

## AGROCLIMAS DEL CULTIVO DE GIRASOL EN LA ARGENTINA

E. M. Sierra, G. M. Murphy (1)

*Recibido: 16/9/85*

*Aceptado: 8/4/86*

### RESUMEN

Debido a una muy especial interacción de factores ambientales, económicos y tecnológicos, en la Argentina, durante la década del '70, tuvo lugar una verdadera revolución en la producción de girasol, con un firme aumento en el rendimiento y contenido de aceite, mientras su área de cultivo aumentaba hasta un nivel sin precedentes a medida que dejaba su zona original y se extendía hacia nuevas regiones.

Fueron analizados los factores más importantes que afectaron este proceso, identificando y evaluando aquellos de origen agroclimático. Se desarrolló una clasificación en escala macroclimática con diez zonas que proporciona una guía de los principales agroclimas en los que se cultiva el girasol en la Argentina.

Para cada zona se analiza el área cultivada, su evolución, la época de siembra, el régimen térmico e hídrico y los rendimientos.

### AGROCLIMATES FOR SUNFLOWER CROP IN ARGENTINA

#### SUMMARY

Due to a very special arrangement of environmental, economical and technological factors, a revolution in sunflower production took place in Argentina during the seventies, with yield and oil percentage increasing at a steady rate, while its growing area rose to an unprecedented level as it left its original location to spread into new zones.

The main factors affecting this process were analyzed, attempting to identify and to evaluate the intervening agroclimatic factors. A ten zones (A to J) macro scale classification was developed, providing a guide to the principal agroclimates under which sunflower is grown in Argentina. For each agroclimate zone, cultivated area, trend, planting date, thermal and hydrologic regime, and yields were dealt with.

### INTRODUCCION

El rendimiento y la calidad del girasol, durante mucho tiempo, se mantuvieron por debajo de los niveles posibles de lograr en las condiciones locales y con la tecnología disponible. Sólo en los años recientes, esta modalidad comenzó a revertirse dándose a su

cultivo la importancia que merece.

La evolución del cultivo del girasol en la Argentina constituye un proceso complejo debido a la interacción entre factores económicos, tecnológicos y climáticos fluctuantes, no habiendo alcanzado aún el equilibrio que caracteriza a otras especies cuyas áreas de cultivo y modalidades bioclimáticas se

(1) Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Agronomía de la U.B.A. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina, e Investigadores del CONICET.

hallan establecidas desde hace tiempo. Por el contrario, el girasol se encuentra en plena evolución, con importantes mejoras fitogenéticas y tecnológicas durante el último decenio, unidas a un notable incremento en la atención dispensada al cultivo por productores y técnicos.

Por estas razones, el estudio agroclimático de esta especie adquiere características muy peculiares, debiendo abandonarse la premisa del equilibrio entre la distribución del cultivo y las disponibilidades climáticas zonales. Además, existe una falta de continuidad en la distribución espacial del cultivo, por lo que los límites de las zonas de distinta aptitud agroclimática sólo pueden ser trazados en forma aproximada. Habrá que aguardar a que se produzca la mencionada condición de equilibrio para hacerlo en forma definitiva.

Estas causas determinaron que el presente estudio se concentrara en el análisis de los factores generadores de la actual evolución del cultivo, llevándose a cabo una caracterización agroclimática de las zonas donde se concentra su área de siembra, así como de las zonas donde el cultivo se halla en franco aumento o disminución, indicando, en cada caso, los límites aproximados que pueden establecerse con la actual definición del sistema.

## MATERIALES Y METODOS

Los requerimientos de información climática y meteorológica fueron resueltos mediante el sistema automatizado de procesamiento de datos hidrológicos que la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Agronomía está implementando en el Centro de Tecnología y Ciencias de Sistemas de la Universidad de Buenos Aires, a partir de registros proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, la Unidad Agrometeorológica del INTA y otras fuentes. Este sistema ha sido empleado anteriormente en varios estudios agroclimáticos, y una descripción de sus aspectos más relevantes pue-

de encontrarse en Sierra (1984).

En cuanto a la información sobre comportamiento del cultivo el problema resultó mucho más arduo pues, si bien existen extensos registros llevados por diversos organismos, ninguno de los mismos responde exactamente a las necesidades de un estudio agroclimático, de manera que, para satisfacerlos, resultó imprescindible combinar distintas fuentes. Fue necesario realizar una considerable labor de recopilación y depuración de datos de diversas procedencias, para disponer de un archivo en soporte magnético, dado que el gran volumen de los datos obtenidos hacía indispensable su procesamiento en forma automática.

En lo referente a datos de ensayos experimentales fueron consultados los archivos de la Red Oficial de Ensayos Territoriales (ROET), de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, de los Ensayos Regionales del Programa de Oleaginosas del INTA y de los Ensayos Bioecológicos del Programa de Oleaginosas del INTA.

Además se incluyeron en el análisis datos de manejo de cultivos comerciales provenientes de establecimientos que integran el CREA Henderson-Daireaux, a fin de evaluar hasta qué punto las fechas y densidades de siembra empleados en los ensayos experimentales reflejan las prácticas habituales. El cotejo entre los datos de ensayos experimentales y los de manejo de cultivos comerciales, indicó que existían grandes lagunas en el conocimiento de los datos fenológicos reales del cultivo en sus diferentes zonas. Para aclarar este importante punto se remitió una encuesta a alrededor de cincuenta consultores en distintos lugares de la región girasolera.

Para tener una visión general del fenómeno se emplearon los datos de estimaciones agrícolas de la Secretaría de Agricultura, que si bien constituyen la fuente menos detallada, el hecho de que sus observaciones cubran la totalidad del área girasolera las hace muy valiosas, habiéndose comprobado en estudios anteriores su notable grado de coherencia (Sierra y Pórfido, 1980; Sierra y Murphy, 1982). Datos complementarios sobre la evo-

lución del contenido de aceite fueron extraídos de los registros de comercialización publicados por la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (C.I.A.R.A., 1982).

La metodología empleada fue, fundamentalmente, la desarrollada a través de una serie de estudios de zonificación agroclimática de los cultivos del trigo y de la soja (Pascale y Damario, 1961; Pascale, 1969), combinada con la técnica de modelado aplicada en trabajos anteriores sobre maíz y girasol (Sierra y Pórfido, 1980; Sierra y Murphy, 1982; Pascale *et al*, 1977; Pascale y Troha, 1977).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Evolución del cultivo

En la figura 1 (a) se observa la distribución geográfica del cultivo, promedio de tres campañas agrícolas (1978/79 a 1980/81), pudiendo identificarse ciertas zonas donde su concentración es mayor, aunque no es posible adjudicarles un carácter definitivo, pues durante el decenio anterior (1968/69 - 1977/78), el área girasolera experimentó una notable evolución, cuyo proceso continúa. Las superficies sembradas departamentales presentan tendencias significativas, tanto positivas como negativas (Figura 1 (b)), dando la impresión de que, durante el lapso analizado, tuvo lugar una suerte de reubicación del cultivo, lo cual se hace aún más evidente cuando se consideran los incrementos porcentuales sobre el área original (Figura 1 (c)).

Es muy difícil atribuir directamente este fenómeno a causas climáticas, por la existencia de causas económicas bien conocidas que permiten explicarlo en buena medida, resultando necesario considerar su interacción, aunque sólo sea en forma aproximada.

Las disminuciones más significativas de las áreas sembradas tuvieron lugar en la zona centro y norte de la provincia de Buenos Aires (Figura 1 (b) y (c)), donde el cultivo estuvo firmemente establecido durante mucho tiempo y cuyo agroclima es, muy posible-

mente, uno de los más adecuados para la especie, aunque la competencia con cultivos más rentables, como el maíz y la soja, determinó la paulatina disminución de su área de siembra dentro de la misma, desplazándolo hacia la periferia de dicha zona.

Este fenómeno puede interpretarse en el contexto de una interacción entre factores agroclimáticos y factores económicos, pues dentro de esta conjunción de circunstancias, la plasticidad y rusticidad del girasol le permitieron hacer de punta de lanza en el proceso de introducción de cultivos no tradicionales en nuevas áreas, donde otros cultivos más rentables pero no tan adaptables, se hallaban en desventaja ante condiciones agroclimáticas menos favorables.

