



Proyecto de trabajo Final de Graduación

EFICIENCIA DE USO DE AGUA POR CULTIVOS DE VERANO EN LA LOCALIDAD DE CATRILO – LA PAMPA

**Marcelo Javier ELICEGUI (Leg. 2864)
Germán ALVAREZ (Leg. 2760)**

**DIRECTOR: MIRASSON, Hugo R.
CODIRECTOR: FARALDO, María Lila
EVALUADOR: CASAGRANDE, Guillermo
EVALUADOR: ARNAIZ, Juan Pablo**

**CATEDRA CULTIVOS II
INGENIERÍA AGRONÓMICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
2010**

INDICE

Resumen	3
Introducción	4
Hipótesis7	7
Objetivos7	7
Materiales y Métodos	8
Resultados	10
Etapas fenológicas	12
Rendimiento y componentes	12
a)Girasol	12
b)Maíz	14
c)Soja	15
Conclusiones	16
Referencias bibliograficas	17
Tabla 4a: Girasol Desarrollo fenológico	19
Tabla 4b: SOJA; Desarrollo fenológico	19
Tabla 4c: MAIZ: Desarrollo fenológico	19
Tabla 5a.- GIRASOL: agua disponible por etapas	20
Tabla 5b.- SOJA: agua disponible por etapas	20
Tabla 5c.- MAIZ: agua disponible por etapas	20
Tabla 6a.- Girasol: primera fecha de siembra	21
Tabla 6b.- Girasol.segunda fecha de siembra	21
Tabla 6c. Girasol: comparación entre fecha de siembra	21
Tabla 7a.- Maíz: primera fecha de siembra	22
Tabla 7b.- Maíz: segunda fecha de siembra	22
Tabla 7c.- Maíz. Comparación entre fechas de siembra	22
Tabla 8a.- Soja: primera fecha de siembra	23
Tabla 8b.- Soja: segunda fecha de siembra	23
Tabla 8c. Soja: comparación entre fecha de siembra	23
Tabla 9a. EUA por cultivo	24
Tabla 9b. EUA por fecha de siembra	24
Tabla 9c. EUA por cultivo y fecha de siembra	24

RESUMEN

En la Región Semiárida Pampeana Central, (RSPC) los rendimientos de los cultivos de verano presentan gran variabilidad. Esta inestabilidad en los rendimientos es propia de ambientes semiáridos caracterizados por fluctuaciones en cantidad y frecuencia de las lluvias, altas temperaturas en el verano y deficiencias hídricas que resultan ser el factor más limitante de la producción agropecuaria. Se estudió el comportamiento hídrico de los cultivos de girasol, maíz y soja, frente a estas condiciones. Se plantea que las siembras tempranas y el cultivo de girasol hacen un uso más eficiente del agua. Se determinó el rendimiento de grano para las fechas de siembra temprana y tardía adecuadas para cada cultivo y determinar la disponibilidad hídrica.

El girasol presentó los mayores valores de EUA con independencia de la fecha de siembra. La coincidencia del periodo crítico de cada especie con momentos de buena disponibilidad hídrica explica en gran medida las variaciones de rendimiento. La EUA fue significativamente diferente entre especies.

INTRODUCCION

En la Región Semiárida Pampeana Central, (RSPC) los rendimientos de los cultivos de verano presentan gran variabilidad. En los últimos quince años, los promedios de rendimiento fueron entre 2345Kg/Ha y 5456Kg/Ha, para maíz, 1062 Kg./Ha a 2053Kg/Ha para girasol y para soja, 1076Kg/Ha a 2603Kg/Ha (SAGPyA, 2008). Esta inestabilidad en los rendimientos es propia de ambientes semiáridos caracterizados por fluctuaciones en cantidad y frecuencia de las lluvias, altas temperaturas en el verano y deficiencias hídricas que resultan ser el factor más limitante de la producción agropecuaria (Fisher y Turner, 1978, Boyer, 1982; Purcell et al. 2003).

El ambiente en el que se desarrollan los cultivos entre la siembra y la cosecha no es uniforme sino que presenta una enorme variación espacial y temporal.

En la RSPC, durante la mayor parte del ciclo, los cultivos se desarrollan con el agua almacenada al momento de la siembra, mientras que durante la etapa de determinación del número de granos por unidad de superficie se incrementan las posibilidades de que los cultivos sufran estrés hídrico (Dardanelli et al 1997), por ello, la máxima eficiencia de uso del agua resulta ser un factor clave para alcanzar los mejores y más estables rendimientos (Fraschina et al, 2003).

Los cultivos difieren en su capacidad para extraer agua, de acuerdo con su metabolismo (C3 o C4), la arquitectura de sus hojas (erectófilas o planófilas), el momento del ciclo de crecimiento considerado, el desarrollo del sistema radicular, etc; resultando en eficiencias de uso del agua muy distintas (Andrade y Gardiol, 1994). Como resultado existe una fuerte vinculación entre la transpiración y el crecimiento con una gran cantidad de distintos mecanismos para mantener un nivel interno de agua dentro de los límites tolerables. (Micucci et al, 2003).

Si bien es deseable que los cultivos no sufran de estrés y tengan un óptimo estado a lo largo de todo su ciclo, hay alguna etapa en la cual la incidencia de un factor negativo para el crecimiento produce los mayores daños. Estos momentos críticos no son los mismos para todos los cultivos

Reducciones del crecimiento por algún factor de estrés producen las mayores mermas en el rendimiento de maíz cuando ocurren alrededor de la floración. En esta etapa se

determina el número de granos por unidad de superficie, principal componente del rendimiento. Es por esto que el rendimiento del maíz está altamente correlacionado con la cantidad de precipitaciones que ocurren alrededor de la floración.

