuales que han desplazado la agricultura hacia el Oeste produciéndose, además, una intensificación del uso de las tierras (INTA, 2003a). Ambos fenómenos integrados para el análisis implican la necesidad de profundizar los conocimientos sobre las relaciones hídricas en el sistema napa – suelo – planta, para el cultivo de girasol.

La superficie agrícola destinada al cultivo de girasol en la Argentina sufrió un descenso en los últimos años, debido posiblemente al incremento masivo de la soja en todo el país, relegando al girasol hacia zonas marginales. En la Tabla 1a puede observarse que a fines de los 90 la superficie cultivada con girasol era muy superior a la de los últimos años. Sin embargo los rendimientos Kg/ha se mantienen pese a que los nuevos ambientes destinados a la práctica de este cultivo no son óptimos y en muchos casos no aptos para la agricultura.

Tabla 1a: Área sembrada (ha) y rendimiento (Kg/ha) del girasol en Argentina (Año 1991 a 2005)

Campana	Área Sembrada	Rendimiento
91/92	2.724.375	1.413,00
92/93	2.187.100	1.435,00
93/94	2.205.800	1.902,35
94/95	3.010.440	1.962,95
95/96	3.410.600	1.717,69
96/97	3.119.750	1.812,15
97/98	3.511.400	1.680,94
98/99	4.243.800	1.751,57
99/00	3.587.000	1.745,60
2000/01	1.976.120	1.669,73
2001/02	2.050.365	1.907,56
2002/03	2.378.000	1.597,76
2003/04	1.847.963	1.720,00
2004/05	1.966.599	1.904,00

Fuente: SAGyP

Tabla 1b: Superficie sembrada y rendimiento promedio de girasol en el año 2009 para el departamento Gral. Roca

Culivo	Superficie Sembrada (Has)	Rendimiento Promedio (qq/Ha)
GIRASOL	37050	1920

Fuente: ministerio de agricultura ganadería y alimentos de Cba.

En los cuatro años anteriores a este trabajo las cotizaciones oscilaron alrededor de 450 y 600 pesos por tonelada, con promedios mensuales máximos de \$ 610 en diciembre de 2003 y mínimos de \$ 445 en abril del mismo año. En el 2007 los precios de la oleaginosa aumentaron mes a mes hasta alcanzar picos de 930 pesos por tonelada y un promedio de \$ 888 en el mes de junio (Figura 1). Actualmente el precio del girasol está en el orden de los 750 pesos por Tn.

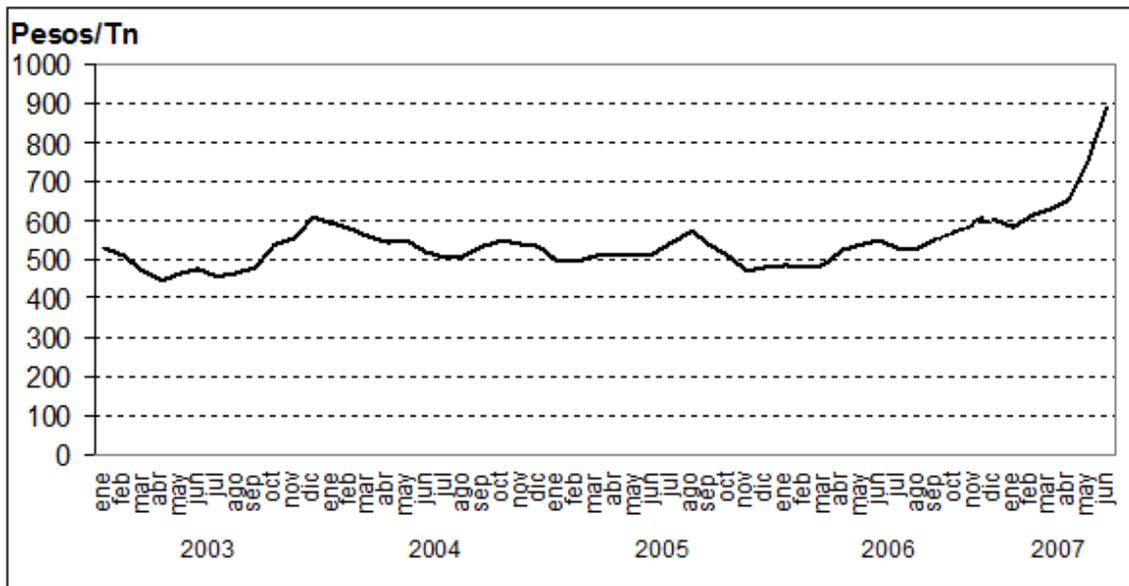


Figura 1: Variación de los precios de girasol durante el ciclo 2003-2007.
Fuente: Bolsa de Cereales de Rosario

ANTECEDENTES

Las precipitaciones históricas en la localidad de Del Campillo, para la serie homogénea (1900-2005), en promedio de 105 años indican un valor normal anual de 693 mm anuales. En las últimas tres décadas esta media no solo ha sido superada sino que, además, durante la década de los 90 en siete años se registraron precipitaciones mayores a 900 mm (Registros pluviométricos de la Estación Meteorológica IPEM 219, Del Campillo y particulares). Esto sumado a las características geomorfológicas, edáficas y topográficas de la región han provocado aumentos en los niveles freáticos ocasionando inundaciones, aporte de sales a la rizósfera y problemas en la implantación, desarrollo y cosecha de los cultivos, con repercusiones socioeconómicas para una población que vive fundamentalmente de la actividad agropecuaria (Cantero *et al.*, 1998, Degioanni *et al.*, 2005).

En cuanto a requerimientos hídricos, el girasol consume importantes cantidades de agua tanto en la época de crecimiento activo como durante la fase de formación y llenado de granos. El consumo de agua es máximo durante el periodo de formación del capítulo, consumiéndose casi la mitad de la cantidad total de agua necesaria para completar el ciclo del cultivo (Vranceanu, 1977).

Por otro lado las freáticas con bajo contenido salino próximas al área explorada por las raíces pueden ser una importante fuente de agua en años secos. Martini y Baigorri, (2003) y Videla Mensegue *et al.* (2006) encontraron respuestas en soja, para diferentes profundidades de napa que oscilaba entre 1 y 2 m de profundidad. No se han reportado efectos para el cultivo de girasol.

Existen evidencias que sugieren que la profundidad máxima alcanzada por el sistema radical del girasol puede exceder a la alcanzada por otros cultivos de granos tales como maní, soja y maíz. Por ejemplo, en suelos Haplustoles se hallaron valores de 1,5; 2,30 y 2,80 m de profundidad para maní, soja y girasol, respectivamente (Trapani *et al.*, 2004). En estos suelos sueltos y sin impedimentos físicos las tasas de extracción tienden a ser superiores en relación a las observadas en estratos como el B textural de los Argiudoles (Trapani *et al.*, 2004).

Ensayos realizados en el INTA Balcarce muestran que los máximos rendimientos de girasol de la Argentina se logran en Hilario Ascasubi (Pcia. de Bs. As.). Rendimientos de 5-6

tn/ha y 55 % de concentración de aceite son producto de un clima caracterizado por escasa lluvia, temperatura moderada, días relativamente largos, claros y secos, suelos arenosos y el suministro de agua asegurado por una napa cercana al metro de profundidad (Trapani *et al.*, 2004).

Estudios indican que un cultivo de girasol no presentó pérdidas en el rendimiento cuando la salinidad se incrementó hasta 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y que superando este valor el rendimiento disminuye un 50 % hasta alcanzar una conductividad eléctrica de 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a partir de este valor las pérdidas se incrementan hasta llegar al desarrollo nulo del cultivo (Richards, 1973). Melgares de Aguilar Cormenzana (2001) describe que el contenido de aceite disminuye a medida que aumenta la salinidad del suelo y que además el girasol no es una planta sensible a variaciones del pH en el suelo ya que tolera suelos con pH que van de 5,8 hasta más de 8.

Las napas son cuerpos subterráneos de agua que circulan en forma lenta respondiendo a gradientes de pendiente, siendo sus variaciones de profundidad en el espacio y el tiempo producto de las características topográficas del sitio y del equilibrio de recargas (ascenso) y descargas (descenso). La principal fuente de recarga es la precipitación, mientras que la descarga se produce principalmente en respuesta a las demandas de evapotranspiración. La profundidad crítica de la napa freática es aquella en la cual el ascenso capilar de las sales disueltas en ella llega a la superficie con una intensidad tal que provoca salinización. Esta profundidad crítica varía para diferentes tipos de suelo y está relacionada íntimamente con su estructura y textura. Para suelos del área pampeana central la profundidad crítica de la napa se encuentra entre 100 y 130 cm para suelos areno-francos y francos respectivamente (Cisneros 1994). Para las condiciones de los suelos del sudeste de Córdoba se han reportado profundidades críticas entre 1 y 1,5 m, para diferentes texturas (Cisneros *et al.*, 1999).

Trabajos realizados en la región semiárida pampeana durante cinco años (2001-2005) sobre dos secuencias de cultivo, agrícola y mixto, muestran que la Eficiencia en el Uso del Agua promedio (EUA) del girasol, expresada como Kg de granos/mm de agua evapotranspirado, es de 4,9 kg/mm y 4,4 kg/mm para las secuencias agrícola y mixto respectivamente (Venanzi *et al.*, 2006).

HIPÓTESIS DEL TRABAJO

- 1 El aporte capilar de agua proveniente de la napa freática aumenta la productividad del cultivo de girasol, en cierto rango de oscilación de la misma y de acuerdo a su contenido salino.
- 2 A un cierto nivel de oscilación del nivel freático el cultivo de girasol es inviable porque se superan sus rangos de tolerancia a salinidad y anoxia.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar la relación entre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de girasol y el rango de variación de la profundidad y salinidad del manto freático.

Objetivos específicos:

- 1 Determinar el ritmo de oscilación del nivel freático en relación con las variables climáticas.
- 2 Evaluar los estadios fenológicos y rendimiento del cultivo de girasol en suelos con diferente profundidad a la superficie freática.
- 3 Medir la salinidad del suelo, del manto freático y convenir su relación con el desarrollo del cultivo.
- 4 Establecer la profundidad crítica de la freática para los suelos analizados.
- 5 Elaborar recomendaciones de manejo de las tierras con napa somera para el cultivo de girasol.

MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio

El trabajo se realizó en la zona rural de la localidad de Del Campillo en un establecimiento ubicado en 34° 14' S y 64° 22' W y 220 m sobre el nivel del mar. En la Figura 2 se observa la ubicación de la zona donde se realizó el ensayo, mientras que la Figura 3 muestra una imagen del campo “Est. El Toro” y el lote n° 17, donde se llevó a cabo el estudio.

El ambiente presenta un relieve llano a muy suavemente ondulado con pendientes generales menores al 1 % y suelos similares a Haplustoles énticos. Se seleccionó una toposecuencia con diferentes unidades de paisaje simple representativas de condiciones contrastantes de profundidad del nivel freático.

La cartografía de suelos disponible en la región sur de Córdoba es variable en escala. Las hojas en escala 1:50.000 publicadas para la región llegan desde el Este hasta la localidad de Bouchardo (INTA, 2003 b), mientras que más hacia el Oeste la cartografía está disponible en escala 1:100.000 a 1:500.000 en el Atlas de Suelo de la República Argentina (INTA 1999) y en Los suelos de Córdoba (Gorgas y Tassile, 2003).



Figura 2: Ubicación del Establecimiento en la Provincia de Córdoba.



Figura 3: Imagen del establecimiento “El Toro” y ubicación de las parcelas de ensayo.