Además, llama la atención que la distribución geográfica de los rendimientos (Figura 1 (d)) no pone de manifiesto diferencias zonales tan marcadas como las señaladas para soja (Pascale y Rodríguez, 1981) o para maíz (Sierra y Pórfido, 1980; Sierra y Murphy, 1982). No obstante, debe señalarse que el rendimiento en kilogramos de semilla por hectárea no es el mejor indicador de productividad, incrementada en el girasol a través del porcentaje de aceite, aspecto no reflejado por las estadísticas disponibles. Afortunadamente, los registros de producción de aceite y de molienda de semilla a nivel del país (CIARA, 1982), brindaron una oportunidad de inferir en forma aproximada la evolución del porcentaje de aceite y su asociación con los otros componentes de la productividad.

En el cuadro 1 se indican los resultados de dicho análisis, pudiendo observarse (Asociación 2) que el porcentaje de aceite experimentó un significativo aumento durante el período 1963-82, correlacionado con los aumentos de la superficie sembrada (Asociación 3) y los del rendimiento (Asociación 4). La combinación del aumento del porcentaje de aceite con el aumento de rendimiento se tradujo en un incremento significativo del rendimiento en kilogramos de aceite por hectárea (Asociación 5). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que está próximo a ser alcanzado el techo tecnológico del porcentaje de

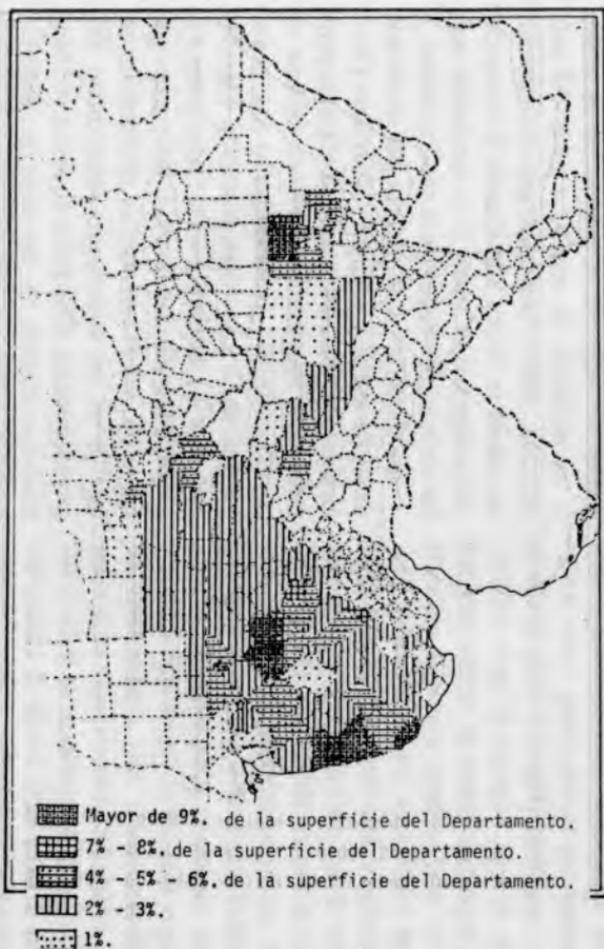


Figura 1a: Concentración de la superficie sembrada con girasol (período 1978/79 - 1980/81)

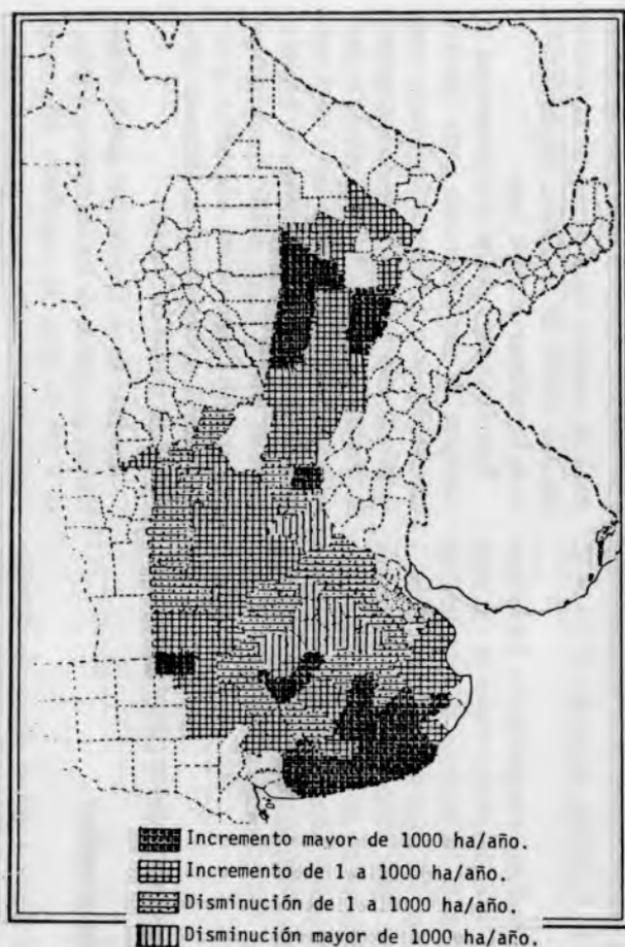


Figura 1b: Incremento absoluto de la superficie sembrada con girasol (período 1968/69 - 1977/78)

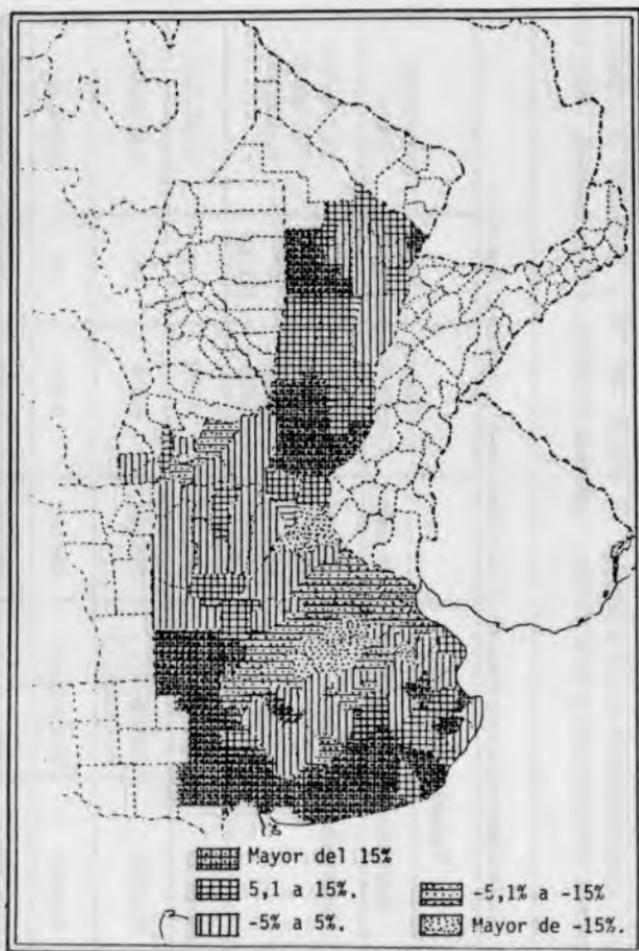


Figura 1c: Incremento porcentual de la superficie sembrada con girasol (período 1968/69 - 1977/78).