En el cultivo de girasol, reducciones del crecimiento por algún factor de estrés, tanto alrededor de la floración como durante el llenado de los granos, producen caídas importantes en el rendimiento. En general, el número de granos llenos es función del estado fisiológico del cultivo en la floración.

En soja, el número de semillas por metro cuadrado es función del estado del cultivo en períodos reproductivos algo más avanzados. Períodos de estrés durante la floración temprana producen, en general, escaso efecto en el número de vainas por metro cuadrado y en el rendimiento en semilla de soja debido a que el cultivo presenta gran plasticidad y puede seguir produciendo estructuras reproductivas una vez aliviado el estrés. La soja tiene capacidad para fijar estructuras reproductivas por un largo período, especialmente aquellas de hábito de crecimiento indeterminado. Además, una eventual disminución en el número de vainas es parcialmente compensada por la producción de más granos por vaina y por mayor peso de los mismos. Por lo tanto, el rendimiento de soja se reduce solo levemente ante situaciones de estrés en floración. A medida que avanza el ciclo reproductivo, las plantas van perdiendo su plasticidad. Por consiguiente, reducciones del crecimiento en el período de fijación de vainas y en el llenado de granos generalmente disminuyen más marcadamente el rendimiento. (Andrade, 2009)

Una mención especial merece el sistema radicular, por ser este, característico de cada especie y responsable de una parte importante del comportamiento hídrico. La capacidad de los cultivos para extraer agua del suelo depende de la distribución y profundidad de su sistema radicular (Andriani, 2004). En este sentido, Dardanelli, *et al*, 1997, determinaron el frente de extracción de agua, en suelos similares al de la planicie medanosa sin limitaciones de profundidad estableciendo, profundidades de raíces aparente de hasta 290cm para girasol, de hasta 230cm para soja, y 190cm para maíz.

Los cultivos presentan diferencias en el uso consuntivo (UC), debido a las características enunciadas anteriormente. En nuestra región Bono y Quiroga (2001), para soja, encontraron valores de 469,3mm; 514mm; 491mm y 481,4mm, en las localidades de, Mira Pampa, Uriburu, La Gloria y Anguil respectivamente. Con respecto al girasol, Quiroga *et al* (2008), determinaron consumos de 450mm, para buenos

rendimientos. En maíz, Doorenbos y Pruit, (1977) señalaron el consumo de agua entre 400 y 700 mm según las condiciones ecológicas. Mientras que para el mismo cultivo Andrade *et al.* (1996) mencionan valores de 550mm.

El cociente entre la materia seca acumulada o el rendimiento en grano y la evapotranspiración del cultivo se denomina eficiencia de uso del agua (EUA) (Della Maggiora *et al.*, 2000) y permite inferir el comportamiento de cada cultivo frente a la disponibilidad hídrica.

La EUA puede ser modificada por diversas prácticas de manejo como rotaciones, cultivo antecesor, sistemas de labranza, fertilización, variedades, épocas y densidades, resiembra, ciclos y distanciamientos entre surcos.

Passioura (1977) asegura que en ambientes con limitaciones de agua, la producción de biomasa es función directa del agua usada por el cultivo y si a esto se le agrega el Índice de Cosecha (IC) llegamos a un modelo para rendimiento de grano:

$$\mathbf{RG = AU \times EUA \times IC}$$

Donde: **RG**: rendimiento en grano; **AU**: agua utilizada; **EUA**: eficiencia del uso del agua y **IC** índice de cosecha. Así al aumentar la EUA resultará en un mayor rendimiento si el AU y el IC se mantienen constantes (Loss *et al* 1989).

La pérdida de agua desde el suelo por evaporación es la mayor causa de la baja eficiencia en el uso del agua (Yunusa *et al.*, 1993). Por otro lado, el mayor almacenaje de agua edáfica y las menores pérdidas se producen en las labranzas sin remoción del suelo, como la siembra directa, que permiten una mejora en la EUA (Iglesias *et al.*, 1996; Krüger, 1996, Buschiazzo *et al.*, 1998). A su vez, en aquellas situaciones en las que la lluvia es escasa o que la misma presenta alta variabilidad de ocurrencia, el cultivo pasa a tener una fuerte dependencia del agua almacenada en el suelo. (Robinson *et al.*, 1980).

En nuestra región pampeana, los cultivos de girasol, maíz y soja, muestran EUA diferentes según sean los ambientes en los cuales son cultivados. Así Sadras y Calviño (2001), en Tandil, encontraron valores, de 11,7Kg/mm, 8,9Kg/mm y 7,5Kg/mm, para maíz, soja y girasol respectivamente. Para Balcarce, Della Maggiora, *et al* (2000), mencionan valores de 18,1Kg/mm para maíz, 9,1Kg/mm para soja y 7,5kg / mm para

girasol. Bono, *et al* (1999), en la región semiárida presentaron valores de 4 y 2,3 Kg/mm para el cultivo de girasol.

En función de las características de cada especie, y debido a su mayor capacidad de profundización radicular, se plantea

Hipótesis:

- El girasol presenta la mayor EUA
- Las siembras tempranas mejoran la EUA.

Objetivos:

- a) Determinar el rendimiento de cultivos en las fechas de siembra FS temprana y tardía adecuadas para cada cultivo.
- b) Determinar la disponibilidad hídrica para cada cultivo y calcular la EUA.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la localidad de Catrilo, provincia de La Pampa (latitud 36° 26´ Sur; longitud 63° 24´ Oeste), en el establecimiento perteneciente al Sr. Alberto Cazenave.

Los lotes utilizados para los ensayos son Haplustoles enticos, de textura franco arenosa fina, con un perfil tipo A-AC-C. Poseen una Capacidad de Campo (CC) de aproximadamente 250 mm, hasta el metro de profundidad y su punto de Marchitez Permanente (PMP) es de 100 mm. La capacidad de retención de agua es alrededor del 19%. En la tabla 1, se presentan los valores correspondientes a los análisis de suelos realizados.

