

AGROCLIMATOLOGIA DE LA COLZA DE PRIMAVERA (BRASSICA NAPUS L.  
 SSP. OLEIFERA (METZ) SINSK F. ANNUA) Y SU POSIBLE DIFUSIÓN  
 EN LA ARGENTINA

G.M. MURPHY y NILDA C. PASCALE (1)

Recibido: 09-05-90

Aceptado: 14-06-90

RESUMEN

*El análisis de las exigencias bioclimáticas de la colza de primavera (Brassica napus L. ssp. Oleifera (Metz) Sinsk f. Annua) y del clima de sus regiones de origen y de difusión, permitió determinar los índices agroclimáticos que delimitan su área posible de adaptación en el territorio argentino. Se definen dos sub-regiones: la pampeana y la andina, destacándose algunas de sus limitaciones.*

Palabras clave: agroclimatología, colza de primavera (Brassica napus L. ssp. Oleifera (Metz) Sinsk f. Annua).

SPRING RAPE (BRASSICA NAPUS L. SSP. OLEIFERA (METZ) SINSK F. ANNUA)  
 AGROCLIMATOLOGY AND ITS POSSIBLE DEVELOPMENT IN ARGENTINA

SUMMARY

*The analysis of the bioclimatic requirements and the climatic characteristics of the origin and cultivated regions in the world of spring rape (Brassica napus L. ssp. Oleifera (Metz) Sinsk f. Annua) was made and led up to the selection of agroclimatic indexes which defined the possible areas where this crop could be introduced. Two sub-regions were delimited characterized as: "pampeana" and "andina" and some of their climatic limitations were described.*

Key words: agroclimatology, spring rape (Brassica napus L. ssp. Oleifera (Metz) Sinsk f. Annua)

INTRODUCCION

Dado el creciente consumo mundial de aceites y subproductos proteicos y la amplia aceptación de aquellos provenientes de colza "doble cero" en el mercado internacional, los autores creyeron conveniente determinar las áreas de posible difusión de la colza de invierno (Murphy y Pascale, 1988) y de la de primavera.

El presente trabajo tiene por objetivo establecer las similitudes climáticas entre nuestro país y los agroclimas de las áreas mundiales de cultivo de la colza de primavera e indicar las barreras climáticas que limitarán en la Argentina su cultivo ó su rendimiento para superarlas, de ser posible, mediante el trabajo fitotécnico.

(1) Cátedras de Climatología y Fenología Agrícolas y Cultivos Industriales, respectivamente. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Avda. San Martín 4453. Buenos Aires - Argentina.

## MATERIALES Y METODO

La metodología empleada para el conocimiento del agroclima de la colza de primavera es la propuesta por Burgos (1958) y sus adecuaciones (Pascale, 1969; Pascale et al., 1983; Murphy et al., 1983; Sierra y Murphy, 1986) y que fuera utilizada en un trabajo previo (Murphy y Pascale, 1988).

La información climática básica de las localidades extranjeras utilizadas (Cuadro N° 1) y de las argentinas, (Cuadro N°3 y N°4) se obtuvo de publicaciones climáticas (Great Britain, 1958 y de USA, 1959; Argentina, 1958, 1972 y 1986) y de trabajos sobre caracterización climática y agroclimática citadas en el texto.

Las condiciones hídricas (CH) utilizadas en este trabajo surgen de los balances hidrológicos climáticos mensuales calculados según la metodología de Thornthwaite y Mather (1957).

Para la elección de los índices agroclimáticos a utilizar en el estudio se efectuó un análisis de la bibliografía que menciona las necesidades bioclimáticas de la colza de primavera, las que se resumen a continuación:

## a) Requerimientos termo-fotoperiódicos

La temperatura ejerce su acción a través de los valores extremos que limitan el cultivo y de los que favorecen el crecimiento o desarrollo para el cumplimiento del proceso fásico. El cero de crecimiento de la colza de primavera se sitúa alrededor de los 6°C; sin embargo, para favorecer una emergencia y enraizamientos rápidos es conveniente efectuar las siembras cuando la temperatura del suelo es de 8°C a 10°C (CETIOM, 1974; Parodi Pinedo, 1987). El establecimiento rápido de las plántulas influye para que sucesivas y posteriores temperaturas cercanas a 0°C produzcan un endurecimiento en la planta, permitiendo al cultivo sopor-

tar temperaturas aún más bajas sin ocasionar daños serios (Parodi Pinedo, 1987) o evitando el daño por "des-calce" que se puede producir en plántulas recién emergidas o con un arraigamiento precario (Bernedo, 1988).