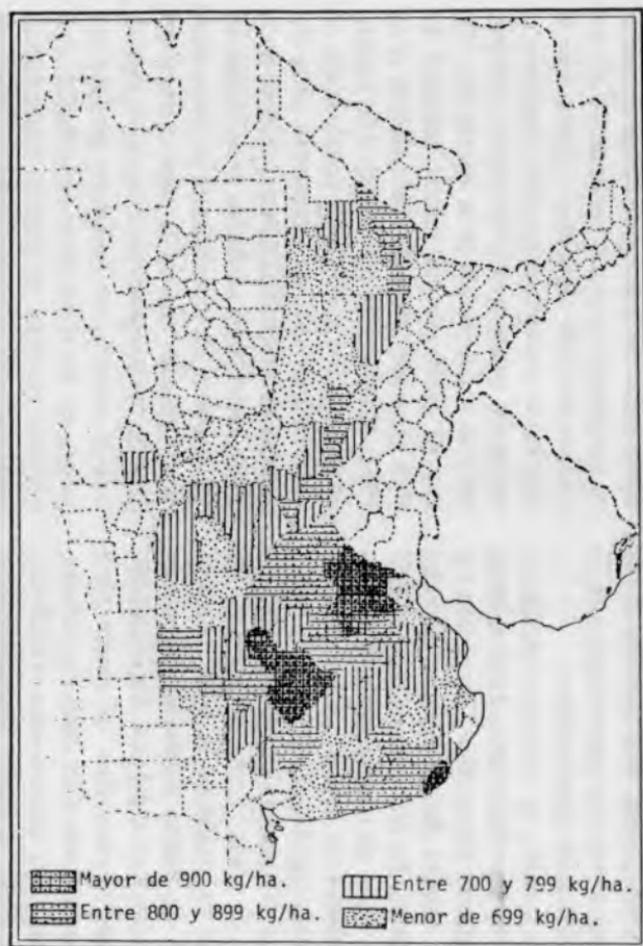


Figura 1d: Distribución geográfica de los rendimientos en la región girasole-  
ra argentina (período 1967/68 - 1977/78)

aceite (alrededor del 50%), mientras que el rendimiento de semillas por hectárea, especialmente en áreas donde el cultivo se ha difundido recientemente, está lejos aún de poder expresar el máximo aprovechamiento de las disponibilidades agroclimáticas.

En este sentido, es ilustrativo analizar la evolución de los rendimientos desde el inicio de los registros disponibles (Asociación 1), en la que pueden distinguirse tres períodos bien definidos. En una primera etapa (1929-41), tuvo lugar un incremento significativo de los rendimientos, seguido de una disminución también significativa (1942-59), reestableciéndose el aumento de los rendimientos alrededor de 1960, hasta el presente. En cambio, si se considera la serie completa (1929-82) no existe tendencia, de manera que, al menos a nivel del país, los rendimientos actuales representaban un avance poco notable con respecto a los niveles ya alcanzados al final de la primera etapa (1929-41). En consecuencia, la mayor productividad de los cultivares actuales debe atribuirse en buena medida a su mayor porcentaje de aceite.

#### Posibles efectos de las fluctuaciones climáticas

Se acepta corrientemente que el aumento de la demanda internacional y la introduc-

ción de mejoras tecnológicas y fitogenéticas, fueron las causas principales de la evolución del cultivo analizada previamente. No obstante, existe un importante factor ambiental no considerado hasta el presente. En efecto, algunos estudios climáticos sugieren que el régimen de precipitaciones de la Argentina se encuentra sujeto a una fluctuación positiva, iniciada a comienzos de la década del '50, que ha alcanzado sus valores máximos en años recientes (Minetti, 1981; Minetti *et al.*, 1982; Minetti y Sierra, 1983). Aún cuando esta afirmación es objeto de controversia, resulta evidente que un incremento en la frecuencia de precipitaciones por encima de la media causó desde mediados de la década del '70 una serie de inundaciones en las cuencas de los grandes ríos de la zona oriental del país. En los márgenes de la región de agricultura de secano, este fenómeno produjo una mejora en las condiciones hidrológicas permitiendo extender su frontera hacia nuevas zonas, proceso en el cual también jugaron un rol importante la tecnología moderna y la versatilidad del girasol.

El referido incremento en la demanda mundial se debió, al menos parcialmente, a la existencia de la fluctuación climática negativa que afectó al Hemisferio Norte durante la década del '70 y perjudicó la actividad agrícola (Gribbin, 1982; Bernard, 1980; De

Cuadro 1. Asociaciones entre componentes de la producción de girasol en la Argentina.

Asociación	Variables Analizadas		Periodo	Coeficiente Correlación	Nivel Signif.	Incremento Anual
	Dependiente	Independiente				
1	Rendimiento	Año	1929-41	0,739	1%	28,7 kg/año
			1942-59	-0,787	1%	-17,2 kg/año
			1960-82	0,640	1%	12,6 kg/año
			1929-82	-0,015	No sig.	
2	% aceite	Año	1963-82	0,590	1%	0,52%/año
3	% aceite	Superficie Sembrada	1963-82	0,658	1%	0,01%/100 ha
4	% aceite	Rendimiento	1963-82	0,444	5%	0,02%/kg
5	kg aceite/ha	Año	1963-82	0,690	1%	8,69 kg/año

Nevi, 1982), especialmente en la U.R.S.S. cuya producción de girasol cayó un 25% con respecto a los niveles precedentes, dejando un buen mercado para las exportaciones argentinas. Sin duda, el aumento de la demanda de alimentos causado por el incremento de la población mundial, unido a la disponibilidad de tecnología moderna, hubieran determinado, de todas maneras, una tendencia positiva a la producción argentina de girasol, pero parece difícil que una verdadera revolución, como la de la década del '70, se produjera sin una especial evolución del clima en ambos hemisferios.

Además, resulta llamativo que la primera difusión exitosa del girasol tuviera lugar durante la década del treinta, cuando otra fluctuación climática negativa estaba afectando la producción agrícola del Hemisferio Norte (Gribbin, 1982; De Nevi, 1982), mientras mucha de la evidencia disponible señala que las condiciones en la Argentina eran predominantemente normales, salvo durante un breve período, alrededor de 1937 (Minetti, 1981, Minetti *et al*, 1982; Minetti y Vargas, 1980).

Por lo tanto, puede sospecharse que fluctuaciones climáticas en ambos hemisferios, tal vez inversamente correlacionados, puedan estar poniendo en marcha los ciclos productivos analizados precedentemente y, posiblemente, afectando la ubicación del cultivo del girasol en la región oriental de secano.

### Características bioclimáticas del girasol

#### a) Intensidad lumínica

El girasol alcanza la saturación lumínica con altas intensidades (Hesketh y Moss, 1963), a la vez que el fototropismo de sus hojas hace que la interceptación de la radiación solar sea mayor que la de otros cultivos (Shell y Lang, 1976), características que le permiten efectuar un eficiente aprovechamiento de este importante elemento bioclimático, dentro de una amplia gama de intensidades.

No obstante, por pertenecer al tipo de plantas con metabolismo fotosintético C-3, el

girasol presenta fotorespiración (Goldsworthy, 1975; Moss, 1966; Zelitch, 1977) que triplica aproximadamente el valor correspondiente a la escotorespiración (Ludwig y Calvin, 1971). Esta característica comporta una desventaja para su cultivo en ciertas áreas, como el norte de Santa Fe y la provincia del Chaco, para las cuales resulta muy atractiva la idea de llevar a cabo el desarrollo de ecotipos con metabolismo fotosintético C-4.

En lo que hace al ritmo fotosintético, el girasol es capaz de mantener un nivel de alrededor de  $30 \text{ mg dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  dentro de cierto rango de temperatura, pudiendo distinguirse dos grupos de cultivares con distinta respuesta (FAO, 1978).

El primero de dichos grupos corresponde a cultivares de climas templados, con un rango operativo de entre 5 y 30° C, y un rango óptimo de entre 15 y 20° C. Por su origen geográfico, resulta evidente que la mayoría de los cultivares difundidos en la Argentina corresponden a este grupo, lo cual explica su buena adaptación al clima oceánico fresco del sur de la provincia de Buenos Aires donde el cultivo dispone de su rango térmico óptimo, mientras que para su introducción en el norte de Santa Fe y en el Chaco debió recurrirse a siembras de invierno.

El segundo grupo corresponde a cultivares de clima cálido, cuyo rango operativo va de 10 a 35° C, con un rango óptimo de entre 25 y 30° C. En este grupo se encuentra potencialidad interesante, no utilizada aún, para el desarrollo de cultivares adaptados a las áreas subtropicales de la región girasolera argentina.