Variables experimentales

En una toposecuencia del predio se definió un diseño experimental de parcelas apareadas con cuatro tratamientos representados por la oscilación de la napa freática (NF). Los niveles de oscilación de la freática representan los tratamientos y son:

- 1 Loma: NF a mas de 4 m
- 2 Ladera alta: NF entre 3 y 4 m
- 3 Ladera baja: NF entre 2 y 3 m
- 4 Bajo: NF menos de 2 m

Sobre esta toposecuencia se sembró el 2 de noviembre de 2005 el cultivo de girasol, híbrido Agrobrel 975, con sistema de siembra directa a una distancia entre hileras de 70 cm y una densidad de siembra de 55.000 semillas/ha.

En cada posición de la toposecuencia se instaló un pozo de observación del nivel freático (freatímetro) para el seguimiento de la profundidad de la napa que se realizó en forma quincenal.

Manejo del cultivo

En la Tabla 2 se describe la secuencia de labores y tratamientos realizados en el cultivo.

Tabla 2: Labores y tratamientos efectuados en el ensayo de girasol en Del Campillo.

12/9/05	Aflojamiento superficial con Paratil.
27/10/05	Pulverización con Glifosato (2,5 l/ha).
2/11/05	Siembra.
4/11/05	Pulverización con Glifosato (2,5 l/ha) + Acetoclor (1 l/ha) + Authority (0.3 l/ha).
3/12/05	Pulverización con Galant LPU (1,2 l/ha).
11/3/06	Cosecha del cultivo

Observaciones y mediciones

A Suelo:

- Caracterización morfológica, siguiendo las normas de Etchevehere (1976).
- Conductividad eléctrica del extracto saturado (Richards, 1973) en las etapas fenológicas: Siembra, RA.1 (Inicio de antesis), RM.2 (Parte posterior del receptáculo amarilla y brácteas involucradas aún verdes) y para las profundidades siguientes:

NF menor a 2,5 m

Tratamientos en el bajo y ladera
baja.

0 a 5 cm.

5 a 20 cm.

20 a 40 cm

40 a 60 cm.

60 a 80 cm.

80 a 100 cm.

140 a 160 cm.

NF mayor a 2,5 m

Tratamientos en la ladera alta y
loma.

0 a 20 cm.

20 a 40 cm

40 a 60 cm.

60 a 80 cm.

80 a 100 cm.

140 a 160 cm.

B Datos meteorológicos:

En función de la información proporcionada por la estación meteorológica del IPEM N° 219 de Del Campillo, se dispuso de los siguientes datos diarios:

- 1 Precipitación.
- 2 Radiación solar global durante el ciclo del cultivo.
- 3 Temperatura del aire media, máxima y mínima.

C Agua subterránea:

- 1 Oscilación de la profundidad del freático con frecuencia quincenal.
- 2 Determinación de la conductividad eléctrica del agua de la freática utilizando un conductímetro ATI Orion.

La variación del nivel freático se contrastó con modelos de simulación desarrollados por Cisneros *et al.* (1997) y Degioanni *et al.* (2005) para valorar su grado de ajuste a las condiciones de este ensayo.

D Cultivo:

- 1 Densidad de plantas a cosecha.
- 2 Índice de Área Foliar (IAF) mediante el método de la regla para estimar área foliar (Pereyra, 1996) en RE1, RA1, RM2 (Cholaky, 1982) en 20 plantas seleccionadas al azar en cada parcela de ensayo.
- 3 Rendimiento (qq/ha), cosechando 100 plantas por parcela.

Criterios de interpretación de los resultados:

Las variaciones del nivel freático fueron ajustadas a modelos actualmente en uso en la región (Cisneros, 1994) y con los parámetros climáticos precipitación y evapotranspiración potencial (ETP). La ETP fue estimada mediante el método de Thornthwaite (Thornthwaite y Mather, 1948) Los rendimientos y demás variables del cultivo, fueron correlacionados con los niveles freáticos medios y extremos.

La salinidad del suelo fue utilizada para establecer rangos tentativos de tolerancia del cultivo y para determinar los niveles freáticos críticos para estos suelos.

Los datos de rendimiento fueron analizados estadísticamente mediante el programa INFOSTAT (InfoStat, 2002).

RESULTADOS

Clima General del área

1 Precipitaciones

La media anual de precipitaciones históricas desde el año 1901 al 2006 es de 693 mm. El promedio hasta la década del 80 fue de 637 mm y a partir de allí se incrementó a 877 mm, la precipitación mas baja se registró en el año 1929 con 271 mm, mientras que el valor mas alto fue de 1305 mm en el año 2004, determinando una amplitud de 1034 mm y un desvío estándar de 219,4 mm. En la Figura 4 se indican las precipitaciones normales mensuales del período 1901-2006.

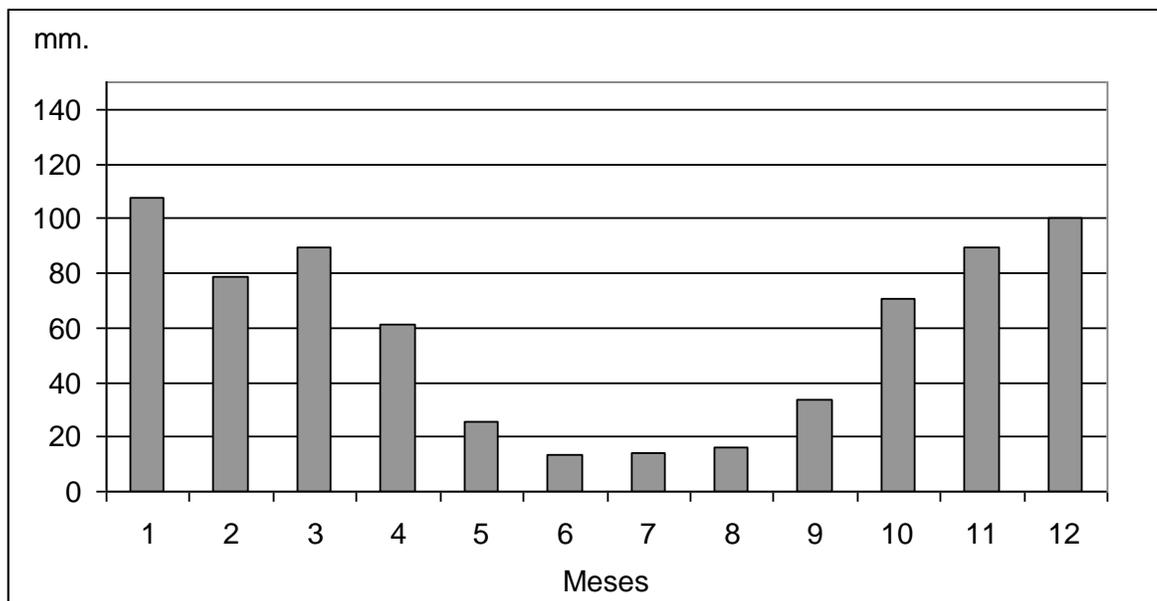


Figura 4: Precipitaciones normales mensuales durante el período 1901-2006 (mm).

La Figura 5 describe el promedio anual de precipitaciones por década, observándose un incremento de las precipitaciones en los últimos años. Este aumento es el principal responsable del ascenso de las napas en la región sur de la provincia de Córdoba y, junto a otros factores fundamentalmente de origen antrópico como la deforestación y la agriculturización de zonas no aptas, han conducido a las inundaciones que tantos inconvenientes causaron en la región.

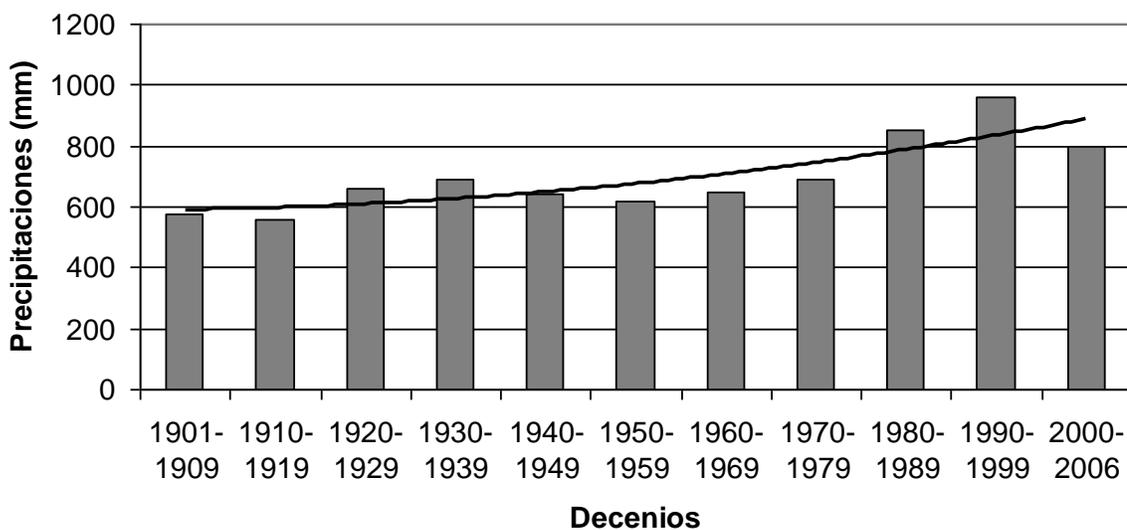


Figura 5: Promedio anual de precipitaciones por decenio (Período 1901-2006).

2 Radiación solar global durante el ciclo del cultivo.

La eficiencia en el uso de la radiación (EUR), entendiendo a esta como la relación entre la biomasa producida y la cantidad de radiación interceptada durante el ciclo del cultivo o una parte del mismo, varía durante las fases de desarrollo del girasol como consecuencia de las variaciones en las tasas de fotosíntesis y respiración que ocurren a lo largo del ciclo, tiene valores máximos en antesis y decae durante el establecimiento del cultivo y post antesis. Las caídas en EUR debidas a estrés hídrico o por deficiencia de nitrógeno son menores y posteriores a las producidas por reducción de expansión foliar (Trápani, *et al*, 2004)

En la Figura 6 se observa la radiación solar global diaria que incidió sobre el cultivo desde su siembra hasta su cosecha.

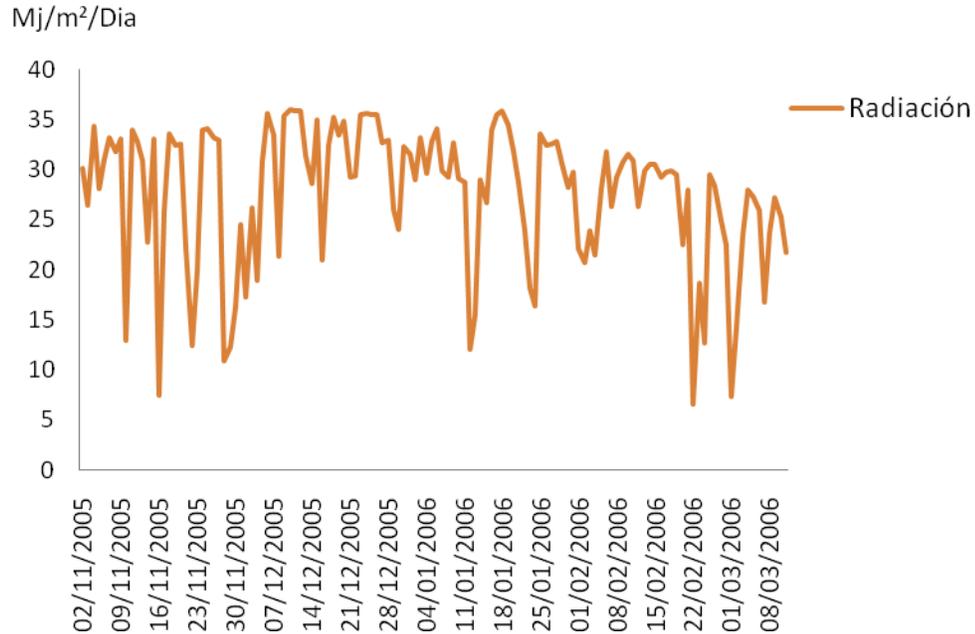


Figura 6: Radiación solar global durante el ciclo del cultivo.