En general, se considera que la colza de primavera se desarrolla mejor con temperaturas frescas. La temperatura óptima durante el crecimiento activo de las plantas para la obtención de máximo rendimiento es algo superior a los 20°C (Parodi Pinedo, 1987, Gvosdikova, 1985; Bernedo, 1988). Temperaturas altas (25°/30°C) inhiben el crecimiento de las plantas y bajan abruptamente la calidad de la semilla (Gvosdikova, 1985).

Las altas temperaturas y el aumento de la duración del día promueven el pasaje de la fase vegetativa a la reproductiva (Bretschneider et al., 1967; Pascale, 1985; Parodi Pinedo, 1987).

Temperatura, fotoperíodo y vernalización, aunque con requerimientos menores que en la colza de invierno, participan en la regulación de la iniciación floral de la colza de primavera. La importancia relativa de estos factores varía según el material genético de los cultivares utilizados (Myers et al., 1982; Thurling, 1977; Bengtsson et al., 1972).

Temperaturas bajas, algo superiores a 0°C después de la floración disminuyen la velocidad de desarrollo de las plantas, la apertura de las flores y la producción de polen (Parodi Pinedo, 1987).

Altas temperaturas durante la floración aceleran el desarrollo de las plantas, acortando la fase floración-madurez, el tiempo en que las flores están receptivas al polen y el período de producción de polen.

Cuando el subperíodo de formación del aceite transcurre con temperaturas entre 10° y 15°C, el contenido de aceite de las semillas es óptimo (Parodi Pinedo, 1987).

## b) Requerimientos hídricos

En general, se consideró que la colza es menos resistente a la sequía que el trigo (Richards et al., 1978). Sin embargo, el estrés por falta de agua produce consecuencias distintas según la etapa del cultivo involucrada y la magnitud de la deficiencia de agua.

Las semillas necesitan para germinar un alto porcentaje de su peso en agua. La absorción se produce si la humedad relativa en los poros es del 60-75% (Parodi Pinedo, 1987).

Los mayores rendimientos de colza se logran cuando la humedad del suelo en la zona radicular se mantiene superior al 50% de su capacidad de campo durante todo el ciclo. (Parodi Pinedo, 1987). En el cultivar Cressus, Mingeau (1974) demostró que sequías de 14 días, (50% de capacidad de campo) provocados entre los 30 ó 60 días de iniciado el crecimiento activo de las raíces, producían una disminución significativa del peso de las mismas comparándolas con testigos bien provistos de agua, lo cual limita la capacidad exploratoria de las reservas de agua y acentúa los efectos perjudiciales de una sequía posterior (Mingeau, 1974; Parodi Pinedo, 1987).

Sim embargo, la colza como todas las crucíferas en general, posee la aptitud de desarrollar un sistema radicular original en condiciones de sequía progresiva. Esta aptitud consiste en formar raíces cortas, tuberizadas y desprovistas de pelos absorbentes, las que a medida que las condiciones de humedad vuelven a ser favorables, manifiestan un crecimiento rápido y activo, constituyendo una verdadera reserva de la superficie absorbente potencial (Potfer et al., 1988).

Mingeau (1974) con el cultivar Cresus comprobó que si el estrés hídrico se produce durante el período de máximo crecimiento de las hojas (entre los 15 y 45 días después de la emergencia), el cultivo reduce el área foliar y el peso de las hojas. Sin embargo, el retorno a una alimentación hídrica no restrictiva permite la

recuperación de la superficie fotosintetizante (Mingeau, 1974; Parodi Pinedo, 1987).