Tabla 1.- Datos de suelos de cada lote

cultivo	ARC. %	LIMO %	ARE %	Text.	pH	MO %	NT %	MO/ Li+Arc
Soja	11,73	15,5	72,8	FA	6,34	1,41	0,063	5
Girasol	12,64	18,5	68,9	FA	6,59	1,74	0,067	6
Maíz	13,67	18,7	67,7	FA	6,31	1,88	0,062	6
2008/09	PT ppm	Pdisp ppm	ST ppm	S-SO4 ppm	Ca meq/100g	K meq/100g	Mg meq/100g	CIC meq/100g
Soja	342	20,1	870	28,2	4,4	1,8	1,8	12,1
Girasol	372	24,4	890	39,2	5	2,1	1,4	11,7
Maíz	380	25,8	700	38,1	6	2,4	1,2	12,1
2008/09	Cl ppm	Co %	Cu ppm	Fe ppm	B ppm	Zn ppm	Na meq/100g	CE mmhos/cm
Soja	81,6	0,37	0,64	41,18	0,17	0,72	0,7	0,156
Girasol	99,4	0,37	0,63	39,58	0,09	0,98	0,6	0,146
Maíz	110,5	0,35	0,6	40,98	0,04	0,82	0,5	0,194

Las siembras de maíz y girasol se realizaron en franjas de 300 m de largo, de 5 surcos, espaciados a 0,70 metros entre sí, con 3 repeticiones, con sembradora de siembra directa. En soja, la siembra se realizó en parcelas estándar, de 6 metros de longitud, de cuatro surcos a 0,50 m entre sí, con tres repeticiones. Se llevaron a cabo dos fechas de siembra (FS) distintas: fines de octubre, y primera quincena de

diciembre, con las siguientes densidades teóricas: 60.000, 42.000 y 300.000 plantas por hectárea para maíz, girasol y soja, respectivamente.

Se utilizan los cultivares que para cada especie se indican en la tabla 2.

Tabla 2 a. Cultivares participantes del ensayo

Girasol		Maíz		Soja	
Cultivar	Criadero	Cultivar	Criadero	Cultivar	Criadero
NK 3410	Syngenta	SRM 565	Sursem	SPS 4 X 7	SPS
PARAISO103 CL	Nidera	AX 878	Nidera	SPS 4900 RR	SPS
ALIANZA	Alianza	NK 807	Syngenta	DM 4970	Don Mario
ZEA 2033 CL	Zeta	ACA 417	Advanta	DM 4670	Don Mario
DK 3940	Monsanto	AX 892	Nidera	NA 4990	Nidera
ACA 886	ACA	SPS 5MO5	SPS	SRM 4754	Sursem
DM 280	Don Mario	DK 190	Monsanto	NA 4613	Nidera
CIRO	Sursem	ADV '8330	Sursem	NA 4553	Nidera
CF33	Sursem	Cultivar	Criadero		
SPS 3109	SPS	SPS 4 X 7	SPS		

El control de malezas se inició durante el barbecho con una primera aplicación de 3 litros por hectárea de producto comercial a base de glifosato. Luego, cada cultivo recibió el control de malezas en preemergencia y post-emergencia que requirió.

En todos los casos ante eventuales ataques de plagas animales y/o presencia de enfermedades, se llevaron a cabo los correspondientes tratamientos de control.

La cosecha, en maíz y girasol se realizó manualmente en una superficie de 5m² tomada al azar dentro de cada franja, mientras que en soja se cosecharon los dos surcos centrales de cada parcela.

Las determinaciones de humedad de suelo fueron realizadas por método gravimétrico para lo cual se tomaron muestras a profundidades de, 0-50cm; 50-100cm; 100-150cm; +150cm. Utilizando como instrumentos dos barrenos caladores, uno de 100cm, y otro de 200cm longitud. La densidad aparente para las diferentes profundidades del muestreo se determinó por el método del cilindro.

El uso consuntivo (UC) se determinó por la diferencia entre el agua útil en el suelo (AUS) en el momento de la siembra, las precipitaciones durante el ciclo del cultivo y el agua útil remanente en el lote al momento de la cosecha, según la siguiente fórmula:

$$\text{UC} = \text{AUS (humedad a la siembra)} + \text{Pp} - \text{Hf (humedad al final del ciclo)}$$

Al momento de la cosecha, se determinaron y evaluaron los componentes de rendimiento, y en base a ello se determinó la eficiencia del uso de agua (EUA), como la relación entre el UC del cultivo y el rendimiento en grano de los mismos.

Se realizó el seguimiento fenológico de las tres especies. Para ello se utilizaron las escalas propuestas por Schneiter y Miller (1981) para girasol, Fehr y Caviness (1971) para soja y Ritchie y Hanway (1982) para maíz.

La información de rendimientos fue analizada por ANOVA y la comparación de medias se realizó al 95 % de probabilidad mediante el test de LSD de Fisher.

RESULTADOS

Las condiciones climáticas durante el ensayo se resumen en la tabla 3 y figura 1.