3 Temperatura del aire media, máxima y mínima.

La temperatura media durante todo el ciclo del cultivo fue de 21,6 °C, registrándose la máxima temperatura el 7 de enero con 43,4 °C y la más baja el 5 de noviembre con -0,4 °C. La temperatura media del mes más cálido (enero) fue de 24,6°C y la del mes más frío (noviembre) de 19°C

En la Figura 7 se presentan las temperaturas máximas y mínimas diarias durante el ciclo del cultivo y la ocurrencia de algunas fenofases.

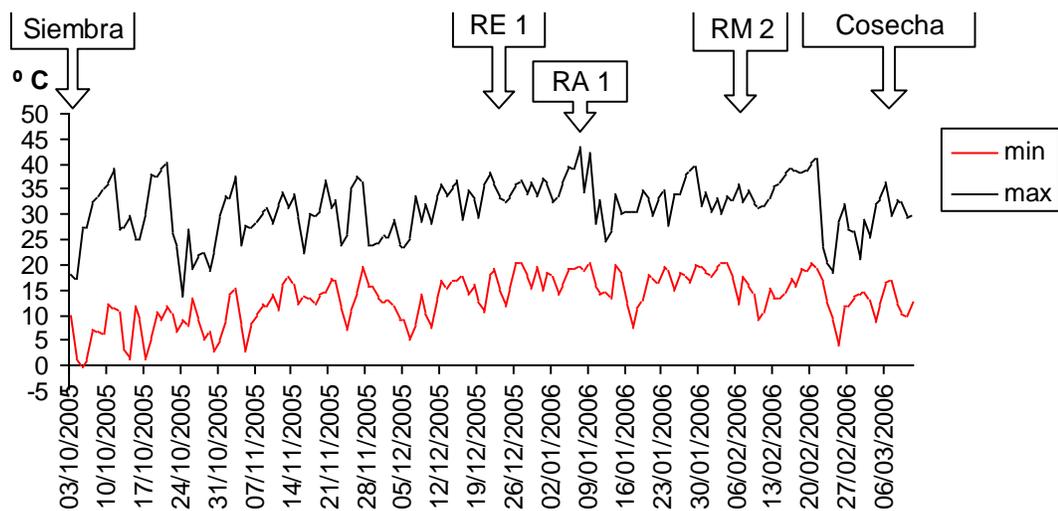


Figura 7: Temperaturas máximas y mínimas diarias durante el ciclo del cultivo.

La temperatura promedio del suelo, a una profundidad de 5 cm, fue de 15,4 °C durante el ciclo. En la primera semana post siembra la media fue de 9,9 °C, con un mínimo y un máximo de 7,8 y 12,5 °C respectivamente. Teniendo en cuenta que si bien la temperatura óptima para la germinación es de 26 °C, las semillas de girasol germinan con máximas de 40 °C y mínimas en el rango de 3-6 °C (Trápani *et al*, 2004) por lo que se supone que no hubo inconvenientes con este factor durante el intervalo Siembra-Emergencia.

En la Figura 8 se observan las temperaturas medias diarias del aire y del suelo en algunas fenofases del cultivo.

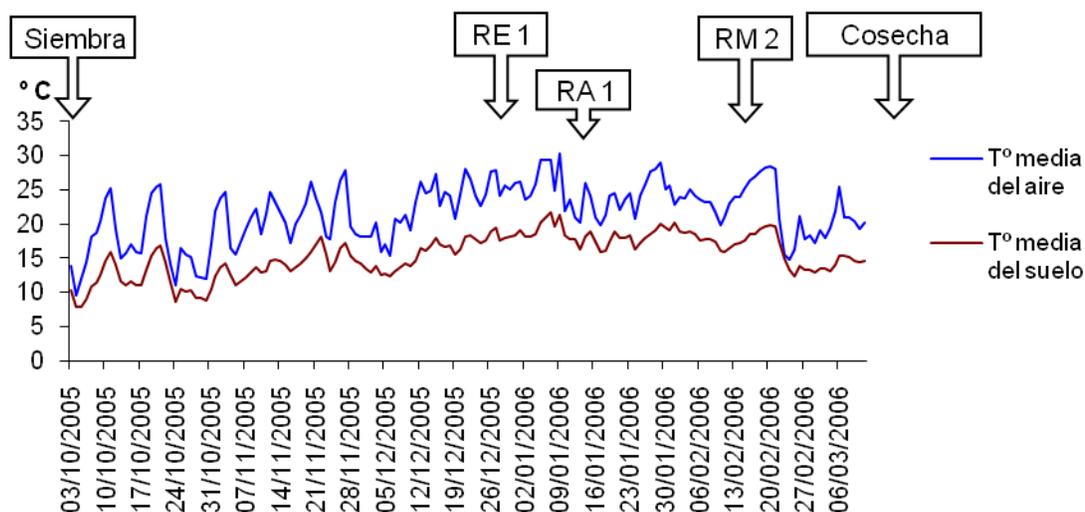


Figura 8: Temperaturas medias diarias del aire y del suelo durante el ciclo (°C).

Caracterización morfológica del suelo

El suelo analizado corresponde a la serie El Yará (INTA, 2003c), es de color pardo grisáceo oscuro, algo excesivamente drenado desarrollado sobre materiales arenosos finos y se encuentra vinculado a lomas arenosas ligeramente onduladas, con pendientes que no superan el 1%. Son suelos aptos para agricultura, aunque su uso se encuentra muy limitado por el clima, la baja retención de humedad y la susceptibilidad a erosión eólica.

Taxonómicamente es un Haplustol éntico de textura general franca gruesa con la siguiente secuencia de horizontes:

A1: 0-18 cm, Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques subangulares débiles; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; límite inferior claro, suave.

AC: 18-43 cm, Color pardo oscuro en húmedo; areno franco; estructura masiva a bloques muy débiles; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; límite inferior gradual, suave.

C: 43 cm a más, Color pardo amarillento oscuro en húmedo; areno franco; masivo a grano simple; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo.

Los datos analíticos del perfil típico fueron extraídos del texto Los Suelos de Córdoba, (INTA, 2003 c) y se detallan en la tabla 3:

Tabla 3: Datos analíticos del perfil típico de la serie El Yarará (INTA 2003c)

Perfil	A1	AC	C	
Profundidad de la muestra (cm)	0-18	18-43	43 a +	
Materia orgánica (%)	1,59	1,02		
Carbono orgánico (%)	0,93	0,59		
Nitrógeno total (%)	0,111	0,068		
Relación C/N	8,4	8,7		
Arcilla (<2 μ) (%)	9	7,3	6,9	
Limo (2-50 μ) (%)	17,2	15	13	
Arena muy fina (50-100 μ) (%)	47,3	52,2	55,3	
Arena fina (100-250 μ) (%)	24,6	24,3	23,1	
Arena media (250- 500 μ) (%)	1,4	0,8	0,7	
CaCO ₃ (%)	0	0	0	
Equivalente de humedad (%)	11,3	9,8	8,3	
pH en pasta	5,3	5,9	7	
pH en H ₂ O (1:2,5)	5,6	6,3	7,1	
Cationes de cambio (meq/100g)	Ca ⁺⁺	6,9	5,5	5,1
	Mg ⁺⁺	0,4	0,5	0,5
	Na ⁺	0,2	0,2	0,2
	K ⁺	1,6	1,6	1
Valor S. Suma de bases (meq/100g)	9,1	7,8	7,1	
Valor T. CIC (meq/100g)	11	8,8	7,5	
Saturación con bases S/T (%)	83	89	95	

Conductividad eléctrica del extracto saturado

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se presentan las salinidades de los extractos saturados a distintas profundidades de suelo, en tres etapas fenológicas del cultivo y con el nivel freático fluctuando a menos de 2,5 m para el Bajo, Ladera Baja y mas de 2.5 m para Ladera Alta y Loma respectivamente.

Nivel Freático fluctuando a menos de 2,5 m:

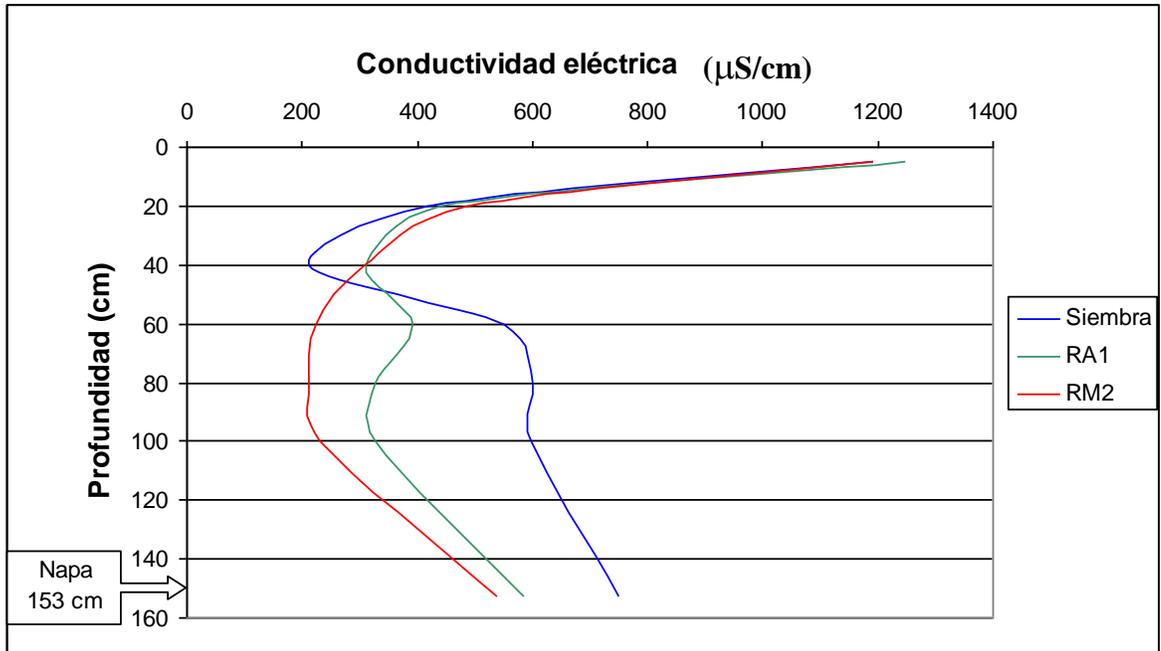


Figura 9: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo del Bajo (NF medio : 1,53 m)