#### b) Temperatura

El girasol se adapta muy bien a siembras tempranas, pues puede germinar con temperaturas del orden de los 4° C, lo que unido a una elevada resistencia al frío, tolerando descensos térmicos de hasta -5° C cuando la planta es joven, constituyen componentes de la plasticidad del cultivo. No obstante, debe señalarse que el proceso de germinación es óptimo entre 8 y 10° C (Cotte, 1957), pero

la emergencia es más segura alrededor de los 15° C (Robinson, 1978) pues, a medida que la planta continúa su ciclo su sensibilidad al frío aumenta considerablemente y, cuando tiene ocho hojas, temperaturas de unas pocas décimas bajo cero pueden dañar la yema apical.

La temperatura inicial de crecimiento del girasol ha sido estimada entre 0° C (Keefer *et al*, 1976), 1° C (Doyle, 1975) hasta valores de 7° C (Robinson *et al*, 1967; Robinson, 1971) para estudios realizados en el exterior, mientras que en la Argentina el nivel de 0° C fue hallado como la temperatura base más apropiada (Perfumo, 1974), lo cual pone de manifiesto que los materiales de difusión local corresponden al grupo de cultivares de clima templado.

Por último, debe señalarse que temperaturas sobre 35° C producen una disminución sensible en el porcentaje de aceite y rendimiento (Klyuka y Tsukarni, 1975), especialmente en el caso de cultivares de clima templado, lo cual constituye una de las limitaciones del cultivo hacia el norte de nuestro país.

### c) Fotoperíodo

El fotoperíodo no afecta sensiblemente la duración del ciclo del girasol (Robinson, 1971; Robinson *et al*, 1967), aunque se han detectado ciertos efectos sobre el número de hojas por planta al momento de la floración.

En general, puede aceptarse que bajo las condiciones locales y con los cultivares difundidos en la actualidad no es necesario tener en cuenta el efecto del fotoperíodo en la elección del lugar y época de siembra.

### d) Requerimientos hídricos

El girasol utiliza aproximadamente 600 gramos de agua por gramo de materia seca producida, lo cual resulta un valor moderado

con respecto a otros cultivos de metabolismo fotosintético C-3.

No se trata de un cultivo especialmente resistente a las sequías, aunque debe señalarse que logra mantener un comportamiento satisfactorio cuando otras especies resultan dañadas seriamente, lo cual es otra de las componentes de su rusticidad y adaptabilidad, que en ciertas condiciones lo hacen preferible frente a otras opciones potencialmente más rentables, como soja o maíz.

Aunque la falta de agua durante la germinación puede comprometer seriamente la producción (Pascale y Troha, 1977), el subperíodo crítico en lo que hace a la satisfacción de los requerimientos hídricos va desde unos 20 días antes hasta unos 20 días después de la floración (Robelin, 1967; Robinson, 1973; Rollier, 1975; Rollier y Pierre, 1975).

### Factores agroclimáticos incidentes sobre el comportamiento del cultivo en la región girasolera argentina

A fin de determinar los factores agroclimáticos que delimitan la distribución del cultivo en la Argentina, se efectuó un análisis de las necesidades bioclimáticas del cultivo en cada uno de los subperíodos que constituyen su ciclo vegetativo anual.

El desarrollo fenológico del cultivo de girasol se ha estimado para localidades representativas de las distintas áreas. Es de destacar la falta de registros confiables sobre un aspecto tan importante, por lo que los valores fueron derivados a partir de la encuesta indicada en Materiales y Métodos (1). Las fechas corresponden a siembras normales, salvo para Pergamino, aunque actualmente en esa área las siembras de segunda se han reducido considerablemente.

Con los datos fenológicos del Cuadro 2 se efectuó el análisis de las disponibilidades climáticas zonales, condicionadas por la elección de la fecha de siembra. Cuando se trata

(1) Se desea destacar el asesoramiento brindado sobre este punto por el Ing. Agr. Guillermo Vidal Aponte, Profesor de la Cátedra de Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía de la U.B.A.

Cuadro 2. Fenología del cultivo de girasol en distintas regiones de cultivos en la Argentina.

	Villa Angela (Chaco)	Esperanza (Sta. Fe)	Pergamino (Buenos Aires)		Nueve de Julio (Bs. As.)	Tres Arroyos (Bs. As.)	Balcarce (Bs. As.)	Santa Rosa (La Pampa)
			1º siemb.	2º siemb.				
Siemb.	Mdos. julio	Mdos. agosto	Princ. noviem.	Mdos. diciem.	Mdos. octubre	Princ. noviem.	Princ. noviem.	octubre
Florac.	Mdos. sept.	Princ. noviem.	Princ. enero	Mdos. febrero	Mdos. diciem.	Princ. enero	Mdos. enero	diciem.
Madur.	Mdos. diciem.	Fines diciem.	Princ. marzo	Mdos. abril	Fines febrero	Fines febrero	Fines marzo	marzo

de siembras de las denominadas normales, se tiende a efectuarlas lo más temprano que permite el régimen de heladas para brindarles el ambiente más fresco posible, lo cual es indicativo de que los cultivares disponibles pertenecen al grupo de origen de clima templado.

#### a) Condiciones térmicas

El Cuadro 3 presenta las condiciones térmicas que afectan al cultivo a lo largo de su ciclo en localidades representativas de las distintas zonas. Para la germinación se indican a través de las temperaturas media del aire del mes de siembra, pues no existen datos climáticos publicados de temperatura del suelo, justificando dicha sustitución, la estrecha correlación existente entre ambas variables. Puede apreciarse claramente que, en todas las localidades, la germinación se produce con temperaturas superiores a 10° C, ocurriendo la emergencia con temperaturas de alrededor de 15° C, es decir, dentro del rango óptimo para la fotosíntesis (FAO, 1978). Asimismo, puede advertirse que el riesgo de daño en la emergencia, producido por temperaturas inferiores a -5° C, es prácticamente nulo, según los valores de temperatura mínima mensual media del mes de siembra, y de sus respectivas variabilidades (Cuadro 4).

Un mes después de la emergencia la planta se hace más sensible a las bajas tempera-

turas, y puede observarse que en varios lugares la probabilidad de años con heladas aumenta, llamando especialmente la atención en la parte norte de la región girasolera donde, a consecuencia de la necesidad de adelantar el cultivo para escapar a las condiciones estivales adversas, las heladas parecen adquirir mayor importancia. Aunque en realidad no se tiene evidencia de que dicha amenaza llegue a concretarse en daños de real importancia, sería preferible disponer de cultivares del grupo de clima tropical, que sembrados algo más tarde toleren la mayor disponibilidad térmica, eliminando así el peligro de heladas.

La posibilidad de ocurrencia de temperaturas superiores a 35° C durante períodos prolongados es también muy baja, aunque debe hacerse notar que en la zona norte dicha probabilidad existe y justifica, nuevamente, la necesidad de siembras tempranas para escapar a excesos térmicos.

El cuadro 5 muestra los valores de sumas de temperaturas disponibles para cada subperíodo en las distintas localidades analizadas, resaltando que el ciclo del cultivo puede cumplirse satisfactoriamente dentro de un rango bastante amplio, sin que este elemento bioclimático se manifieste como limitante, aún cuando, en el caso de Tres Arroyos, la disponibilidad térmica para el subperíodo floración-maduración está un poco por debajo del valor de 1050° C señalado por Anderson (1975) para dicho subperíodo.

Cuadro 3. Condiciones térmicas en las que se efectúa el cultivo del girasol en algunas localidades de la región girasolera argentina.