Tabla 3. Precipitaciones y temperatura media mensual

CAMPAÑA		O	N	D	E	F	M	A	TOTAL
2008/09	Pp	107	28	121	0	40,0	80.5	11	387.5
	T°C (medias)	15,5	22,7	21,9	23,3	23,1	21,8		
Medias Históricas	Pp	76.9	80.9	86.7	73.8	71.8	104	61.4	555.5
	T°C	15,2	18,3	21,5	22,8	21,4	19,3	15,1	

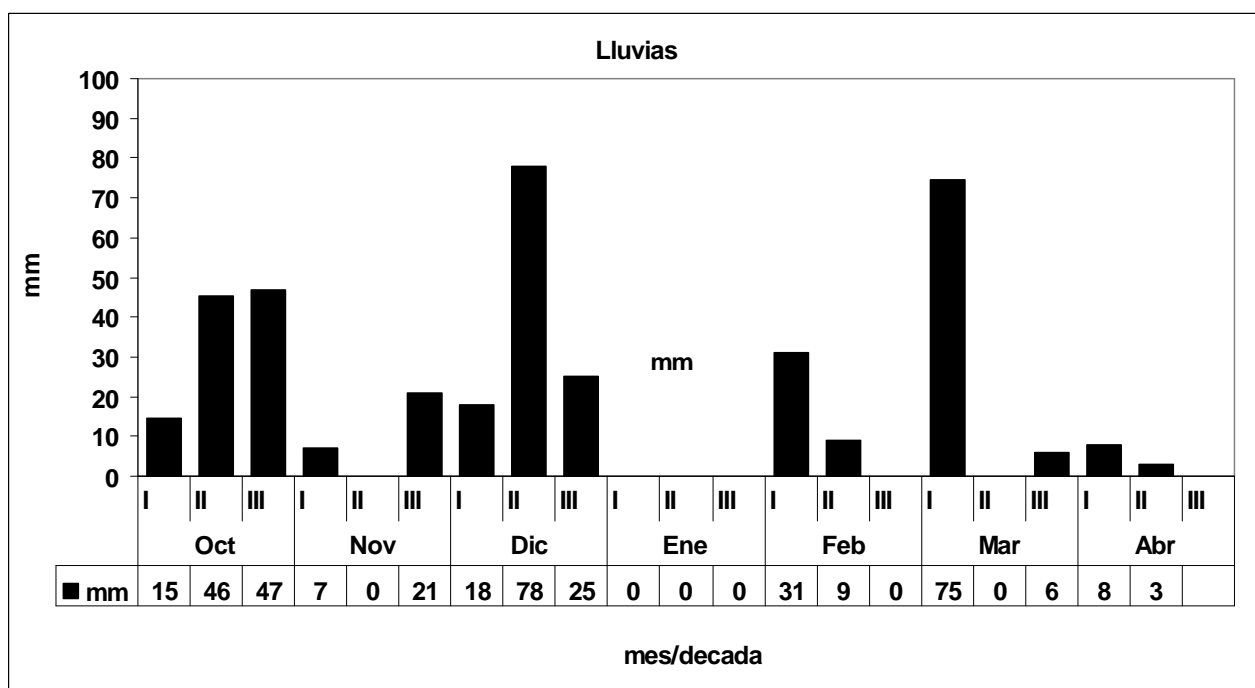


Fig. 1.- Distribución decádica de las precipitaciones durante el ensayo.

En la figura 1 se muestra la distribución de las precipitaciones durante el ensayo para cada mes y por década mensual. Estos registros, en relación a los valores de la media histórica (Tabla 3), fueron mayores en un 16% y 88% en octubre y diciembre

respectivamente, mientras que en los meses de noviembre, enero, febrero y marzo fueron inferiores en un 62%, 92%, 50 % y 41 % respectivamente.

Desde el punto de vista térmico, se pudo observar que noviembre fue un mes muy caliente, con los valores de temperatura media más alta de la serie 1971/2000, a su vez, durante los meses siguientes y hasta la primera década de abril, la temperatura del aire fue superior a lo normal. Esta condición térmica registrada durante el período califica este período como caliente.

Etapas fenológicas: En las tablas 4a, 4b y 4c, se indican las fechas medias de ocurrencia de los principales eventos fenológicos, y el número de días promedio para cada etapa, para girasol, soja y maíz respectivamente.

Las tablas 5a, 5b y 5c muestran la disponibilidad hídrica de cada cultivo para las dos fechas de siembra.

Rendimiento y componentes de rendimiento:

a) Girasol:

Las condiciones hídricas que acompañaron el desarrollo del cultivo en la primera FS, fueron adecuadas en los primeros 30 días del ciclo, luego en la etapa de mayor crecimiento se observaron déficit hídricos pronunciados que afectaron la diferenciación de estructuras reproductivas como consecuencia de una caída en la tasa de crecimiento del cultivo (Valores no presentados). Al respecto, Andrade y Sadras 2000, estableció que reducciones del crecimiento por algún factor de estrés, alrededor de la floración, producen caídas importantes en el rendimiento. La etapa de floración y llenado de grano contó con buena disponibilidad hídrica. Esta distribución del agua disponible para el cultivo, si bien afectó el número de estructuras reproductivas, fue adecuada para permitir al cultivo lograr rendimientos compatibles con la media histórica.

Las diferencias de rendimiento de frutos encontradas entre los híbridos muestran una brecha genética importante, sobre la cual sin duda se ha registrado efecto ambiental. El híbrido de mejor comportamiento, ACA 886 supera en un 23 % el promedio del ensayo, de 2215 kg. por hectárea, correspondiendo el menor valor al

híbrido Ciro con un 87 % del rendimiento relativo (RR). Los valores referidos fueron acompañados por valores de peso de mil granos (PMG) acordes a los rendimientos encontrados así como los valores correspondientes a la EUA.

Cuando se analiza la producción de materia grasa (MG), se modifica el orden de rendimiento, pasando a ser el híbrido DK 3940 el de mayor producción, con 1348 kg. de MG por hectárea, logrado por un alto porcentaje de la misma en el grano. El promedio de 46.21 % de MG alcanzado en el ensayo, explica las buenas condiciones ambientales durante la etapa de llenado de granos que acompañaron esta primera FS.

Tabla 6a

En la segunda FS, se destaca especialmente el híbrido NK 34-AO, el cual supera en 56 % el promedio del ensayo de 3038 Kg. por hectárea. Este alto rendimiento, aún con un nivel de MG inferior al promedio, permite que este híbrido presente la mayor producción de MG por hectárea. Los valores de rendimiento encontrados en esta FS se corresponden con los valores de PMG y EUA. Tabla 6b.