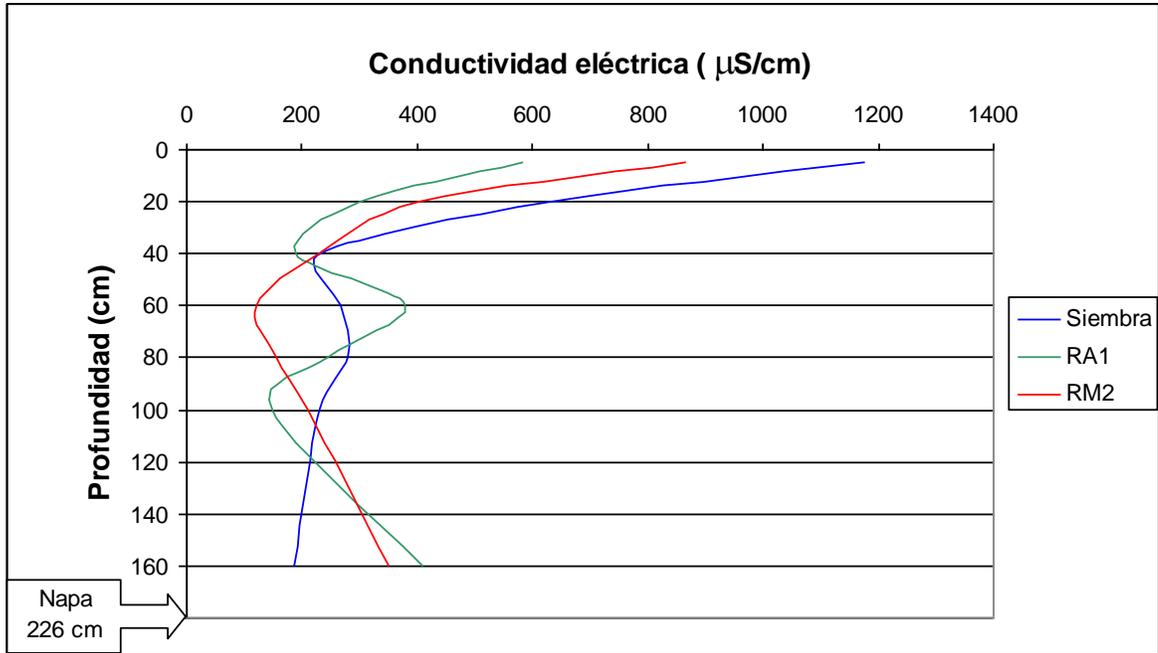


Figura 10: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo de la Ladera Baja (NF medio: 2,26m)

Nivel Freático fluctuando a más de 2.5 m:

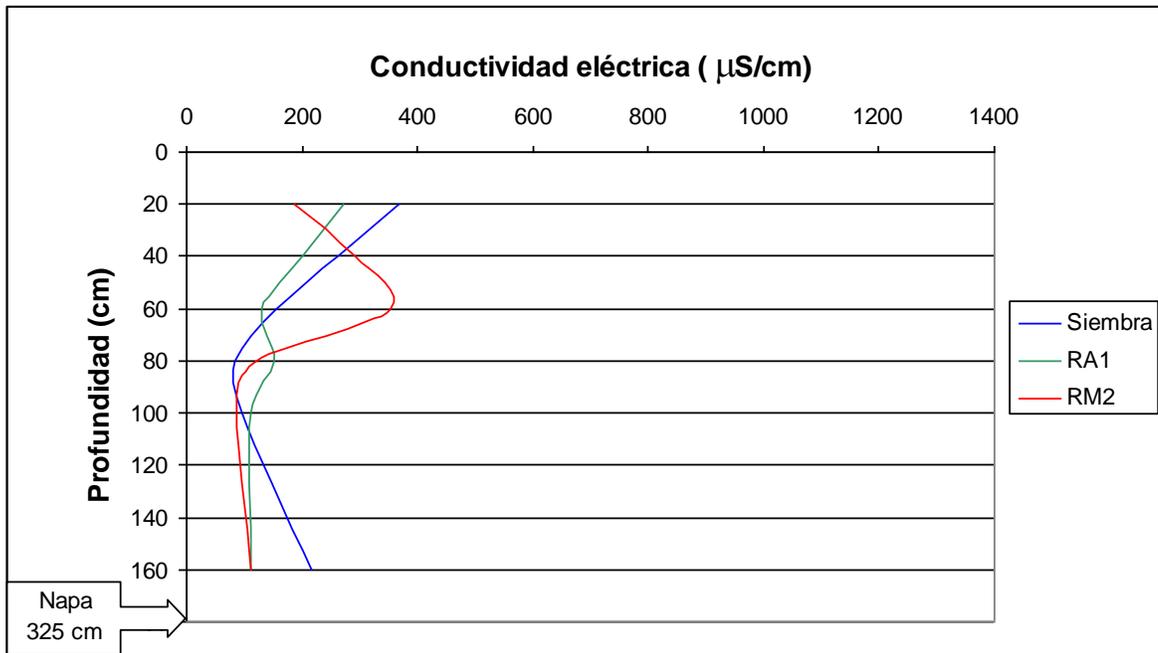


Figura 11: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo de la Ladera Alta (NF medio: 3,25 m)

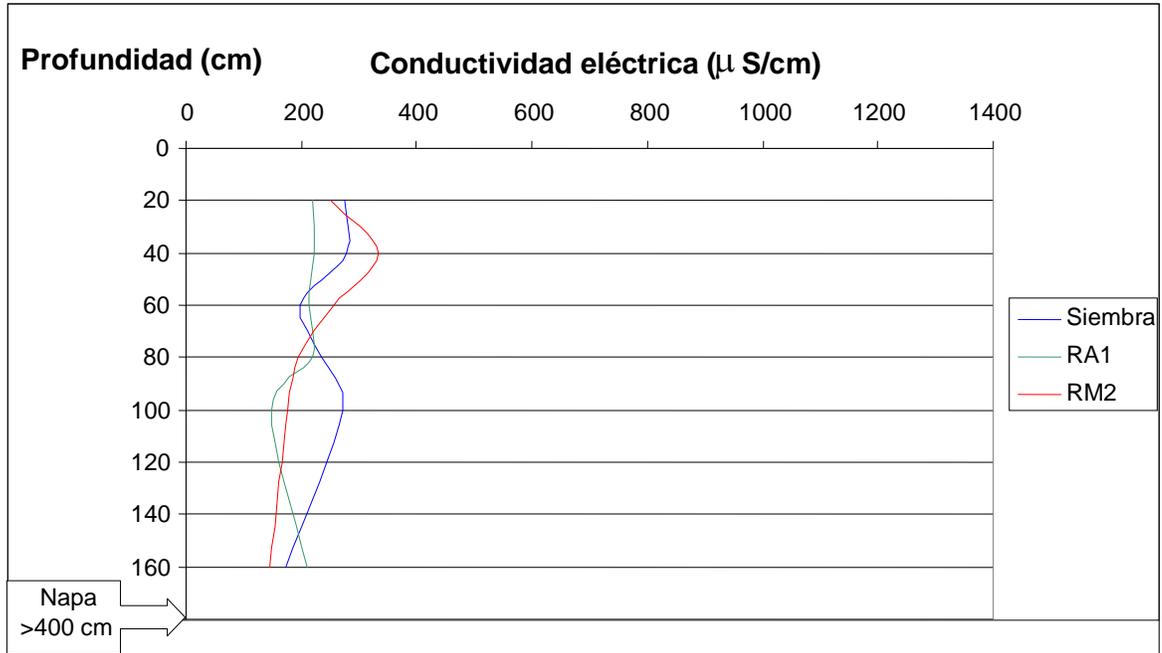


Figura 12: Conductividad eléctrica del extracto saturado en distintas profundidades de suelo de la Loma (NF > 4 m)

Se considera al girasol como un cultivo medianamente tolerante a condiciones de salinidad y no debería haber presentado limitaciones en su desarrollo normal ocasionados por un estrés de este tipo, ya que ninguna de las muestras de extracto de pasta saturado tuvo una conductividad eléctrica superior a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la salinidad de la napa no supero los 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores muy alejados de los límites de tolerancia salina para el girasol. (Figuras 9, 10, 11 y 12).

En los dos primeros casos (Figura 9 y 10) hubo una tendencia a la mayor concentración de sales en la superficie, que aún siendo poco significativa, indica que en algún momento el aumento de la napa freática puede haber provocado un ascenso capilar de sales disueltas. En la situación de la ladera baja la napa está muy por debajo de las profundidades críticas establecidas en antecedentes relacionados (100 cm para suelos areno francos), por lo que la incipiente salinidad podría adjudicarse al depósito de sales provenientes de la escorrentía de los sectores mas elevados del relieve.

Datos meteorológicos

Precipitaciones durante el ciclo del cultivo:

En la Figura 13 se observan las precipitaciones diarias ocurridas durante el ciclo del cultivo, la línea gris representa las precipitaciones acumuladas durante el ciclo.

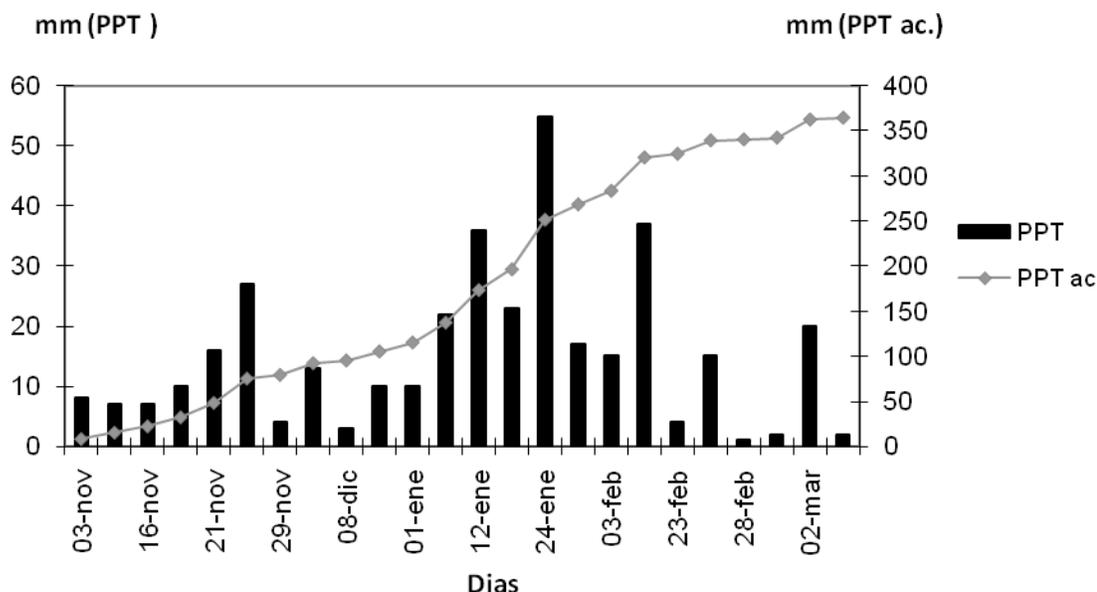


Figura 13: Precipitaciones diarias y acumulada durante el ciclo del cultivo (2005-2006).

Las precipitaciones ocurridas en el último trimestre del año 2005 y el primer trimestre del 2006 fueron escasas para el desarrollo normal de la mayoría de los cultivos estivales de la región. Las precipitaciones en el 2005 fueron de 675 mm de los cuales 345 ocurrieron en enero mientras que durante el año 2006, 327 de los 702 mm anuales se registraron durante el primer trimestre, mejorando el aporte a los cultivos.

Durante el desarrollo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha, se registraron 364 mm, correspondiendo al mes de enero la mayor pluviometría con 146 mm, coincidiendo con el período crítico del cultivo.

En la década anterior al ciclo 2005-2006, si consideráramos solo las precipitaciones ocurridas entre el 2 de noviembre y el 11 de marzo (período en el cual se desarrolló el cultivo) arrojaría un promedio de 527 mm (Tabla 4 y Figura 14)

En la Tabla 4 y en la Figura 14 se describe la comparación de precipitaciones durante el ciclo del cultivo (período comprendido entre el 2/11/2005 y 11/3/2006) y el promedio para el mismo período en la década anterior (1996-2005).