Etapa	Índice Climático	Villa Angela (Chaco)	Esperanza (Sta. Fe)	Pergamino (Buenos Aires)	
				1º época	2º época
Mes de siembra	T. media mensual	13,9	13,1	19,1	21,6
	T. mínima mensual media y D. T.	8,0 ± 2,5	7,4 ± 2,05	11,7 ± 1,1	14,0 ± 1,1
Mes pos- terior a la siembra	Prob. ocurrencias última heladas	24%	11%	0	0
Mes de floración	T. máx. mensual media y D. T.	28,6 ± 2,1	28,6 ± 1,68	26,0 ± 2,1	30,2 ± 1,8
	T. máx. mensual media y D. T.	35,0 ± 1,9	31,5 ± 1,85	26,9 ± 1,5	22,6 ± 1,4
Mes de maduración	Fecha media última helada y D. T.	31/7 ± 21,4	24/8 ± 27,1	9/9 ±	26,4
		Nueve de Julio (Bs. Aires)	Tres Arroyos (Bs. Aires)	Balcarce (Bs. Aires)	Santa Rosa (La Pampa)
Mes de siembra	T. media mensual	15,6	16,8	16,4	19,7
	T. mínima mensual media y D. T.	8,8 ± 1,37	10,0 ± 0,9	9,7 ± 1,27	11,4 ± 1,13
Mes pos- terior a la siembra	Prob. ocurrencias últimas heladas	0,5%	5%	1%	0
Mes de floración	T. máx. mensual media y D. T.	22,6 ± 1,61	30,5 ± 1,6	29,2 ± 1,65	32,3 ± 1,94
	T. máx. mensual media y D. T.	30,7 ± 2,32	29,4 ± 1,9	24,6 ± 1,50	22,1 ± 1,90
Mes de maduración	Fecha media última helada y D. T.	11/9 ± 25,4	15/10 ± 28,8	16/10 ± 21,8	4/10 ± 14,7

## b) Condiciones hídricas

Las condiciones hídricas predominantes en cada localidad durante los subperíodos crí-

ticos señalados anteriormente, calculadas por el método de Thornthwaite-Mather (1957), adecuado por Pascale y Damario (1977) al análisis de series temporales se incluyen en el

**Cuadro 4. Probabilidad de ocurrencia de diferentes situaciones térmicas que pueden afectar al cultivo de girasol.**

	% Probabilidad (años) de ocurrencia de:				
	Temp. mín. menores de -5° C en la emergencia	Heladas en el mes posterior a la siembra	Temperaturas máximas mayores de 35° C		
			Durante la floración	30 días después de florac.	60 días después de flor
Villa Angela	0	24	0	0	5
Esperanza	0	11	0	0	9
Pergamino					
1º época	0	0	0	0	0
2º época	0	0	0	0	0
Nueve de Julio	0	0,5	0	9	3
Tres Arroyos	0	5	0	0	—
Balcarce	0	1	0	0	0
Santa Rosa	0	0	8	0	0

**Cuadro 5. Suma de Temperaturas sobre 0° C para distintos subperíodos del girasol.**

Localidad	Siembra-Floración	Floración-Maduración	Siembra-Maduración
Villa Angela	1031	2060	3090
Esperanza	1366	1190	2556
Pergamino			
1º época	1249	1390	2639
2º época	1409	1142	2551
Nueve de Julio	1160	1585	2745
Tres Arroyos	1118	983	2101
Balcarce	1262	1272	2534
Santa Rosa	1532	1536	3068

Cuadro 6. Puede observarse que, término medio ( $p = 0,50$ ), la siembra se efectúa bajo condiciones de equilibrio o leve deficiencia de agua, aunque cuando se considera la ocurrencia de años secos ( $p \leq 0,20$ ), se nota la existencia de peligro de deficiencia hídrica en las localidades de clima menos húmedo.

Las condiciones hídricas durante la floración, etapa crítica por falta de agua, y los rendimientos normalmente buenos en la zona de Tres Arroyos, donde pueden ocurrir deficiencias superiores a 50 mm en uno de cada cinco años, están indicando un buen ín-

dice de la tolerancia del cultivo del girasol a situaciones hídricas adversas.

No obstante, las deficiencias considerables probables de ocurrir en La Pampa, indicarían a dicha área como límite de las condiciones bajo las cuales es posible su cultivo en secano y sólo posible durante años hídricamente favorables.

Si se considera la evapotranspiración relativa, es decir la relación porcentual entre la evapotranspiración real y la potencial, lo dicho anteriormente vuelve a hacerse evidente. En Tres Arroyos pueden ocurrir valores de evapotranspiración relativa inferiores a 58% en un año de cada cinco ( $p = 0,20$ ), mientras que en La Pampa para la misma probabilidad sólo se computa 32%, lo cual indicaría una considerable probabilidad de pérdida si se acepta al valor del 50% de evapotranspiración relativa como el límite de ocurrencia de daños aparentes. No obstante, en años en que el régimen hídrico se mantiene cerca de sus valores medianos ( $p = 0,50$ ), la evapotranspiración relativa suma valores poco o no limitantes en la totalidad de las localidades consideradas.

En cuanto a la maduración, en años en que el régimen hídrico se mantiene cerca de

Cuadro 6. Condiciones hídricas en las que se efectúa el cultivo del girasol en algunas localidades de la región girasolera argentina, con indicación del período analizado. Con los valores negativos y positivos se indican las deficiencias y excesos, respectivamente, y con cero las situaciones de equilibrio hídrico.

	P%	Villa	Esperanza	Pergamino		Nueve de	Tres	Balcarce	Santa
		Angela		1 <sup>o</sup> época	2 <sup>o</sup> época				
		1928/59	1930/61	1931/60	1931/60	1930/61	1932/61	1931/1960	1924/1966
Situación hídrica	20	- 8	- 8	-12	-21	0	- 8	- 7	-30
mes siembra	50	- 3	0	- 2	- 6	5	- 1	0	- 4
Situación hídrica	20	-17	-13	-31	-26	- 7	-50	-28	-90
mes floración	50	- 7	- 1	-11	- 7	0	-27	-13	-44
Evapotranspiración	20		85	75	74	82	58	75	32
relativa									
mes floración (1)	50		97	90	92	96	77	88	66
Situación hídrica	50	-16	-12	0	0	- 5	-16	0	-14
mes maduración	80	0	0	49	30	0	0	17	0

(1) Evapotranspiración Relativa: es la relación porcentual entre las evapotranspiraciones real y potencial.

sus valores normales ( $p = 0,50$ ), la misma transcurre bajo condiciones favorables en todos los ambientes analizados, aunque en los años con régimen hídrico por encima ( $p \geq 0,80$ ) se producen excesos de agua en las localidades de clima húmedo, especialmente en Pergamino, que no parecen constituir un peligro ya que no se cuenta con evidencia de que hayan provocado daños de consideración en la zona.

c) Complejos climáticos actuantes sobre el cultivo del girasol en la Argentina.

El cultivo del girasol en la Argentina se ha difundido en zonas cuyos climas difieren globalmente en forma considerable, aunque por ocupar el campo durante cierta parte del año, el complejo climático actuante está determinado por su ciclo fenológico. Con los datos fenológicos del Cuadro 2 y los climáticos correspondientes, se estimaron los rangos de condiciones bajo las cuales se realiza el cultivo (Cuadro 7). Es fácil advertir como en climas muy diferentes (por ejemplo los del Chaco y sur de Buenos Aires), el cultivo, a través de su comportamiento fenológico, aprovecha una gama de condiciones para cumplir su ciclo que, en la práctica, es mucho menos amplia de lo que cabría esperar. En efecto, hacia el norte las fechas de siembra se van adelantando y, en todas las zonas de la región girasolera, se efectúan con temperaturas de entre 14 y 16°C, coincidentemente con la fecha media de últimas heladas.

Esto equivale a decir que en el norte se aprovecha para el girasol la porción más fresca del período libre de heladas, escapando así a las condiciones térmicas adversas, por exceso, que afectarían a siembras más tardías. En el Chaco y norte de Santa Fe, donde las heladas no tienen lugar todos los años y sólo afectan un breve lapso invernal, inclusive es posible recurrir a siembras muy tardías, que completan su ciclo hacia el otoño, escapando, de esta manera, al efecto de las temperaturas excesivas durante el subperíodo crítico del cultivo.

En el sur de Santa Fe, norte de Buenos Aires y La Pampa la fecha de siembra está determinada por la ocurrencia de la última helada y, consecuentemente, la etapa de floración de los cultivos no puede eludir las temperaturas más altas del verano.

En lo que hace a las temperaturas actuando sobre la maduración, las diferencias son más notables, siendo bastante mayores las registradas en el norte pero, en esa etapa de la vida de la planta, su efecto perjudicial es muy poco marcado, no resultando significativas para el comportamiento del cultivo.