En la segunda FS, el cultivo presentó buenas condiciones hídricas al momento de la siembra, y primeras etapas de desarrollo hasta el estado de R3. Las etapas siguientes transcurrieron hasta R5, con bajo nivel de precipitaciones, pero debido a una muy buena recarga de agua en el suelo, que se produjo durante las fases anteriores, el cultivo no vio afectada esta etapa de crecimiento. A partir de R5 y en las etapas sucesivas, la disponibilidad hídrica fue adecuada, permitiendo un adecuado llenado de frutos.

Tanto la primera FS como la segunda, muestran diferencias de PMG, rendimiento y EUA entre híbridos. Tabla 6c.

Las diferencias en la distribución hídrica entre ambas fechas, sumado al régimen térmico, determinaron un mejor comportamiento de los híbridos ensayados en la segunda FS., con mayor PMG, rendimiento y EUA.

Cabe destacarse que en ambas FS, las condiciones hídricas en la etapa de llenado/acumulación de MG, fueron similares. La diferencia encontrada en el % promedio de producción de MG, a favor de la primera FS, debe atribuirse a condiciones de radiación y temperatura más favorables que en la segunda FS.

Se observó que el comportamiento de los híbridos no se correspondió entre FS, lo que indica una capacidad diferencial de los materiales ensayados para hacer frente a las variaciones del ambiente.

b) Maíz:

Para la primer FS, el maíz, dispuso de una adecuada disponibilidad de agua en el suelo, logrando una buena emergencia. Luego en la etapa vegetativa hasta el estado VT, el cultivo no contó con una adecuada ocurrencia de precipitaciones, que sumado a las altas temperaturas del mes de noviembre (las mayores de la serie 71/2000), provocó una gran demanda de agua por parte del ambiente. Este hecho dio como resultado una baja importante en la EUA. Con respecto a este punto, Yunusa et al, 1993, establecieron que las pérdidas de agua desde el suelo por evaporación son la mayor causa de la baja eficiencia en el uso del agua.

Diciembre, al contrario, fue un mes con altos registros de precipitaciones lo que permitió subsanar parte de la mencionada gran demanda, de igual forma en el momento de ocurrencia de su periodo crítico (R1) situado en el mes de enero, las condiciones hídricas no fueron las adecuadas. Al respecto Andrade y Sadras, 2000, afirman que el maíz es altamente susceptible a las deficiencias de agua en floración, reduciendo el cuaje de granos, lo cual se pone de manifiesto con los menores rendimientos, menores PMG y una menor EUA.

En este cultivo se encontraron diferencias en los componentes de rendimiento (PMG, RR, EUA) entre los híbridos utilizados en el ensayo, observando una gran variabilidad genética influenciada por el efecto del ambiente. En la primer FS el híbrido que presentó el mejor comportamiento, fue el AX 878, con un 79% más de RR sobre el promedio de 1061 Kg. por hectárea, mientras que el híbrido NK 807 estuvo 21% por debajo del mismo. Tabla 7^a.

Mientras que para la segunda FS, el híbrido ACA 417 fue el de mayor comportamiento con un 58% por encima del promedio, en contraposición el híbrido ADV 8330 estuvo un 68% por debajo.

Los valores de PMG, así como los de EUA, fueron acordes a los rendimientos encontrados.

Para la segunda fecha de siembra, se logró una buena emergencia debido a las favorables condiciones hídricas del mes de diciembre, lo que permitió un buen inicio del cultivo. A diferencia de la primera FS, el periodo crítico (R1) estuvo situado en el mes de febrero, mes en el cual las condiciones, tanto de temperatura como de precipitaciones, si bien no fueron las deseables no llegaron a ser tan severas como en

la anterior. Situación que se manifiesta con los valores algo superiores de los componentes de rendimiento y a la vez una EUA superior. Tabla 7b.

Se puede observar una marcada diferencia en los componentes de rendimientos obtenidos en las distintas FS, dando la segunda FS, un mayor valor de los mismos. De igual modo el cultivo, ya sea en sus dos FS, estuvo por debajo de los valores medios de la zona, interpretando que ocurrió una escasa y mala distribución de las precipitaciones ocurridas. Tabla 7c.

c) Soja:

El cultivo de soja; como lo demuestran los registros de AU, en su primera FS, inició su ciclo con buenas condiciones hídricas ya que si bien las temperaturas fueron algo superiores a las históricas, las precipitaciones también. Dando como resultado una buena implantación del cultivo.

Esta situación fue algo diferente en estadios más avanzados, debido a que enero fue un mes con condiciones muy limitantes, el cual coincidió con el momento de ocurrencia del periodo crítico de la especie. Situación que se manifestó como muy crítica en lo que respecta a las condiciones ambientales (Pp y T°C) lo que produjo disminuciones irreversibles en los rendimientos, coincidiendo con lo dicho por Andrade y Sadras 2000, a medida que avanza el ciclo reproductivo, las plantas van perdiendo su plasticidad. Por consiguiente, reducciones del crecimiento en el periodo de fijación de vainas y en el llenado de granos generalmente disminuye más marcadamente el rendimiento.

Al igual que en los cultivos anteriores, en el de soja, se encontraron diferencias marcadas entre variedades lo que demuestra una gran brecha genética, y a su vez ha tenido un importante efecto el ambiente sobre los resultados obtenidos. Los valores de PMG junto a los de EUA han sido acordes a los rendimientos obtenidos en el ensayo, tomando a la primer FS la variedad de mayor RR fue NA 4553 con un 24% mas que el promedio, mientras que la variedad SRM 4754 estuvo un 71% por debajo, siendo este el de menor valor. Tabla 8a

En la segunda FS, la variedad de mejor comportamiento fue el DM 4970 con un 32% por encima del promedio, mientras que en ultimo lugar se posicionó la variedad NA 4553 RG.