Tabla 4: Comparación de precipitaciones durante el ciclo del cultivo y el promedio de la serie 1996-2005

	Nov	Dic	Ene	Feb	11-Mar	Total
Ciclo 2005-2006	79	26	146	89	24	364
Ciclo promedio (1996-2005)	115	122,4	144,8	87,9	57,1	527
Desvío	-36	-96	1	1	-33	-163

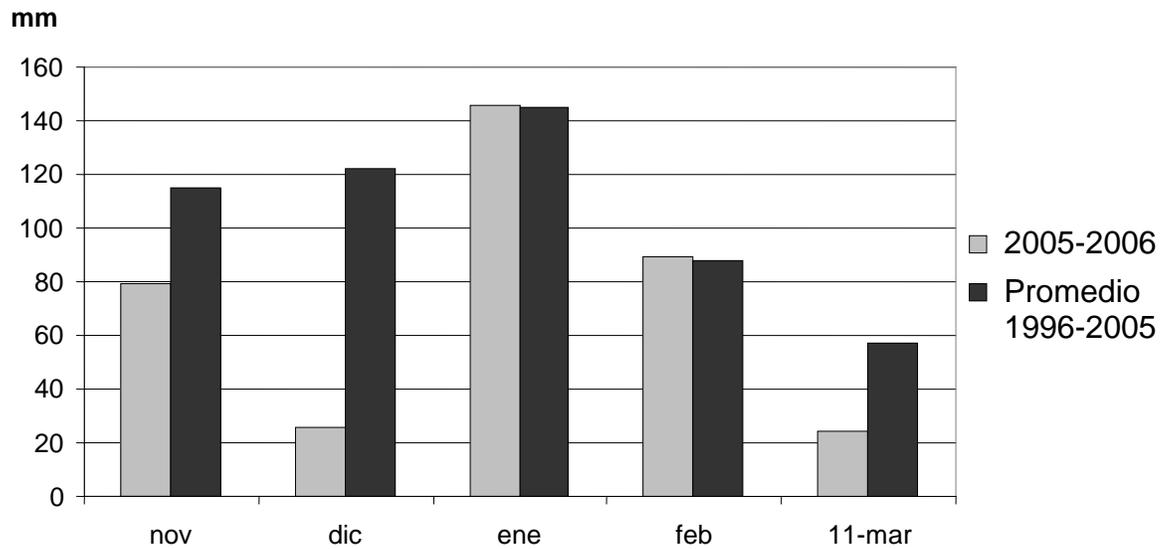


Figura 14: Precipitaciones durante el ciclo del cultivo y el promedio de los últimos 10 años próximos al ciclo (1996-2005).

Oscilación del nivel freático

En la Tabla 5 y Figura 15 se indica la oscilación del nivel freático con frecuencia de muestreo quincenal para las 4 variables de nivel freático: bajo, ladera baja, ladera alta y loma.

Tabla 5: Profundidad del nivel freático (m)

Día	Bajo	Ladera baja	Ladera alta	Loma
12/09/05	1,5	2,2	3,2	>4
27/09/05	1,39	2,1	3,2	>4
12/10/05	1,48	2,22	3,2	>4
27/10/05	1,55	2,3	3,28	>4
11/11/05	1,57	2,35	3,31	>4
26/11/05	1,52	2,27	3,25	>4
11/12/05	1,55	2,29	3,26	>4
26/12/05	1,62	2,33	3,28	>4
11/01/06	1,62	2,35	3,3	>4
26/01/06	1,55	2,3	3,28	>4
09/02/06	1,53	2,27	3,27	>4
25/02/06	1,5	2,25	3,25	>4
11/03/06	1,5	2,23	3,24	>4
Media	1,53	2,26	3,25	>4
Profundidad mínima	1,39	2,1	3,2	
Profundidad máxima	1,62	2,35	3,31	

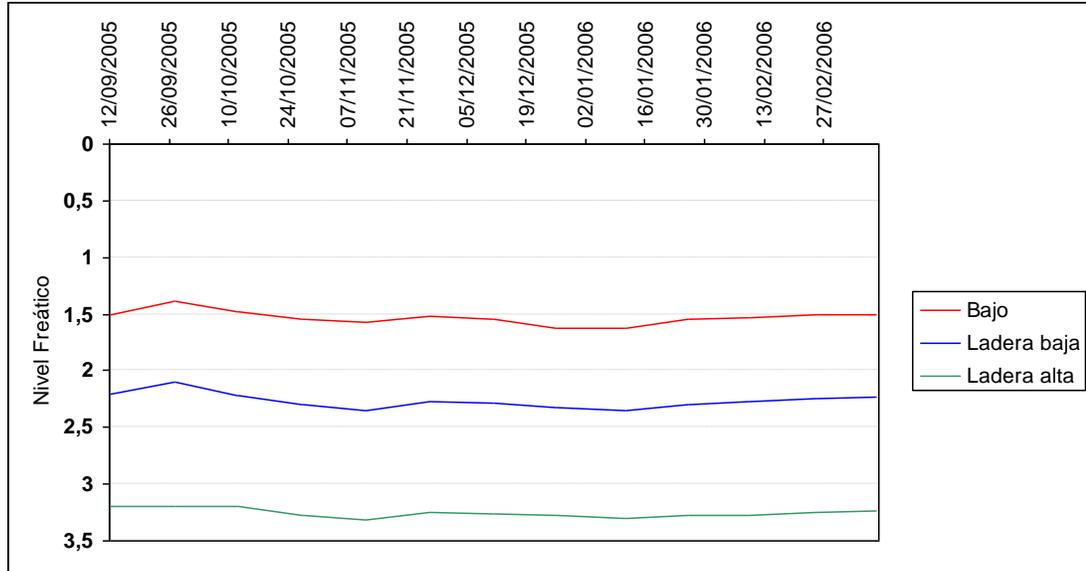


Figura 15: Oscilación del Nivel Freático durante el período de medición.

Debido a que en la loma la napa freática estuvo siempre por debajo de los 4 metros de profundidad se considera que no tuvo influencia alguna sobre el desarrollo del cultivo, por ello su oscilación no fue registrada.

Relación entre Nivel Freático y variables climáticas:

La Figura 16 muestra la oscilación del nivel freático y las precipitaciones ocurridas durante en ciclo del cultivo.

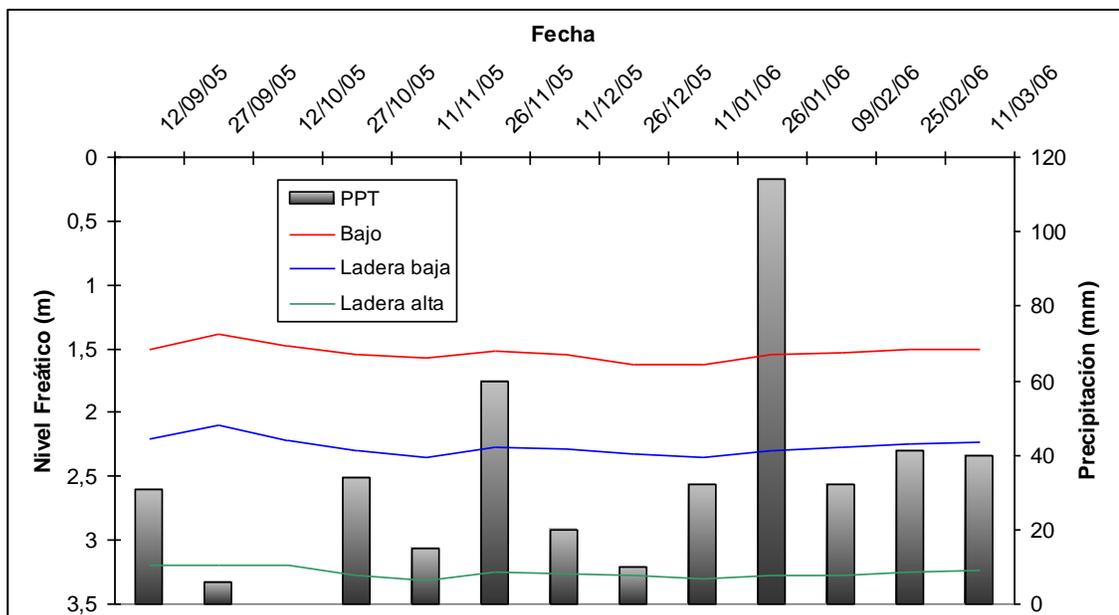


Figura 16: Oscilación del Nivel Freático con frecuencia de muestreo quincenal vs. Precipitaciones (PPT) ocurridas en el periodo de medición de napas.

En la Tabla N° 6 se indican los valores de Precipitaciones (Pp), Temperatura media mensual (T°), Evapotranspiración Potencial (EP), Balance Hídrico (BH) y Evapotranspiración Real (ER), ajustada para la Latitud de 34° 14´ correspondiente al establecimiento “El Toro”, para cuyo cálculo se utilizó la metodología de Thornthwaite- Mather (1948).

Los valores de temperatura fueron proporcionados por la cátedra de Agro meteorología de la UNRC y corresponden a la Estación Meteorológica de Vicuña Mackenna ubicada en 33° 55´ S y 64° 25´ W, 40 km al norte del campo en estudio, siendo esta la mas cercana en funcionamiento ese año.

Tabla N° 6: Balance hídrico mensual (Thornwaite-Mather, 1948)

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pp	146	89	24						6	34	79	26
EP	148	113	93						52	81	99	136
BH	-2	-24	-69						-46	-47	-20	-110

Grados							34	Minutos					14
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Pp	146	89	24						6	34	79	26	
T°	24	22.8	19.3						13.6	16.9	19	22.9	

En las Figura 17, 18 y 19 se esquematizan los niveles freáticos observados y los simulados por el modelo de Cisneros (1994), las precipitaciones (PPT), la evapotranspiración potencial (EPT) y su balance hídrico resultante, para el período quincenal de medición de napa, descritos en la tabla 8.

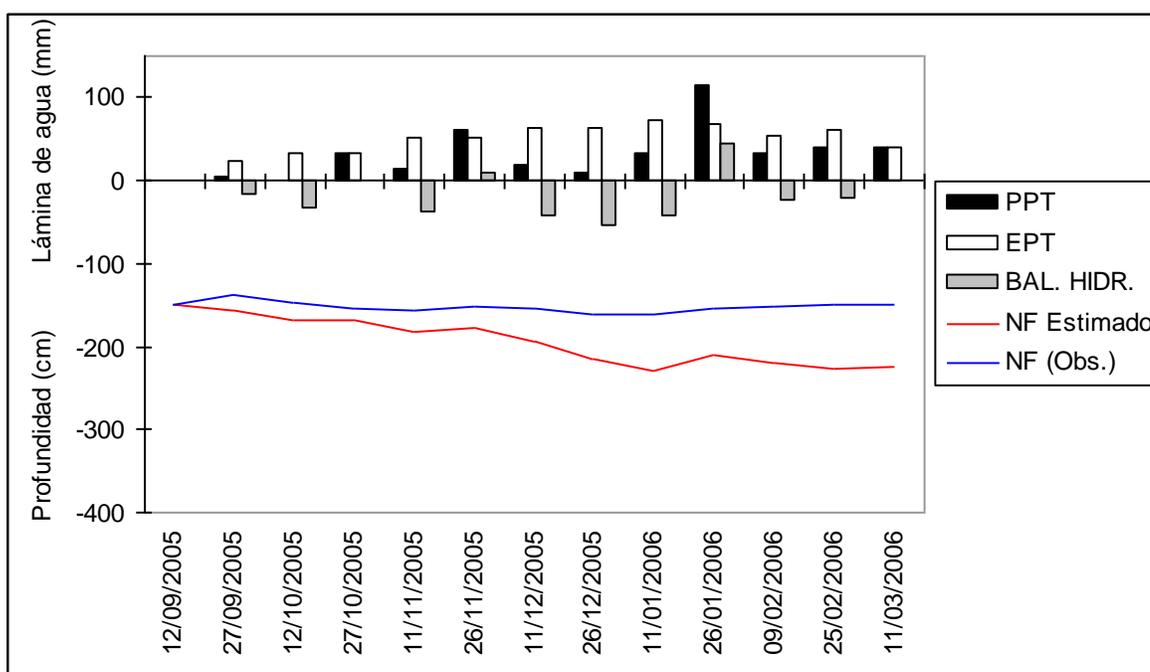


Figura 17: Niveles Freáticos observados y simulados por el modelo de Cisneros (1994), de paso quincenal, con el balance hídrico de cada período, en la situación de Bajo.