Las condiciones hídricas en el momento de la siembra son, término medio, bastante homogéneas, oscilando entre equilibrio y ligeras deficiencias, mientras que durante la floración se producen las diferencias más considerables entre las distintas zonas analizadas. El subperíodo crítico a la falta de agua coincide en todas las áreas, excepto en el norte de Santa Fe, con la concurrencia normal de condiciones hídricas deficitarias

Cuadro 7. Complejos climáticos en los cuales se desarrolla el cultivo del girasol en la Argentina.

	Mes de siembra	Temperatura media °C mes de			Fecha media última helada	Situación hídrica ( $p = 0,50$ ) en mes de (mm)			Fotop. del mes de floración (hs y déc)
		siembra	floración	maduración		siembra	floración	maduración	
Chaco	julio	14-16°	19-21°	26-27°	11-21/8	0 a -5	-5 a -20	-20 a -50	26°S 12,7 h
N. de Santa Fe	agosto	"	19-20°	23-25°	21/8 y 1/10	0 a -5	0 a -5	-10 a -20	39°S 14,1 h
N. de Santa Fe	septiembre	"	22-24°	21-23°	11/09	0	-10 a -20	0 a -20	34°S 15,2 h
N. de Bs. As.									
La Pampa	octubre	"	23°	20°	1-11/10	-5	-30	-5 a -20	36°S 15,6 h
S. de Bs. As.	octubre	"	20-21°	20-22°	11/10	-5	-10 a -20	-10 a -30	38°S 15,7 h

en aumento de este a oeste, hasta alcanzar el nivel de 30 mm de deficiencia media en La Pampa.

Sin embargo, es necesario tener cierta cautela en asignar una excesiva significación a éste índice más allá de su utilización geográfica comparativa, ya que el balance hidrológico seriado del cual fueron derivados los valores de situaciones hídricas probables señalados en el Cuadro 7, considera la cobertura de vegetación del suelo completa durante todo el año (Pascale y Damario, 1983). Además, no toma en cuenta que en zonas de régimen hídrico deficitario el productor lleva a cabo prácticas de manejo del agua del suelo que atenúan las deficiencias estimadas.

Las condiciones hídricas para la maduración también muestran diferencias entre las distintas zonas pero debe recordarse que, en esta etapa final del cultivo, cierto nivel de deficiencias puede resultar inclusive beneficioso. Por otra parte, no se presenta el peligro significativo de exceso, salvo en años decididamente anómalos, los cuales constituyen la adversidad de mayor importancia en la madurez y cosecha.

Por último, cabe destacar que las considerables diferencias fotoperiódicas durante la floración en las distintas zonas ponen de manifiesto la escasa incidencia de este factor anaptígeno sobre el comportamiento del cultivo.

Como resumen de lo expuesto puede señalarse que en la Argentina el cultivo del girasol se desarrolla en ambientes que, a pesar de corresponder a complejos climáticos diferentes, varían muy poco de una zona a otra, debido a la modificación de las épocas de siembra.

#### **Zonificación agroclimática del cultivo del girasol en la región oriental de secano**

Al intentar una zonificación agroclimática del girasol es necesario reiterar las limitaciones que deben tenerse en cuenta, dadas las condiciones actuales de desarrollo del cultivo. Según las razones expuestas anteriormente, dicha zonificación sólo es posible en esca-

la macroclimática, pues el cultivo está en proceso de encontrar su equilibrio con las disponibilidades climáticas zonales y, por lo tanto, sólo pueden indicarse las pautas que regulan su distribución general actual.

- a) El factor más importante en la relación del cultivo con el clima de las diferentes zonas, es la elección de la fecha de siembra, para lograr la adecuada concordancia de las disponibilidades climáticas con los requerimientos bioclimáticos del tipo de cultivares difundido actualmente. Dado que las siembras se realizan aproximadamente sobre la fecha media de última helada, coincidiendo con temperaturas del aire de alrededor de 14° C, puede efectuarse una primera división de la región girasolera en función del mes en que empiezan a manifestarse ambas condiciones.
- b) A partir de la siembra, el cultivo continúa su ciclo con temperaturas crecientes y, dado que los cultivares difundidos pertenecen al grupo de clima templado, la ocurrencia de niveles térmicos elevados constituyen una fuente de adversidad considerable. Por lo tanto, el segundo índice agroclimático utilizado fue la temperatura media del mes más cálido, por caracterizar adecuadamente las condiciones de la termofase positiva para la satisfacción de las necesidades calóricas de los cultivos (De Fina, 1950). Hacia el norte de la región girasolera la isolínea de 28° C para el mes más cálido, representa con razonable aproximación, el límite septentrional por exceso térmico estival. Asimismo, merece destacarse que en la zona de cultivo del sur de la provincia de Buenos Aires la fecha de siembra de octubre se corresponde con la temperatura del mes más cálido de 22° C, determinando que el ciclo del girasol se extienda entre las fechas medias de primera y última helada, en el rango óptimo de temperatura para los cultivares difundidos actualmente.
- c) La disponibilidad de temperatura (índi-

ces de a y b) demuestran su sensibilidad para delimitar la distribución norte-sur del cultivo, pero fue necesario considerar un índice hídrico que señalara los límites de la expansión hacia los climas semiáridos del oeste de la región de agricultura de secano. La elección de dicho índice resultó un tanto dificultosa pues, por el momento, la zonificación del cultivo es posible realizarla sólo en una escala macroclimática, mientras que los índices derivados del balance hidrológico seriado creyó conveniente recurrir a índices derivados del balance hidrológico climático (Thornthwaite, 1948), más congruente con la escala de trabajo analizada.

Del análisis de la distribución geográfica del cultivo (Figura 1a) surge con bastante claridad que el girasol se extiende en toda la región oriental de cultivo en secano y, dado que los límites hídricos de la misma pueden establecerse por medio de la isolínea correspondiente al valor de  $-20$  para el índice hídrico de Thornthwaite (Pascuale y Damario, 1983), se la utilizó en la delimitación zonal tentativa. Además, para señalar las diferentes combinaciones de condiciones favorables para el cultivo en las distintas zonas, se utilizó también la isolínea de índice hídrico de Thornthwaite igual a 0 que, según Burgos (1951), separa los climas húmedos y subhúmedos de los semiáridos y áridos.

Por lo tanto, la subregión a oriente de la isolínea de índice hídrico igual a 0 puede considerarse exenta de limitaciones hídricas para el cultivo, mientras que, a partir de dicha línea hacia el oeste comienzan a aumentar las deficiencias hídricas, hasta la isolínea de  $-20$  o límite occidental del cultivo en secano en la región oriental argentina.

Las zonas determinadas por estos índices agroclimáticos fueron representadas en la Figura 2, mientras que en el Cuadro 8 se efectúa una breve descripción de las características de cada una.

La caracterización de los suelos de la región y su incidencia sobre el cultivo del