En cuanto a la segunda fecha de siembra, el cultivo tuvo una menor disponibilidad de AUS. Sin embargo el mes de febrero presento condiciones ambientales (Pp y T°C) mas favorables, dándole la posibilidad al cultivo de poder tener mayores crecimientos en el periodo de fijación de vainas y en el llenado temprano de granos, dando como resultado mayores rendimientos.

Si bien la segunda FS obtuvo mayores rendimientos y EUA, la Primer FS tuvo los mayores PMG, debido a que dispuso de mayores precipitaciones en los últimos estadios de llenado avanzado de los granos.

Se encontraron diferencias entre las FS propuestas, como así también entre las variedades utilizadas.

Con respecto al UC del cultivo los valores encontrados, distan de los obtenidos por Bono y Quiroga (2001), en la localidad de Mira Pampa, siendo estos de 469.3mm, mientras que en este ensayo los valores obtenidos fueron de 350mm.

CONCLUSIONES:

1 El girasol presentó los mayores valores de EUA para las condiciones de este ensayo, lo que lo hace menos dependiente de la fecha de siembra.

2 En ambientes como los del ensayo pareciera ser que la coincidencia del periodo crítico de cada especie con momentos de buena disponibilidad hídrica explica en gran medida las variaciones de rendimiento.

3 Las dos conclusiones anteriores permiten inferir que, la EUA es significativamente distinta entre especies, dentro de cada especie y varía con los distintos ambientes en donde se desarrollan estos cultivos.

4 En ambientes similares a los del ensayo resulta indispensable planificar el cultivo teniendo en cuenta con mucha rigurosidad la fecha de siembra (maíz y soja). No así para girasol que si bien también es indispensable la fecha de siembra esta especie pareciera ser más plástica en este sentido.

5 En Soja una mayor disponibilidad hídrica en momentos avanzados del llenado de grano, darán un PMG mayor, pero no así de rendimiento, dando más importancia en el rinde al número de granos producidos.

6 Para los tres cultivos, la segunda fecha de siembra dio como resultado mayores rendimientos, atribuible a una mayor disponibilidad y a una mejor distribución hídrica.

En este ensayo, el girasol, fue el cultivo que alcanzó los mayores valores de rendimiento y EUA.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, F.H. y Gardiol, J.M., 1994. Sequía y producción de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín técnico 132. EEA INTA Balcarce
- Andrade, F. Cirilo, A Uhart, S. y Otegui, M 1996. Ecofisiología del cultivo del maíz. Editorial La Barrosa. Dekalb Press y CERBAS - EEA INTA Balcarce.
- Andrade, F. Sadras, V. 2000 "Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja" Unidad Integrada INTA Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.
- Andriani, J.M. 2004. Estrés hídrico en soja. IDIA XXI. Pp 48-51.
- Bono, A. y Quiroga, A. 2001. Fertilización de soja en siembra directa en la Región Semiárida Pampeana: Dosis de nitrógeno y fertilización combinada. www.profertil.com.ar/investigaciones/nitrogenoentrigo.pdf.
- Boyer, J.S., 1982. Plant productivity and environment. Science. 218:443-448.
- Buschiazzo, D.E., J.L. Panigatti y P. W. Unger. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. Soil Till. Res. 49:105-116.
- Dardanelli J, L., O.A. Bachmeier B., R. Sereno, y R. Gil, 1997. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam Haplustoll. Field Crops Research 3842.
- Della Maggiora, A.I., Gardiol J.M. e Irigoyen A.I., 2000. Requerimientos hídricos. En bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Editores: F.H. Andrade y V.O. Sadras. EEA INTA Balcarce Fac. De Ciencias Agrarias UNMP. Pp 155-171.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W.O., 1977. Las Necesidades hídricas de los cultivos. FAO N° 24.
- Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Special Report 80. Iowa State University, Ames, Iowa. 11 pp
- Fisher R. A. y Turner N. C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zone. Ann. Rev. Plant Physiol. 29:277-317.
- Frascina, J. Bainotti, C. y Salines J. 2003. El cultivo de trigo y la siembra directa en la Región Central Norte. Actualización 2003. EEA Marcos Juárez.
- InfoStat 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad

Nacional de Córdoba.

- Iglesias-G-J; Galantini-S-J; Rosell-C-R; Miglierina-P-A; y Landriscini-R-M. 1996. "Cambios en la distribución del espacio poroso de un suelo Entic Haplustoll con diferentes secuencias de cultivos de la región semiárida de Argentina". Agricultura Técnica Santiago. 1996, 56: 1, 43-48
- Krüger H. 1996. En: Labranzas en la Región Semiárida Argentina. Buschiazzo *et al*/ Eds. INTA.
- Loyd R. Stone, Dwayne E. Goodrum, Mahmad Nor Jaafar, and Akhter H. Khan. (2001) Rooting Front and Water Depletion Depths in Grain Sorghum and Sunflower.
- Loss, S. P., Kirby E. J. M., Sidiqqe, K. H. y Perry, M. W. 1989. Grain growth and development of old and modern Australian wheats. Field Crop Res. 21:131-146
- Passioura; J. 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 43:117-120.
- Micucci F.G.; Taboada M.A. y Gil R. 2003. "El agua en los sistemas extensivos. II. Consumo y eficiencia de uso del agua de los cultivos". Archivo Agronómico N° 7 INPOFOS.
- Mirassón, H.R., Zingaretti O., y Del Greco D.C. (1999) "Factores edáficos y producción de girasol en la región semiárida pampeana". Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Temuco, Chile. 8-12 Noviembre 1999.
- Purcell, L.C., T.R. Sinclair, and R.W. McNew. 2003. Drought avoidance assessment for summer annual crops using long-term weather data. 2003. Agron. J. 95: 1566-1576.
- Quiroga A., Fernández R., Frasier I. y Funaro D. El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana. Publicación técnica N° 72. Junio 2008. Cap 3, Pp 28.
- Ritchie, S. W. and J. J. Hanway. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Special Report 48.
- Robinson, R. G., J. H. Ford, W. E. Lueschen, D.L Rabas, L.J. Smith, D.Warnes y J.V. Wiersma . 1980. Response of sunflower to plant population. Agron. J. 72:869-871.
- Sadras V. y P. A. Calviño (2001) Quantification of Grain Yield Response to Soil Depth in Soybean, Maize, Sunflower, and Wheat. Agron. J. 93:577-583 (2001).
- SAGPyA, 2008. Estimaciones agrícolas.
<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/scripts/>
- Schneiter, A. A. and J. F. Miller. 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Sci. 21:901-903.
- Yunusa I.A.M., Belford R.K, Tennant D. y Sedgley R.H. 1993. Row spacing fails to modify. Soil evaporation and grain yield in spring wheat in a dry mediterranean environment. Austr. J. Agric. Res.44: 661-676.