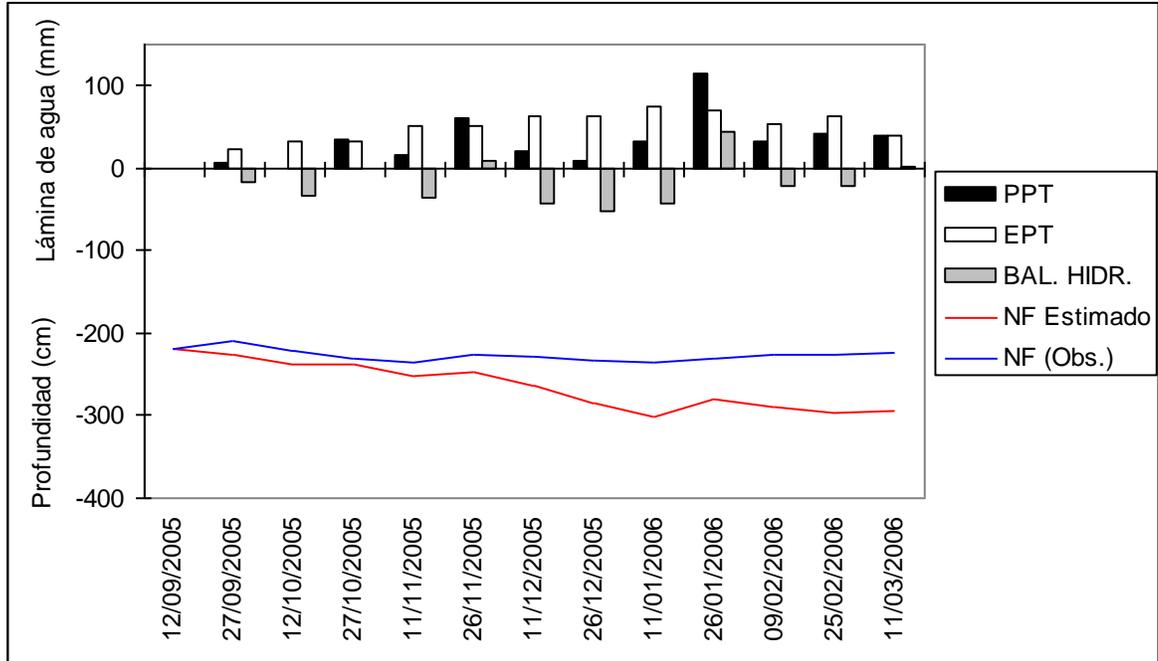


Figura 18: Niveles Freáticos observados y simulados por el modelo de Cisneros (1994), de paso quincenal, con el balance hídrico de cada período, en la situación de Ladera baja.

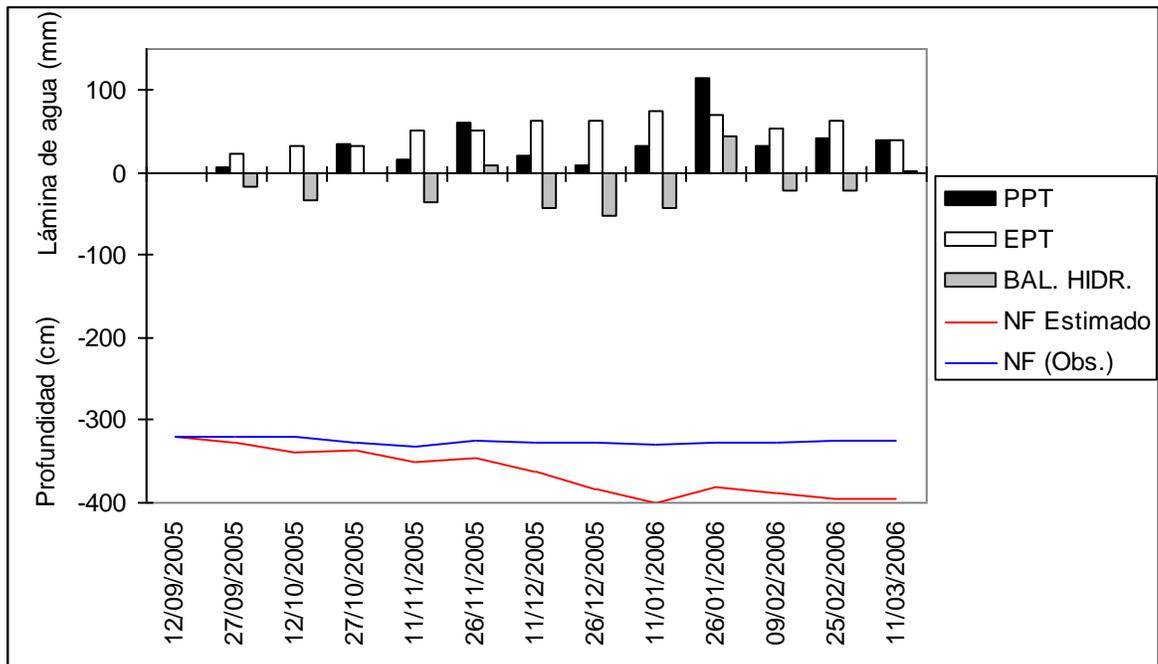


Figura 19: Niveles Freáticos observados y simulados por el modelo de Cisneros (1994), de paso quincenal, con el balance hídrico de cada período, en la situación de Ladera alta.

El modelo simula un nivel freático tendiente a disminuir en el tiempo producto de un balance hídrico negativo en la mayoría de las quincenas evaluadas.

La diferencia entre los niveles freáticos simulados y observados, posiblemente se deba a que la evapotranspiración potencial calculada tiene valores superiores a la real, o a que se producen recargas adicionales de la napa por influencia del Río Quinto, que no son tenidas en cuenta por el modelo de simulación de la napa.

Algunas limitaciones del modelo de napas propuesto por Cisneros (1994) son:

- 1 Es un modelo empírico que requiere calibración local.
- 2 No toma en cuenta posibles aportes laterales (Flujo hipodérmico).
- 3 Su simulación es más acertada cuando las napas son superficiales.
- 4 No considera posibles fuentes de error en la estimación de evapotranspiración ya que a profundidades altas de la napa, la ETP varía mucho de la ETR.

Tabla 7: Parámetros utilizados en la estimación del Nivel Freático (NF) de paso quincenal por el modelo de Cisneros (1994), y su relación con el NF observado, en las situaciones de Bajo, Ladera Baja y Ladera Alta.

BAJO						
Fecha	PPT	EPT	BAL. HIDR.	Osil. NF (Est.)	NF Estimado	NF (Obs.)
12/09/2005					-150	-150
27/09/2005	6	23	-17	-5.951	-155.951	-139
12/10/2005	0	40.5	-40.5	-15.727	-171.678	-148
27/10/2005	34	40.5	-6.5	-1.583	-173.261	-155
11/11/2005	15	49.5	-34.5	-13.231	-186.492	-157
26/11/2005	60	49.5	10.5	5.489	-181.003	-152
11/12/2005	20	68	-48	-18.847	-199.85	-155
26/12/2005	10	68	-58	-23.007	-222.857	-162
11/01/2006	32	74	-42	-16.351	-239.208	-162
26/01/2006	114	74	40	17.761	-221.447	-155
09/02/2006	32	56.5	-24.5	-9.071	-230.518	-153
25/02/2006	41	56.5	-15.5	-5.327	-235.845	-150
11/03/2006	40	46.5	-6.5	-1.583	-237.428	-150
LADERA BAJA						
Fecha	PPT	EPT	BAL. HIDR.	Osil. NF (Est.)	NF Estimado	NF (Obs.)
12/09/2005					-220	-220
27/09/2005	6	23	-17	-5.951	-225.951	-210
12/10/2005	0	40.5	-40.5	-15.727	-241.678	-222
27/10/2005	34	40.5	-6.5	-1.583	-243.261	-230
11/11/2005	15	49.5	-34.5	-13.231	-256.492	-235
26/11/2005	60	49.5	10.5	5.489	-251.003	-227
11/12/2005	20	68	-48	-18.847	-269.85	-229
26/12/2005	10	68	-58	-23.007	-292.857	-233
11/01/2006	32	74	-42	-16.351	-309.208	-235
26/01/2006	114	74	40	17.761	-291.447	-230
09/02/2006	32	56.5	-24.5	-9.071	-300.518	-227
25/02/2006	41	56.5	-15.5	-5.327	-305.845	-225
11/03/2006	40	46.5	-6.5	-1.583	-307.428	-223
LADERA ALTA						
Fecha	PPT	EPT	BAL. HIDR.	Osil. NF (Est.)	NF Estimado	NF (Obs.)
12/09/2005					-320	-320
27/09/2005	6	23	-17	-5.951	-325.951	-320
12/10/2005	0	40.5	-40.5	-15.727	-341.678	-320
27/10/2005	34	40.5	-6.5	-1.583	-343.261	-328
11/11/2005	15	49.5	-34.5	-13.231	-356.492	-331
26/11/2005	60	49.5	10.5	5.489	-351.003	-325
11/12/2005	20	68	-48	-18.847	-369.85	-326
26/12/2005	10	68	-58	-23.007	-392.857	-328
11/01/2006	32	74	-42	-16.351	-409.208	-330
26/01/2006	114	74	40	17.761	-391.447	-328
09/02/2006	32	56.5	-24.5	-9.071	-400.518	-327
25/02/2006	41	56.5	-15.5	-5.327	-405.845	-325
11/03/2006	40	46.5	-6.5	-1.583	-407.428	-324

Cultivo

Densidad de plantas a cosecha:

En la Figura 20 se observa el número de plantas por hectárea a cosecha en las situaciones de: - Bajo: 40571 plantas/ha

- Ladera baja: 42857 plantas/ha

- Ladera alta: 36571 plantas/ha

- Loma: 32286 plantas/ha

Los datos fueron analizados con el programa InfoStat el cual arrojó diferencias significativas entre las densidades medias.