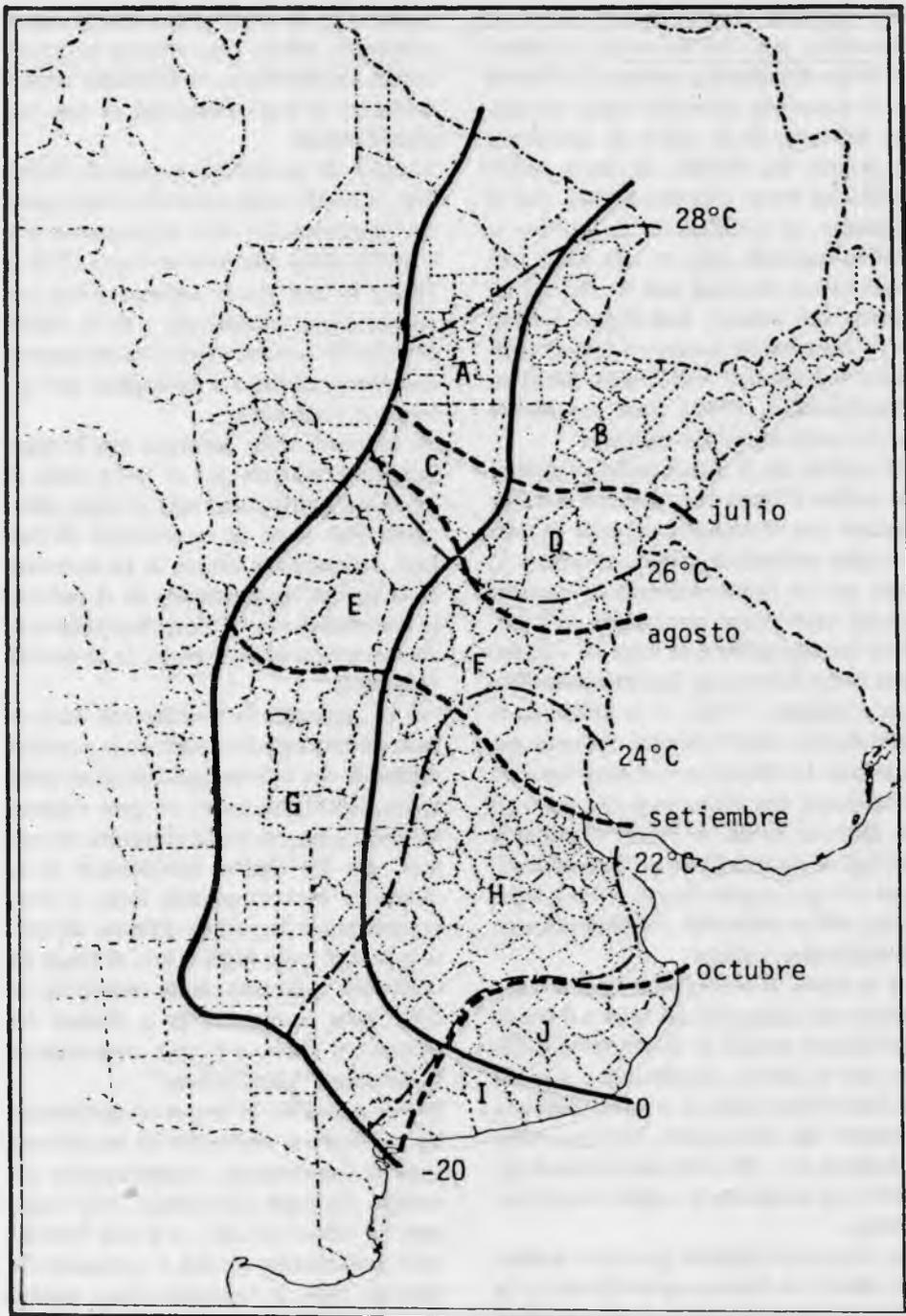
girasol producirá una carta que, superpuesta a la de zonificación agroclimática propuesta, servirá para intentar la zonificación agroecológica, de relevante importancia en la implementación de una política nacional.

Aunque de naturaleza puramente climática, la zonificación coincide en sus aspectos fundamentales con la propuesta por el INTA sobre una base ecológica (INTA, 1983), lo cual puede tomarse como una prueba de su consistencia y de la íntima correlación existente entre los fenómenos climáticos, edáficos y biológicos que integran el ecosistema.

No obstante, debe señalarse que la zonificación producida por el INTA sitúa el límite del cultivo algo más al oeste, abarcando gran parte de la provincia de San Luis, reflejando el avance de las fronteras de la agricultura producido en el país bajo las condiciones hídricas favorables predominantes desde comienzo de la década del setenta.

Por el contrario, la zonificación desarrollada en este estudio considera la posición media de los índices agroclimáticos utilizados, calculados sobre un gran número de años, o sea en escala climática, de manera que los límites establecidos en la misma se encuentran más hacia el este, representando la posible difusión del cultivo para el ciclo hídrico con el rango de oscilación registrado desde principios de siglo hasta comienzos de la década del setenta, es decir, a lo que comunmente se denomina "clima normal".

Por el momento es imposible predecir si las condiciones favorables de los últimos años se mantendrán, constituyendo un cambio climático permanente, si se retornará al "clima normal", o si una fluctuación desfavorable vendrá a compensar la anterior pero, en cualquier caso, resulta prudente tener en cuenta que la variabilidad es una de las principales características del clima, razón por la cual, la vulnerabilidad de un sistema de producción ajustado al extremo más favorable de su



- Índice hídrico de Thornthwaite
- - - - - Mes de ocurrencia de la temperatura media de 14° C
- · - · - Temperatura media del mes más cálido

Figura 2: Zonificación agroclimática del cultivo del girasol en la región oriental de secano.

Cuadro 8. Descripción agroclimática de las zonas girasoleras argentinas.

Característica	Zonas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Superficie sembrada	media a alta	reducida	reducida	reducida en Santa Fe. Muy reducida en el resto.	muy reducida	reducida	reducida	media a alta	alta	media a alta
Evolución del área sembrada	en aumento	en aumento	en aumento	en aumento en Santa Fe. No definido en el resto.	no definido	en definido	no definido al Norte. En aumento al Sur.	en disminución	en aumento	en aumento
Rendimiento	bajos	regulares al oeste y bajos al este.	bajos	bajos	bajos	regulares al oeste y bajos al este.	regulares a bajos	regulares a buenos	buenos	buenos
Característica térmica del verano	caliente	caliente	caliente	caliente	templado cálido	templado cálido	templado cálido al Norte. Templado al Sur.	templado cálido al Noroeste. Templado el resto.	fresco	fresco
Temperatura media del mes más cálido	26° a 28° C	26° a 28° C	26° a 28° C	26° a 28° C	24° a 26° C	24° a 26° C	24-26° al Norte. 22-24° C al Sur.	24-26° al Noroeste. 22-24° C el resto.	menos de 22° C	menos de 22° C
Epoca de siembra	Invernal	Invernal	Invernal tardía	Invernal tardía	Primaveral temprana	Primaveral temprana	Primaveral	Primaveral	Primaveral tardía	Primaveral tardía
	Para escapar de las altas temperaturas estivales.				Con moderada incidencia de altas temperaturas estivales.			Exenta de excesos térmicos estivales.		
Régimen hídrico	Subhúmedo seco	Subhúmedo húmedo	Subhúmedo seco	Subhúmedo húmedo	Subhúmedo seco	Subhúmedo húmedo	Subhúmedo seco	Subhúmedo húmedo	Subhúmedo seco	Subhúmedo húmedo
Aptitud climática	regular	buena	regular	regular a buena	regular	buena	regular	muy buena	buena a muy buena	muy buena

amplitud es un riesgo muy grande para la economía nacional.

Durante la década del setenta y lo que va de la del ochenta, las condiciones climáticas han sido favorables para la agricultura argentina de secano, favoreciendo su expansión hacia nuevas áreas, proceso en el que el girasol jugó un rol importante.

Por esta causa, es conveniente tener en cuenta el hecho de que, por haberse difundido hacia zonas poco aptas bajo condiciones agroclimáticas medias, este cultivo ocupa actualmente algunas áreas de elevado riesgo de producirse una fluctuación negativa en el régimen hídrico.

Dado que la agricultura moderna resultó ser muy vulnerable al impacto climático durante la fluctuación negativa que afectó al Hemisferio Norte, sería muy importante que se dedicaran esfuerzos al desarrollo de sistemas de producción que no sólo fueron altamente redituables, sino que además tuvieran capacidad para resistir condiciones adversas sin una total pérdida de productividad.

Por lo tanto, puede señalarse que las diferencias entre las dos zonificaciones analizadas, constituyen una buena base para la elaboración de esquemas de trabajo adaptados a las distintas alternativas que pueden emerger en el futuro, frente a las cuales sería necesario contar con planes previamente elaborados.

### CONCLUSIONES

1. El período analizado corresponde a un proceso de activa evolución del cultivo del girasol en la Argentina, por lo que los límites agroclimáticos de su área de difusión sólo pueden ser trazados en forma aproximada debiendo esperarse hasta el establecimiento de una nueva situación de equilibrio antes de poder hacerlo con mayor precisión.

2. Los principales condicionantes agroclimáticos de la difusión del girasol en nuestro país son la disponibilidad de un período anual con temperaturas moderadas, y la existencia de un balance hídrico equilibrado durante el mismo. A partir de dichos índices pudo llevarse a cabo una zonificación dentro de la cual se describen los principales agroclimas bajo los cuales se encuentra difundida la especie.