Tabla 4a: Girasol Desarrollo fenológico

1°Fecha de siembra	Etapa :	FS	E	R5	R9	Total
	Fecha:	30-Oct	06-Nov	02-Ene	16-Feb	
	Nº días		8	58	46	
2° fecha de siembra	Etapa :	FS	E	R5	R9	Total
	Fecha :	18-Dic	24-Dic	15-Feb	27-Mar	
	Nº días		7	53	41	

Tabla 4b: SOJA; Desarrollo fenológico

1°Fecha de siembra:	Etapa	FS	E	R1	R5	R8	Total
	Fecha	07-nov.	13-Nov.	05-Ene	22-feb.	08-abr.	
	Nº Días		7	53	48	45	
2°Fecha de siembra	Etapa	FS	E	R1	R5	R8	Total
	Fecha	18-dic.	24-Dic.	11-FEB	07-Mar	23-Abr.	
	Nº Días		7	49	25	47	

Tabla 4c: MAIZ: Desarrollo fenológico

1°Fecha de siembra	Etapa	FS	E	R1	R6	Total
	Fecha	02-Nov	09-Nov	07-Ene	09-Mar	
	Nº días		8	59	61	
2°Fecha de siembra	Etapa	FS	E	R1	R6	Total
	Fecha	15-Dic	21-Dic	20-Feb.	10-Abr.	
	Nº días		7	61	50	

Tabla 5a.- GIRASOL: agua disponible por etapas (mm).

FS	AUS	Pp				Total	AUCos	UC
		S-E	E-R4	R4-R6+10 dias	R6+10 dias-R9			
30-oct	73	6	138	5	17	239	5	234
18-dic	78	63	22	97.5	6	266.5	56	210.5

Tabla 5b.- SOJA: agua disponible por etapas (mm).

FS	AUS	Pp					Total	AUCos	UC
		S-E	E-R1	R1-R5	R5-R7	R7-R8			
07-nov	83	1	142	40	80	8	354	4	350
18-dic	78	63	22	97	17	0	277	38	239

Tabla 5c.- MAIZ: agua disponible por etapas (mm).

FS	AUS	Pp				Total	AUCos	UC
		S-E	E-VT	VT-R1+15 d	R1+15 d-R6			
02-nov	88	0	22	121	114	345	15	330
15-dic	126	98	22	80.5	31	357.5	2	355.5

Tabla 6a.- Girasol: primera FS.

Híbrido	PMG.	KG/HA	RR	EUA	MG SSS	MG KG/HA
ACA 886	56 a	2725 a	1,23	13,8 a	41,5	1131
DK 3940	48 ab	2653 ab	1,20	13,5 ab	50,8	1348
PARAISO103 CL	52 ab	2330 bc	1,05	11,8 bc	45,1	1051
NK 34AO	61 a	2140 cd	0,97	10,9 cd	44,4	950
CF33	61 a	2140 cd	0,97	10,9 cd	46,6	997
SPS 3109	40 b	2130 cd	0,96	10,8 cd	48,5	1033
ZEA 2033 CL	52 ab	2107 cd	0,95	10,7 cd	48,3	1018
ALIANZA	56 a	2010 cd	0,91	10,2 cd	47	945
DM 280	42 b	1990 cd	0,90	10,1 cd	44,3	882
CIRO	42 b	1927 c	0,87	9,8 d	45,6	879
Promedio	47.4	2215		11.2	46,21	1023,2
Valor de P	0,0133	0,0031		0,0031		
CV	14,55	10,28		10,28		

Tabla 6b.- Girasol: segunda FS

Híbrido	PMG.	KG/HA	RR	EUA	MG SSS	MG KG/HA
NK 34AO	66 a	4748 a	1,56	21,2 a	40,2	1906
PARAISO103 CL	61 a	3809 b	1,25	17,0 b	42,1	1604
ZEA 2033 CL	49 bc	3441 bc	1,13	15,4 bc	41,8	1438
DK 3940	48 bc	3358 bc	1,11	15,0 bc	42,0	1408
ALIANZA	53 b	3354 bc	1,10	15,0 bc	42,2	1415
DM 280	45 c	3142 bc	1,03	14,1 bc	37,9	1191
ACA 886	46 c	2838cd	0,93	12,7 cd	35,9	1017
CIRO	38 d	2378 de	0,78	10,6 de	46,5	1105
SPS 3109	31 e	1765ef	0,58	7,9 ef	43,9	775
CF33	38 d	1553 f	0,51	7,0 f	44,8	696
Promedio	51.0	3038		13.6	41,71	1255,5
Valor de P	<0.0001	<0.0001		<0.0001		
CV	10.72	19.03		19.02		

Tabla 6c. Girasol: comparación entre FS

FECHA	PMG.	KG/HA	EUA
1ra	51,0 a	2215 a	11,2 b
2da	47,4 b	3038 b	13,6 a
Valor de P	0,0075	<0,0001	<0,0001
CV	12,03	18,22	17,73
Híbrido x FS	0,0001	<0,0001	<0,0001

Tabla 7a.- Maíz: primera FS.