Deficiencias de agua severas y muy prolongadas pueden provocar muerte de hojas, comenzando primero por las inferiores de la planta. En ese caso, la pérdida de hojas transforma a la planta en más eficiente frente a un suministro de agua limitado debido a la eliminación de superficies evapotranspirantes (Major et al., 1980).

Las hojas importan en la determinación del rendimiento pero cuando senescen la función fotosintética la realizan otros tejidos, como los tallos y las silicuas. Las condiciones ambientales que prolongan la fotosíntesis, como una adecuada provisión de agua y nitrógeno, aumentan los rendimientos. (Major et al., 1980; Parodi Pinedo, 1987; Allen, 1971; Freyman et al., 1973).

Cuando la deficiencia de agua se prolonga 14 días durante el período de máximo crecimiento de los tallos (desde 7 hojas hasta la floración), hay disminución de la altura de inserción de la inflorescencia principal y del peso de las ramificaciones (Mingeau, 1974).

El período de máxima sensibilidad a la deficiencia de agua en colza comienza con la aparición de los primeros brotes florales y se prolonga hasta la cosecha, con un máximo en los 30 días desde el comienzo de la floración. En este lapso una deficiencia hídrica equivalente al 50% de evapotranspiración potencial durante dos semanas se traduce en una disminución del 25% en el rendimiento. Esa disminución se puede producir por la pérdida de botones florales y de flores y/o por el menor tamaño de las silicuas o su caída y/o aborto de óvulos y menor número o menor peso de semillas formadas. (Mingeau, 1974; Parodi Pinedo, 1987; CETIOM, 1974; Yakubowski, 1956; CETIOM, 1976).

Deficiencias de agua durante el subperíodo "primeros brotes a cosecha" no parece afectar los contenidos de aceite y proteína de la semilla aunque si su composición lipídica (Mingeau, 1974).

Cuadro N° 1: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas utilizadas para la obtención de los índices agroclimáticos.

<u>CHILE</u>	<u>Localidad</u>	<u>latitud</u>	<u>longitud</u>	<u>altitud</u>
	Concepción	36° 50' S	73° 02' W	15 m
	Los Andes .	32° 50' S	70° 37' W	816 m
	Los Angeles	37° 28' S	72° 21' W	130 m
	Quillota	32° 53' S	71° 16' W	130 m
	San Fernando	34° 35' S	71° 0' W	350 m
	Temuco	38° 45' S	72° 35' W	114 m
	Traiguén	38° 15' S	72° 41' W	177 m
<u>AUSTRALIA</u>	Adelaida	34° 56' S	138° 35' E	43 m
	Balranald	34° 37' S	143° 34' E	61 m
	Bendigo	36° 46' S	144° 17' E	223 m
	Berrí	34° 17' S	140° 38' E	66 m
	Bourke	30° 13' S	145° 58' E	110 m
	Collie	33° 21' S	116° 08' E	184 m
	Geraldton	28° 45' S	114° 36' E	4 m
	Griffith	34° 17' S	146° 06' E	128 m
	Merredin	31° 29' S	118° 17' E	319 m
	Mildura	34° 11' S	142° 12' E	54 m
	Shepparton	36° 23' S	145° 24' E	113 m
<u>FRANCIA</u>	Auxerre	47° 49' N	3° 34' E	99 m
	Caen	49° 11' N	0° 20' W	66 m
	Calais	50° 52' N	1° 44' E	122 m
	Dieppe	49° 55' N	1° 05' E	34 m
	Lille	50° 35' N	3° 05' W	43 m
	Nancy	48° 42' N	6° 14' E	233 m
	París	48° 49' N	2° 29' E	50 m
	Reims	49° 18' N	4° 2' E	96 m
<u>SUECIA</u>	Estocolmo	59° 21' N	18° 04' E	44 m
	Fallum	60° 37' N	15° 38' E	122 m
	Göteborg	57° 42' N	11° 58' E	17 m
	Karlstad	59° 23' N	13° 30' E	50 m
	Uspala	59° 51' N	17° 37' E	24 m
	Visby	57° 39' N	18° 18' E	11 m
	Jönköping	57° 46' N	14° 11' E	98 m