3. Merced a su plasticidad adaptativa, el girasol ha servido de avanzada en la expansión de la agricultura hacia el oeste iniciada durante la década del setenta, no obstante lo cual, puede señalarse la conveniencia de: a) desarrollar cultivares adaptados a altas temperaturas, lo que permitiría la difusión del cultivo hacia el norte, aprovechando áreas de régimen hídrico adecuado; b) desarrollo de cultivares adaptados a suelos con limitantes climáticas por exceso hídrico, lo cual permitiría la expansión del cultivo dentro de la Mesopotamia.

4. Dado que la presente expansión de la agricultura ha tenido lugar durante un período de fluctuación positiva del régimen hídrico, debería tenerse en cuenta que la reversión de esta situación produciría un reacondicionamiento de las áreas dedicadas a las distintas especies.

Dentro de esta hipótesis, es de fundamental importancia el desarrollo de sistemas productivos alternativos que permitan una rápida adaptación a situaciones climáticas no tan favorables como las actuales.

### BIBLIOGRAFIA

- 1) Bernard, H. W., 1980. "The greenhouse effect" Ballinger Publising Company, Cambridge, U. S.A., p. 188.
- 2) C.I.A.R.A., 1982. Anuario Estadístico de Oleaginosas. Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina. 192 págs.

- 3) Cotte, A., 1957. "Sunflower used as a forage crop" *Ann. Amelior. Plant.* 7: 349-357.
- 4) De Fina, A. L., 1950. "Sistema práctico para dividir los países en distritos agroclimáticos". *Rev. de Investigaciones Agrícolas*, 4 (4): 341-355. Pub. N° 16. Instituto de Suelos y Agro-tecnia.
- 5) De Nevi, P., 1982. "El pronóstico meteorológico". Editorial Tres Tiempos, Buenos Aires, p. 149.
- 6) Doyle, A. D., 1957. "Influence of temperature and daylength on phenology of sunflower in the field". *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15: 88-92.
- 7) F.A.O., 1978. "Report on the agro-ecological zones project" Vol I Methodology and results for Africa" N° 48.
- 8) Goldsworthy, A., 1975. "Photorespiration in relation to crop yield", en U.S. Gupta (ed.) *Physiological aspects of dryland farming*. Allanheld, Osmum and Co. Publishers Inc., Montclair, N. J.
- 9) Gribbin, J., 1982. "Future Weather and the greenhouse effect". Delacorte Press. New York, U. S. A., p. 302.
- 10) Hesketh, J. D. and D. N. Moss, 1963. "Variation in the response of photosynthesis to light" *Crop Sc.* 3: 107-110.
- 11) I.N.T.A., 1983. Girasol. Manual de Divulgación Rural. Secr. de Agr. y Ganadería. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 32 págs.
- 12) Keefer, G. D., J. E. Mc Allister, E. S. Uridge and B. W. Simpson, 1976. Time planting effects on development. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 16: 417-422.
- 13) Klyuka, V. I. and S. N. Tsurkani, 1975. "Effect of temperature on growth and productivity of sunflower in controlled environment". *Fiziol. Biokhim. Kult. Rast.* 7: 493-496.
- 14) Ludwig, L. J. and D. T. Canvin, 1971. "The rate of photorespiration during photosynthesis and the relationships of the substrate of light respiration to the products of photosynthesis in sunflower leaves". *Plant. Physiol.* 48: 712-719.
- 15) Minetti, L. y Vargas, M., 1980. "Anomalías de las precipitaciones medias del noroeste argentino". Seminario UBA, Departamento de Meteorología, Buenos Aires.
- 16) Minetti, L., 1981. "Qué está pasando con el clima" *Avance agroindustrial.* 2 (5): 16-18.
- 17) Minetti, L.; Neder, R. A.; Gargiulo, C. A. y Sal Paz, J. C., 1982. "Impacto del clima sobre la producción de azúcar en Tucumán. *Miscelánea* N° 72. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, Tucumán.
- 18) Minetti, L. y Sierra, 1984. "La expansión de la frontera en Tucumán y el diagnóstico climático". *Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán* 61 (2) : 109-126.
- 19) Moss, D. N., 1966. "Respiration of leaves in light and darkness". *Crop Sci.* 6: 351-354.
- 20) Pascale, A. J. y E. A. Damario, 1961. "Agroclimatología del cultivo del trigo en la República Argentina". *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires* 15 (1): 1-119.
- 21) Pascale, A. J., 1969. "Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina". *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires*, 17 (3): 31-48.
- 22) Pascale, A. J. y E. A. Damario, 1977. "El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos". *Revista de la Fac. de Agronomía* (3a. Ep), LIII (1-2), La Plata.
- 23) Pascale, A. J.; G. M. Murphy y A. Troha, 1977. "Condiciones agroclimáticas del cultivo del girasol en la Argentina". Actas Tercera Reunión Nacional de Girasol. IADO. Buenos Aires.
- 24) Pascale, A. J. y A. Troha, 1977. "Factores agrometeorológicos determinantes del rendimiento en girasol". Actas Tercera Reunión Nacional de Girasol. IADO. Buenos Aires.
- 25) Pascale, A. J. y R. O. Rodríguez, 1981. "Los rendimientos de la soja en la Argentina". VII Reunión Técnica Nacional de Soja, Córdoba. Octubre de 1981. 15 págs.
- 26) Pascale, A. J. y E. A. Damario, 1983. "Variación del agua edáfica disponible para los cultivos en la región oriental de la Argentina". *Rev. Fac. de Agronomía* 4 (2): 141-181.
- 27) Perfumo, A. L., 1974. "Evaluación de distintos métodos de sumas de temperaturas para estimar las necesidades térmicas del subperíodo nacimiento-floración del girasol". Actas Segunda Reunión Nacional de Girasol. IADO. Buenos Aires.
- 28) Robelin, M., 1967. "Effects and after-effects of drought on the growth and yield of sunflower". *Ann. Agron.* 18: 579-599.
- 29) Robinson, R. G., L. A. Bernat, H. A. Geisc, F. K. Johnson, M. L. Kinman, E. L. Mader, R. M. Oswald, E. D. Put, C. M. Swallers and J. H. Williams, 1967. Sunflower development at latitudes ranging from 31 to 49 degrees". *Crop. Sci.* 7: 134 - 136.
- 30) Robinson, R. G., 1971. "New crop for irrigated sandy soils". *Minnesota Sci.* 27 (3): 10-11.
- 31) Robinson, R. G., 1973. "The sunflower crop in Minnesota". *Minnesota Agric. Ext. Bull.* 299: 1-28.
- 32) Robinson, R. G., 1978. "Production and Culture". En *Sunflower Science and Technology*, J. F. Carter. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science

- of America, Inc, Publishers Madison, Wisconsin, U.S.A.
- 33) Rollier, M., 1975. "Study of water use in sunflower". *CETION* Info. Techn. 44: 29-44.
  - 34) Rollier, M. and J. G. Pierre, 1975. "Study of the water requirements of sunflower. 3. Laboratory studies in 1972 and 1973". *CETION* Info. Techn. 46: 1-18.
  - 35) Shell, G. S. and A. R. G. Lang, 1976. "Movements of sunflower leaves over a 24 hs. period". *Agric. Meteorol.* 16: 161-170.
  - 36) Sierra, E. M. y O. D. Pórfido, 1980. "Factores que afectan los rendimientos en la región maicera argentina". *Rev. Fac. de Agronomía* , 1 (2): 49-64.
  - 37) Sierra, E. M. y G. M. Murphy, 1982. "Variabilidad del rendimiento en la región maicera argentina". IV Congreso de Meteorología. Septiembre de 1982, en prensa.
  - 38) Sierra, E. M., 1984. "Procesamiento automático del balance hidrológico seriado". *Rev. Facultad de Agronomía* 5 (1-2):115-124.
  - 39) Thornthwaite, C. W., 1948. "An approach toward a rational classification of climate". *Geog. Review* 38: 55-94.
  - 40) Thornthwaite, C. W. and J. R. Mather, 1957. "Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance". Drexel Institute of Technology. *Publication in Climatology* 10 (3): 185-311.
  - 41) Zelitch, I., 1971. "Photosynthesis, photorespiration and plant productivity". Academy Press, New York and London. 347 p.