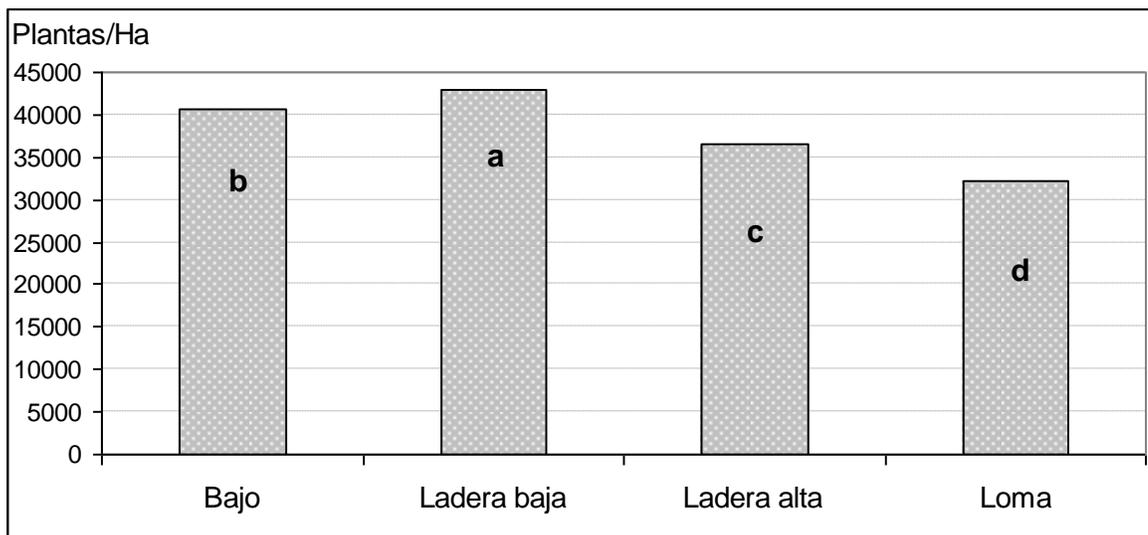


Figura 20: Número de plantas por hectárea a cosecha. Letras distintas indican diferencias significativas.

La menor densidad de plantas en la ladera alta y loma, respecto al bajo y ladera baja puede ser consecuencia de una menor oferta de recursos (principalmente agua) en el sector más elevado de la toposecuencia, que además está más expuesta a la acción del viento.

Índice de área foliar:

Si bien el girasol presenta una baja resistencia estomática, posee, en etapas vegetativas, un mecanismo de regulación del consumo de agua al nivel de canopéo, dado por la reducción de la expansión del área de cada hoja y la alteración del perfil de tamaños foliares. Como consecuencia del estrés, el IAF del cultivo se reduce en forma significativa: hasta floración, por menor expansión foliar, y durante el llenado de grano, por aumento de la senescencia. Si el estrés se produce en etapas tempranas del ciclo de cultivo la gran plasticidad en el tamaño de las hojas del girasol hace posible cierto grado de recuperación del área foliar, cuando las condiciones se revierten al aumentar la disponibilidad hídrica por lluvias o riego, o de nitrógeno, por aplicación de fertilizante. Esta capacidad de recuperación del canopéo se va perdiendo a medida que se acerca la floración, ya que en este estado la mayor parte de las hojas ha finalizado su crecimiento. El tamaño de las hojas es la resultante de la duración y la tasa de expansión foliar, siendo esta última la que se reduce en forma significativa por una deficiencia hídrica, mientras que la duración de la expansión foliar es poco afectada (López Pereira y Trápani, 2007).

En la Figura 21 pueden observarse las diferencias en el IAF del cultivo de girasol, estimado por el método de la regla (Pereyra, 1996), con sus raíces explorando cuatro situaciones de nivel freático, en tres fases fenológicas. No hubo diferencias significativas de IAF entre **el bajo y la ladera baja** en ninguno de los estadios fenológicos. En las fenofases RE1 y RA1 hubo diferencias significativas de IAF entre **la ladera alta y la loma**, en la fenofase RM2 las diferencias se redujeron. Entre **(bajo – ladera baja)** y **(ladera alta – loma)** las diferencias de IAF siempre fueron significativas.

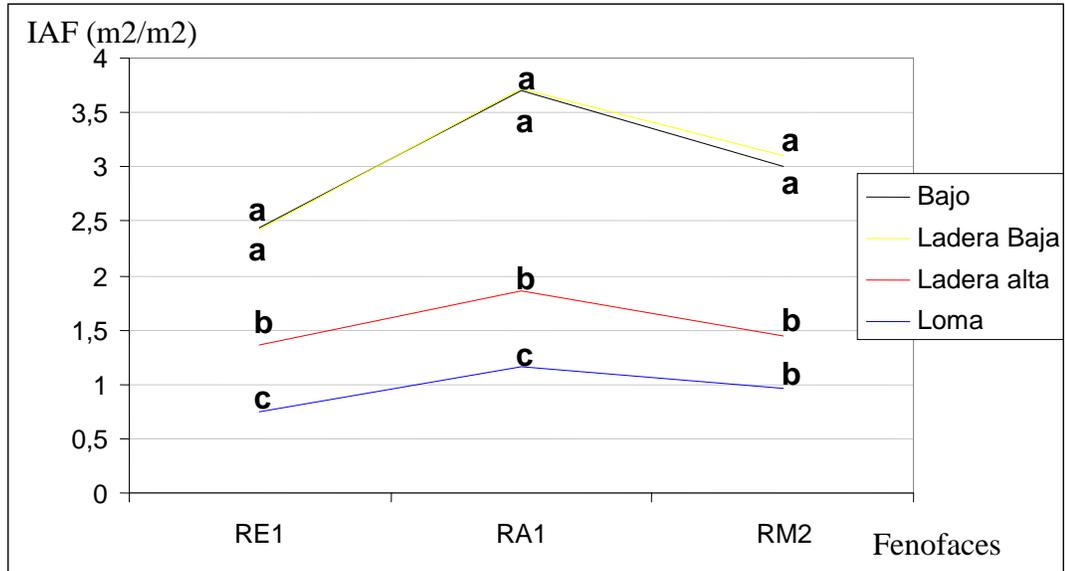


Figura 21: Índice de Área Foliar en tres fases fenológicas del cultivo, con situaciones de niveles freáticos distintos. Letras distintas indican diferencias significativas al 1%.

Rendimiento:

En la tabla 9 y figura 22 se observa el rendimiento del cultivo (Kg/ha) para las cuatro situaciones.

Tabla 8: Rendimiento del cultivo de girasol y diferencias en relación al máximo registrado en este ensayo.

Situación	Rendimiento (Kg/ha)	Diferencia respecto al máximo
Bajo	3888	0
Ladera Baja	3376	512
Ladera Alta	2933	955
Loma	1997	1891

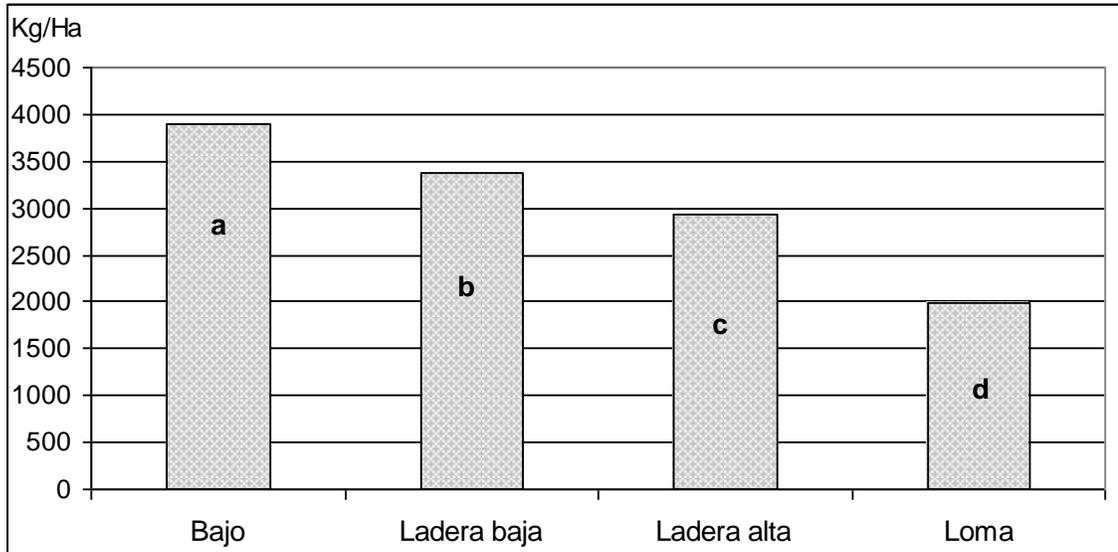


Figura 22: Rendimiento del cultivo en las cuatro situaciones de Nivel Freático (Kg/Ha).

DISCUSIÓN

El comportamiento del IAF a lo largo del ciclo del cultivo puede ser el resultado de la existencia de una fuente de agua adicional que permitió un desarrollo muy superior del cultivo en las situaciones de bajo y ladera baja (Figura 21).

El rendimiento del cultivo mantuvo relación con la profundidad media del freático en las cuatro situaciones (Figura 23), mostrando un amplio rango entre el bajo y la loma.

Los rendimientos de la loma y ladera alta fueron aceptables si los comparamos con la media de la región (Tabla 1b). Esto podría atribuirse a que en el mes de enero y coincidiendo con el período crítico del cultivo, comenzaron a manifestarse las precipitaciones que permitieron acumular agua en el perfil, a disposición de las raíces, en el momento de mayor requerimiento hídrico para lograr dicho rendimiento.

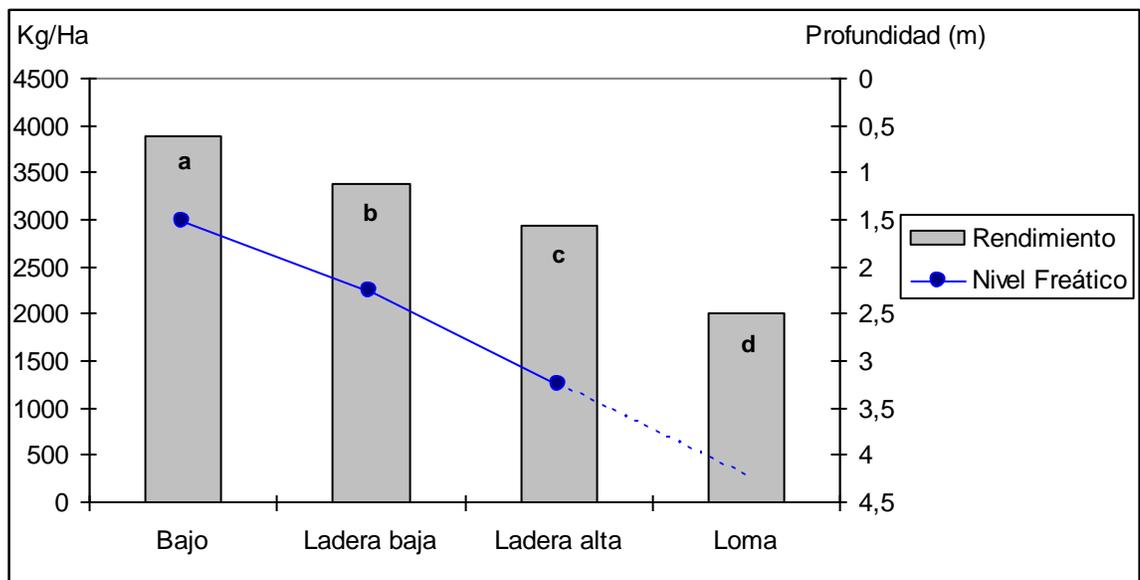


Figura 23: Relación entre el rendimiento del cultivo (Kg/Ha) y la profundidad media de la freática (m).