	<u>Localidad</u>	<u>latitud</u>	<u>longitud</u>	<u>altitud</u>
<u>CANADA</u>	Beaverlodge	55° 11' N	119° 50' W	----
	Brandon	49° 52' N	100° 37" W	----
	Edmonton	53° 35' N	113° 30' W	676 m
	Fort Vermilion	58° 23' N	116° 02' W	----
	High Prairie	55° 10' N	118° 53' W	668 m
	Indian Head	50° 32' N	103° 05' W	----
	Kamsack	51° 34' N	102° 10' W	----
	Lacombe	52° 28' N	114° 00' W	----
	Lethbridge	49° 43' N	112° 51' W	902 m
	Melfort	52° 52' N	99° 11' W	----
	Morden	49° 54' N	98° 10' W	----
	Regina	51° 29' N	104° 39' W	574 m
	Saskatoon	52° 08' N	106° 38' W	515 m
	Scott	52° 22' N	109° 20' W	----
	St. Walburg	53° 38' N	119° 00' W	----
Winnipeg	49° 54' N	97° 14' W	240 m	
<u>ESPAÑA</u>	Alicante	38° 21' N	0° 29' W	35 m
	Granada	37° 09' N	3° 35' W	689 m
	Málaga	36° 43' N	4° 25' W	33 m
	Sevilla	37° 29' N	5° 59' W	30 m
<u>BRASIL</u>	Cruz Alta	29° 50' S	53° 00' W	----
	Passo Fundo	29° 00' S	52° 50' W	----
	Porto Alegre	30° 02' S	51° 13' W	10 m
	Santa María	29° 42' S	53° 42' W	95 m
	S. Angelo	29° 02' S	54° 40' W	----

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Indices agroclimáticos adoptados

La selección de los índices se realizó teniendo en cuenta las exigencias de la colza de primavera, previamente descritas, y las condiciones de cultivo de las áreas de producción.

### Siembra

El ordenamiento de las 57 localidades analizadas (Cuadro N°1)

permitió verificar que las siembras de colzas de primavera se realizan con temperaturas medias mensuales desde 5,1°C en Fallun (Suecia) hasta 17,9°C en Passo Fundo (Brasil). En el 63% de los casos las siembras se efectúan entre 9,4 y 13,8°C, por lo que para asegurar una germinación rápida pareció apropiado elegir como índice de comienzo de ciclo la temperatura media mensual del aire de 10°C. (Cuadro N°2)

Cuadro N° 2: Índices agroclimáticos característicos del cultivo de la colza de primavera deducidos del análisis del agroclima de su dispersión mundial (Cuadro N°1). Se indican para temperatura: °C y, para condición hídrica: milímetros de precipitación en el mes de siembra y milímetros de exceso (+) o deficiencia (-) de agua en el balance hidrológico para los meses de floración y maduración. (1) el valor más bajo, (2) el rango más representativo, con porcentaje, (3) el valor más alto del total de las 57 estaciones climatológicas consideradas y (4) índice agroclimático adoptado para la caracterización de la región apta para su cultivo en la Argentina.

	Temperatura media (°C)			Índice (4)	Condición hídrica (mm)		
	(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(3)
Mes de siembra	5,1	9,4 a 13,8 (63%)	17,9		6	30 a 68 (70%)	218
Mes más frío	6,9	9,1 a 11,8 (63%)	15,3	15			
Mes de floración	10,0	13,0 a 17,7 (70%)	20,8		-66	-19 a -1 (56%)	+99
Mes de maduración	14,9	16,8 a 20,1 (56%)	27,9	15	-127	-49 a -10 (68%)	+95

El índice hídrico adoptado fue el de los milímetros de lluvia del mes de la siembra. En las zonas productoras este valor oscila entre 6 mm en Quillota (Chile) hasta 218 mm en Concepción (Chile) y en el 70% de los casos las siembras se efectúan entre 30 mm y 68 mm.