HIBRIDO	PMG.	HIBRIDO	KG/HA	RR	HIBRIDO	EUA
ACA 417	245 a	AX 878	1901 a	1,79	AX 878	6,9 a
SRM 565	192 b	SPS 5MO5	1809 a	1,71	SPS 5MO5	6,5 a
DK 190	189 b	ACA 417	1255 b	1,18	ACA 417	4,5 b
ADV '8330	183 bc	NK 807	1048 bc	0,99	NK 807	3,8 bc
AX 878	174 bcd	DK 190	924 bcd	0,87	DK 190	3,3 bcd
AX 892	162 cde	ADV '8330	745 cd	0,70	ADV '8330	2,7 cd
SPS 5MO5	151 de	SRM 565	584 de	0,55	SRM 565	2,1 de
NK 807	142 e	AX 892	218 e	0,21	AX 892	0,8 e
Promedio	179.9		1061			3.83
Valor de P	<0,0001		<0,0001			<0,0001
CV	8,05		20,47			20,47

Tabla 7b.- Maíz: segunda FS.

HIBRIDO	PMG.	HIBRIDO	KG/HA	RR	HIBRIDO	EUA
SRM 565	258 a	ACA 417	4210 a	1,58	ACA 417	16,5 a
AX 878	251 a	SRM 565	2956 b	1,11	SRM 565	11,6 b
NK 807	244 a b	SPS 5MO5	2739 b	1,03	SPS 5MO5	10,8 b
ACA 417	243 ab	NK 807	2612 b	0,98	NK 807	10,3 b
AX 892	240 a b	AX 892	2424 bc	0,91	AX 892	9,5 bc
SPS 5MO5	240 ab	DK 190	2266 bc	0,85	AX 878	8,9 bc
DK 190	219 b	AX 878	2266 bc	0,85	DK 190	8,9 bc
ADV '8330	218 b	ADV '8330	1821 c	0,68	ADV '8330	7,2 c
Promedio	238.9		2661			10.46
Valor de P	0,047		<0,0001			<0,0001
CV	9,42		24,53			24,54

Tabla 7c. Maíz: comparación entre FS

Fecha	PMG	KG/HA	EUA
1ra	179,92 b	1060,67 b	3,83 b
2da	238,9 a	2661,67 a	10,46 a
Valor de P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV	26,7	26,7	26,3
HIB x FS	**	**	**

Tabla 8a.- Soja: Primera FS.

VAR	P1000	VAR	Rend	RR	VAR	EUA
SPS 4 X 7	173 a	NA 4553	1093,6 a	1,24	NA 4553	3,4 a
SPS 4900						
RR	142 b	SPS 4 X 7	1068,1 a	1,21	SPS 4 X 7	3,3 a
DM 4970	139 b	DM 4970	1037,1 a	1,18	DM 4970	3,2 a
DM 4670	135 b	NA 4990	975,4 ab	1,11	NA 4990	3,0 ab
		SPS 4900			SPS 4900	
NA 4990	130 bc	RR	821,7 bc	0,93	RR	2,5 bc
SRM 4754	130 bc	NA 4613	768,1 cd	0,87	NA 4613	2,4 cd
NA 4613	130 bc	DM 4670	657,1 cd	0,75	DM 4670	2,0 cd
NA 4553	118 c	SRM 4754	628,5 d	0,71	SRM 4754	1,9 d
Promedio	136.9		881			2.72
Valor de P	<0,0001		<0,0001			<0,0001
CV	9,88		17,03			17

Tabla 8b.- Soja: Segunda FS.

VAR	P1000	VAR	Rend	RR	VAR	EUA
SPS 4x7	115 a	DM 4970	1722,7	1,32	DM 4970	7,3
DM 4970	114 a	SPS 4900 RR	1625	1,25	SPS 4900 RR	6,9
SPS 4900 RR	114 a	SRM 4754	1523	1,17	SRM 4754	6,5
DM 4670	108 ab	DM 4670	1443	1,11	DM 4670	6,2
NA 4553 RG	107 ab	SPS 4x7	1430	1,1	SPS 4x7	6,1
NA 4990 RG	107 ab	NA 4613 RG	1352	1,04	NA 4613 RG	5,8
NA 4613 RG	103 ab	NA 4990 RG	1329	1,02	NA 4990 RG	5,7
SRM 4754	95 b	NA 4553 RG	1297	0,99	NA 4553 RG	5,5
Promedio	107.7		1465			6.25
Valor de P	NS		NS			NS
CV	7,58		19,6			19,7

Tabla 8c. Soja: comparación entre FS

FS	P1000	Rend	EUA
Primera	136,94 a	881,18 b	2,72 b
Segunda	107,77 b	1465,15 a	6,25 a
Valor de P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV	9,62	18,54	19,6
VAR*FS	NS	NS	NS

Tabla 9a. EUA por cultivo

CULTIVO	EUA
GIRASOL	12,42 a
MAIZ	7,14 b
SOJA	4,44 c
Valor de P	<0,0001

Tabla 9b. EUA por FS

Fecha	EUA
1ra	5,93 b
2da	10,07 a
CV	34,71
p-valor	<0,0001
CULTIVO xFS	<0,0001

Tabla 9c. EUA por cultivo y FS

CULTIVO	Primer FS	Segunda FS
GIRASOL	11,24 a	13,59 a
MAIZ	3,83 b	10,46 b
SOJA	2,72 c	6,17 c
CV	26,05	34,87
p-valor	<0,0001	<0,0001