La Figura 24 muestra la línea de tendencia que muestran los rendimientos relacionados a los distintos niveles freáticos

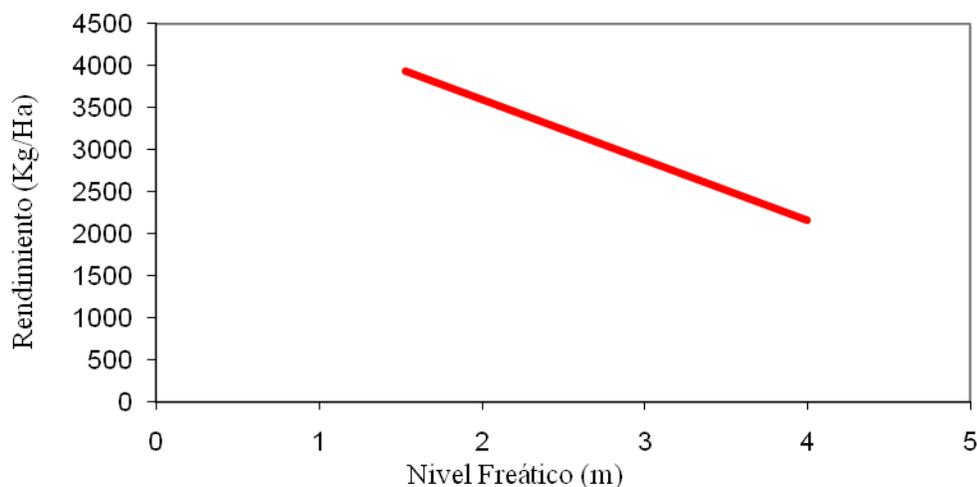


Figura 24: Relación: Nivel freático-Rendimiento de girasol.

Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados en cuanto a la eficiencia del uso del agua (EUA) del cultivo en la región, (4,9 Kg de grano/mm agua evapotranspirada) se estima que para producir 3888 kg/ha el cultivo requirió aproximadamente 793 mm de agua, de los cuales las lluvias aportaron 364 mm por lo que se deduce que 430 mm fueron aportados por la napa. Por otro lado, para producir 1997 kg/ha de grano en la Loma, el girasol requirió 408 mm que fueron aportados por las precipitaciones, antes y durante el ciclo del cultivo.

En ninguna de las situaciones el cultivo evidenció problemas de napas cercanas a la profundidad crítica. La altura máxima alcanzada por el freático fue de 139 cm, valor que no condujo a mayores problemas de salinización superficial, anoxia radical ni acumulación temporaria de agua en la superficie, sino que por lo contrario, significó una fuente de abastecimiento de agua de buena calidad que permitió duplicar los rendimientos promedios de una región donde el principal limitante productivo es el agua.

Si bien no se registraron antecedentes de estudios del cultivo de girasol bajo influencia de napa, hay trabajos en soja que permitirían realizar algunas comparaciones.

En la zona de Laboulaye (Sudoeste de Córdoba), sobre una toposecuencia de Loma (napa a 261 cm), Ladera (napa a 186 cm) y Bajo (napa a 103 cm), los mayores rendimientos se encontraron en la loma, debido a que en ella se conjugaron factores como, abundantes y oportunas lluvias, un perfil bien drenado comparado con las demás secuencias, un relieve plano que produjo un escurrimiento muy bajo y un buen estado general del cultivo. En el Bajo se

encontró una napa crítica, con parches de salinidad superficial de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y anoxias radicales que impidieron al cultivo desarrollarse normalmente y en la Ladera también ocurrieron anoxias temporarias y se detectaron enfermedades de la raíz. La napa freática registró una conductividad media de 3,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Magliano, 2006). Al comparar los resultados anteriores con los de este estudio, se observaron resultados completamente opuestos, debido a que intervinieron factores diferentes, niveles freáticos, napas críticas, cultivo, suelo y salinidad de napas entre otros.

No obstante, Videla Mensegue (2006) reportó que pueden lograrse rendimientos cercanos al potencial para el cultivo de soja con aportes desde la napa. El presente trabajo confirmaría esa hipótesis, también para el caso de girasol.

Martini y Baigorri (2005), describen que bajo situaciones óptimas, suelos franco arenosos, con napa a 2 m de profundidad, se alcanzan rendimientos de soja muy altos, aún en campañas con reducidas precipitaciones.

CONCLUSIONES

- 1 La napa freática representó una fuente de agua útil para el girasol, sea por ascenso capilar o por contacto directo del freático con las raíces, sólo en las situaciones de bajo y ladera baja. Esta apreciación surge, del comportamiento del cultivo en cuanto a la expansión del área foliar antes de que comenzara a normalizarse el régimen pluviométrico normal de la región a partir de enero, y del rendimiento en granos del cultivo en las situaciones de bajo y ladera baja que fue superior al de la loma y ladera alta, mostrando una vinculación opuesta entre la profundidad del freático y el rendimiento del cultivo.
- 2 En forma preliminar los resultados muestran que con la napa fluctuando en la franja entre 1,5 y 2,4 m, y para niveles de salinidad menores a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se pueden obtener diferencias de rendimiento en girasol cercanas a 2000 Kg/ha respecto a napas mas profundas.
- 3 Para el rango de oscilaciones de niveles freáticos observados la napa no fue crítica, esto indicaría que, para las texturas de suelo estudiadas, y los niveles de salinidad de napa, la profundidad crítica estaría por debajo de 1,4 m.
- 4 No pudo verificarse la segunda hipótesis del trabajo, ya que no se contó con situaciones de suelo-napa que superaran la profundidad crítica, debido a las condiciones climáticas del año.

Como recomendaciones de manejo de campos con napa para girasol, se sugiere lo siguiente:

- a. No considerar aportes apreciables de agua desde la napa cuando ésta supera los 3 m de profundidad. En estas condiciones los cultivos deberán proveerse sólo del agua de precipitación.
- b. Para situaciones entre 1,5 y 2,0 m de profundidad de napa se obtiene el máximo potencial de aprovechamiento de la napa. En estas situaciones el cultivo tiene una independencia relativa del agua de precipitación, en especial en estados avanzados de desarrollo.

- c. En condiciones de aporte de napa deberán plantearse esquemas de manejo de alta productividad, adecuando la protección del girasol en cuanto a malezas, plagas y enfermedades, así como la fertilización, elección de fechas de siembra e híbridos de alto potencial de rendimiento que conlleven a mejorar la rentabilidad del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO. Precios Históricos de la Cámara Arbitral de Cereales.
En: <http://www.bcr.com.ar> Consultado: 10-08-07
- CANTERO., A., M. CANTU, J. M. CISNEROS, J. J. CANTERO, M. BLARASIN, A. DEGIOANNI, J. GONZALEZ, V. BECERRA, H. GIL, J. DE PRADA, S. DEGIOVANNI, C. CHOLAKY, M. VILLEGAS, A. CABRERA, C. ERIC. 1998. Las tierras y aguas del sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable. Universidad Nacional de Río Cuarto, 119 pags. ISBN 950-665-101-9.
- CHOLAKY, L. 1982. Etapas de desarrollo del girasol. Departamento de Producción Vegetal, Facultad de agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto
- CISNEROS, J. M., J. J. CANTERO, A. CANTERO G. 1997. Relaciones entre la fluctuación del nivel freático, su salinidad y el balance hídrico, en suelos salino-sódicos del centro de argentina. Rev. UNRC 17 (1): 23-35.
- CISNEROS, J. M. 1994. Caracterización del hidrohalomorfismo en ambientes representativos del centro-sur de Córdoba. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias del Suelo, Escuela de Graduados FAUBA, inédita, 158 pags.
- CISNEROS, J. M., J. J. CANTERO, A. CANTERO. 1999. Vegetation, soil hydrophysical properties, and grazing relationships in saline-sodic soils of Argentina. Canadian Journal of Soil Science 79: 399-409.
- CISNEROS, J. M.; J. D.DE PRADA, A. DEGIOANNI, A. CANTERO, H. GIL, M. REYNERO, F. SHAH, B. BRAVO URETA. 2004. Erosión hídrica y cambio de uso de los suelos en Córdoba. Evaluación mediante el modelo rusle. Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, pag. 286.
- DEGIOANNI, A., J. CISNEROS, A. CANTERO, M. REYNERO, P. DUCANTO, M. ESCOBAR, D. GAGLIESE, A. POLONI, C. GARCIA, P. GARAY, D. SALUSSO, M. AMOR, M. MAROZZI, H. VIDELA, S. RANG Y S. ARPELLINO. 2005. Sistema de predicción de inundaciones para el sur de Córdoba. CADIR, Villa Mercedes, en Actas de Resúmenes.
- ETCHEVEHERE, P. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. INTA Castelar.
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentos. Información agropecuaria departamental. En: <http://magya.cba.gov.ar>. Consultado: 16-12-09
- GORGAS, J y J. L. TASSILE. 2003. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000. Agencia DACYT-SEM, INTA
- INFOSTAT (2002). *InfoStat versión 1.1*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- INTA, 1999. Atlas de Suelo de la República Argentina. Escala 1:500.000. Provincia de Córdoba.
- INTA 2003 a. El INTA ante la preocupación por la sustentabilidad de largo plazo en la producción agrícola argentina. Documento institucional. En: www.inta.gov.ar
Consultado: 10-10-06
- INTA 2003 b. Hoja Bouchardo. Mapa de suelos de la República Argentina. SAGyP INTA, Córdoba.
- INTA 2003 c. Los Suelos de Córdoba. Nivel de Reconocimiento 1:500.000 Agencia Córdoba DACyT e INTA. 539 pags.
- LOPEZ PEREIRA, M. TRAPANI, N. 2007. Importancia e identificación de factores abióticos que limitan el rendimiento y la calidad del girasol. www.girasolsd.com.ar
Consultado: 11-08-07
- MAGLIANO, V. 2006. Productividad de la soja bajo diferentes profundidades de napa freática en la región de Laboulaye. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.
- MARTINI, E, y H. E. BAIGORRI. 2003. Comportamiento de soja en ambientes con napa freática. Reunión Técnica INTA Marcos Juárez.
- MARTINI, E. y H. E. BAIGORRI. 2005. Pautas de manejo del cultivo de soja en ambientes con napa freática.
En: <http://www.planetasoja.com.ar/trabajos>. Consultado: 14-9-09
- MELGARES DE AGUILAR CORMENZANA, J. 2001. El cultivo de girasol (*Helianthus annuus*) para flor cortada. En www.terra.es/personal8/ocamurcia/floricultura/girasol
Consultado: 14-06-2005.
- PEREYRA, V. 1996. Estimación de la superficie de las hojas en el campo. En AGUIRREZABAL, L., ORIOLI, G. HERNANDEZ, L., PEREYRA, V., MIRAVE, J. 1996. Girasol, aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento.
- RICHARDS, L.A., 1973. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. E. Limusa. México.
- THORNTHWAITE, C. W. and MATHER, R.V. 1948. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Drexel institute for technology publications in climatology
- TRAPANI, N., M. LOPEZ PEREYRA, V. SADRAS, A. HALL. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en girasol. En SATORRE, E. H., L. R. VENCE ANRNOLD, G. A. SLAFER, E. B. DE LA FUENTE, D. J. MIRALLES, M. E. OTEGUI, R. SAVIN 2004. Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Editorial facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Pag. 224, 228.

VENANZI, S., E. DE SA PEREIRA, E. FERNANDEZ, H. KRUGER. Uso del agua por dos secuencias de cultivo en el sur de la región semiarida pampeana. INTA Bordenave y CREA zona sudeste. 2006.

En: <http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/santi/usodelagua.pdf>.

Consultado: 15-7-2007

VIDELA MENEGUE, H. A. DEGIOANNI, J. CISNEROS. 2006. Producción de soja en suelos con capa freática somera en el sur de Córdoba. CADIR, Villa Mercedes, En Actas.

VIGLIZZO, E. F., A. J. PORDOMINGO, M. G. CASTRO, F. A. LERTORA. 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Ediciones INTA.

VRANCEANU, A. 1977. El girasol. Versión española de Guerrero Garcia, A., León López, M., López Bellido, L., Fernández J. M.