#### Emergencia - Comienzo de floración

Aunque en las colzas de primavera la necesidad de vernalización no es tan elevada como en las de invierno y la variabilidad de la necesidad de frío dentro de los cultivares es muy grande, se creyó oportuno incluir un índice para la satisfacción de este requerimiento bioclimático. El índice elegido fue el de la temperatura media del mes más frío durante el ciclo vegetativo, por su estrecha vinculación con la disponibilidad de horas de frío.

El valor más bajo fue hallado en Granada (España) (6,9°C) y el más alto en Geraldton (Australia) (15,3°C). El 65% de las localidades tienen temperaturas entre 9,1 y 11,8°C.

Se eligió la temperatura media del mes más frío de 15°C, como valor que podría limitar la posibilidad de satisfacción del requerimiento de vernalización de los cultivares de colza de primavera.

#### Comienzo de floración-Fin de floración

El período de máxima sensibilidad a la deficiencia de agua en colza coincide con el comienzo de floración, con una duración aproximada de 30 días. Los balances hidrológicos de las zonas productoras analizadas presentan, durante el mes de floración del cultivo, valores desde 66 mm de deficiencias (Regina, Canadá) a 99 mm de excesos

### Aplicación de los índices agroclimáticos en la Argentina

(Passo Fundo, Brasil), pero el 56% de las localidades se hallan entre 1 a 19 mm de deficiencias.

La temperatura media del mes de floración es un índice agroclimático que caracteriza a las zonas productoras y que asegura que el proceso se producirá con ritmo y duración normales.

Las zonas productoras presentan temperaturas medias del mes de floración desde 10°C (Granada, España) a 20,8°C (Morden, Canadá). El 70% de los casos se encuentran comprendidos entre temperaturas de 13,0°C a 17,7°C.

#### Maduración-cosecha

Del análisis de las 57 localidades se concluye que la temperatura media más baja del mes de la maduración corresponde a Lacombe (Canadá) 14,9°C y la más alta a Bourke (Australia) 27,9°C, mientras que el 56% de las localidades tienen temperaturas medias del mes de maduración desde 16,8°C a 20,1°C.

Con el fin de asegurar la disponibilidad energética para la maduración de los granos se eligió como límite de la zona productora el valor de 15°C (temperatura media del mes de maduración).

Los balances hidrológicos de las localidades analizadas presentan para el mes de maduración, situaciones hídricas desde 127 mm de deficiencias en Bourke (Australia) hasta 95 mm de exceso de agua en Cruz Alta (Brasil).

Sin embargo, el 68% de los casos se concentra entre valores que van desde -49 mm a -10 mm de deficiencias.

El Cuadro N° 2 resume los índices climáticos que resultaron del análisis de las áreas mundiales de colza de primavera y que sirvieron para delimitar la región agroclimáticamente apta en la Argentina.

La isoterma de 15°C (Fig. 1) limita hacia el sur una región donde pueden satisfacerse los requerimientos mínimos de vernalización de los cultivares de primavera. De igual forma, la temperatura media de 15°C del mes más cálido es el límite sur de la región que asegura al cultivo la energía necesaria para alcanzar la maduración de sus granos.

El índice hídrico de Thornthwaite (IH) de -20, podría delimitar las subregiones pampeana de secano, andina de secano y una intermedia con necesidades de riego. Dentro de la subregión pampeana, las isolíneas de -5, 0, -10, 20, 30 y 40 mm de condición hídrica para el mes de floración, limita áreas donde la producción podría adquirir distintos rendimientos pero en las que, difícilmente, se vería seriamente afectada.

Los ciclos estimados de la colza de primavera para las subregiones pampeana y andina se detallan a continuación:

#### Sub-región pampeana

Siembra: mayo  
floración: fin de setiembre  
cosecha: noviembre

#### Sub-región andina

siembra: octubre  
floración: diciembre  
cosecha: febrero

Las temperaturas más elevadas en el norte de la sub-región pampeana hacen suponer una evolución más acelerada del ciclo y una cosecha más adelantada que en la zona sur. La experimentación en las distintas subregiones permitirá un mejor ajuste de las etapas fenológicas aquí detalladas.

Cuadro N° 3: Valor de los índices agroclimáticos característicos de la colza de primavera para etapas del cultivo estimadas, en localidades de la sub-región andina: ● valor fuera del rango de los valores extremos, \* valor dentro de los valores extremos, \*\* valor dentro del rango más representativo.

Localidad lat.S long.W Alt.m	Mes de siembra (mayo)		t° media mes más frío (°C)	Mes de floración (septiembre)			Mes de maduración (noviembre)	
	t°C	Irec.(mm)		t°C	Cond.Hid. (mm)	Heladas Frob. %	t°C	Cond. Hid. (mm)
1. Esquina 30°02'S 59°32'W 39	16,4 *	63 **	13,0 *	16,9**	+8 *	0	22,5 *	0 *
2. Monte Caseros 30°16'S 57°38'W 53	16,9 *	99 *	13,6 *	16,6**	+51*	1	22,0 *	0 *
3. Rafaela 31°11'S 61°33'W 100	15,2 *	55 **	11,8 **	15,4*	0 *	8	21,4 *	0 *
4. San Francisco 31°26'S 62°02'W 114	14,2 *	51 **	10,5 **	14,6**	0 *	2	20,8 *	0 *
5. Esperanza 31°27'S 60°56'W 38	15,8 *	47 **	12,4 *	15,8**	0 *	9	21,8 *	0 *
6. Iarandá 31°47'S 60°29'W 74	15,0 *	52 **	12,0 *	15,1*	+10*	5	20,6 *	+11*
7. Victoria 32°37'S 60°11'W 29	15,3 *	54 **	12,0 *	15,2*	+13*	1	20,8 *	+12*
8. Rosario 32°55'S 60°44'W 22	13,9 *	92 *	10,6 **	14,0**	+8 *	20	20,2 *	+24*
9. Gualeguaychú 32°59'S 58°40'W 22	14,2 *	70 *	11,2 **	14,6**	+43*	2	20,0 **	-1 **
10. Hernando 32°26'S 63°44'W 220	11,8 **	29 *	9,4 **	13,3**	-1 **	-	19,5 **	0 *
11. Río Cuarto 33°10'S 64°20'W 443	13,0 **	24 **	9,7 **	13,8**	-4 **	7	20,1 **	0 *
12. Pergamino 33°56'S 60°33'W 66	13,2 **	58 **	9,8 **	13,0**	+13*	21	18,8 **	+3 *
13. Buenos Aires 34°35'S 58°29'W 25	13,7 **	83 *	10,5 **	13,6**	+41*	7	19,5 **	0 *

14. Nueve de Julio 35°27'S 60°53'W 76	12,6 ** 26 *	9,3 **	12,6* +20*	22	19,1 ** 0 *
15. Santa Rosa 36°34'S 64°16'W 191	11,3 ** 25 *	8,2 *	12,5 * -2 **	58	19,6 ** -21**
16. Tandil 37°14'S 59°15'W 175	10,5 ** 57 **	7,6 *	10,4 * +25 *	38	16,0 * 0 *
17. Balcarce 37°45'S 58°18'W 130	11,0 ** 74 *	8,0 *	10,7 * +26 *	77	16,8 ** 0 *
18. Barrow 38°20'S 60°13'W 120	10,4 ** 54,1**	7,3 *	10,2 * +19 *	99	16,0 * 0 *
19. Bahía Blanca 38°45'S 62°11'W 72	10,8 ** 41 **	7,5 *	10,6 * 0 *	35	18,4 ** -14**

Cuadro N° 4: Valor de los índices agroclimáticos característicos de la colza de primavera para etapas del cultivo estimadas, en localidades de la sub-región andina: \* valor fuera del rango de los valores extremos, \*\* valor dentro de los valores extremos, \*\* valor dentro del rango más representativo.

Localidad lat.S long.W Alt. m	Mes de siembra (octubre)		t° media mes más frío (°C)	Mes de floración (diciembre)			Mes de maduración (febrero)	
	t°C	Prec.(mm)		t°C	Cond.Hid. (mm)	Heladas Irob. %	t°C	Cond.Hid. (mm)
20. Bariloche 41°09'S 71°10'W 840	8,2 *	36 **	8,2 *	12,6 **	-7 **	15	14,4 *	-21**
21. El Bolsón 41°56'S 71°33'W 310	10,0 **	38 **	10,0 **	14,7 **	-14**	24	15,7 *	-28**
22. Esquel 42°54'S 71°21'W 566	9,5 **	23 *	9,5 *	13,9 **	-21*	48	15,0 *	-36**

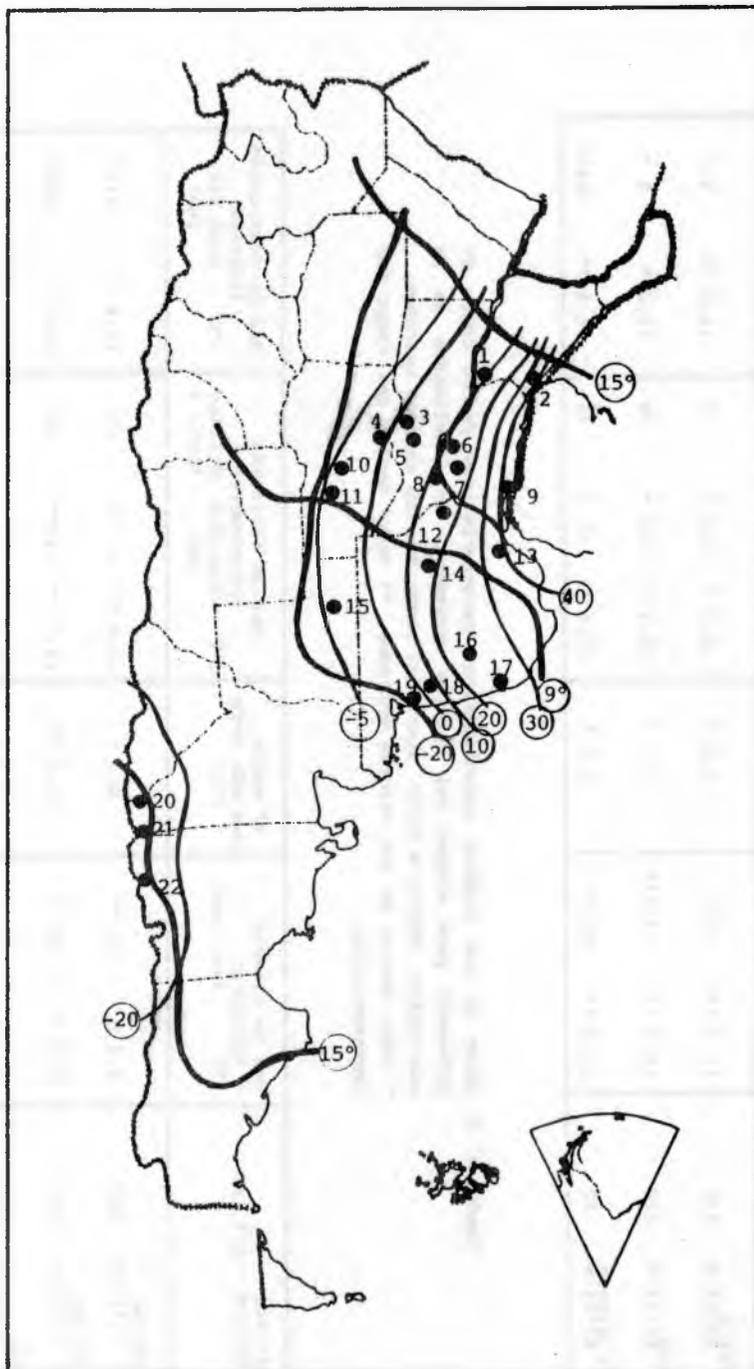


Figura 1: Carta de posible difusión del cultivo de la colza de primavera en la Argentina. ● Localidades utilizadas en el análisis agroclimático correspondiente a las numeradas en los Cuadros N° 3 y N° 4; ○ límites hídricos y térmicos utilizados para la zonificación, detallados en el texto.

En los cuadros N° 3 y N° 4 se encuentran los índices agroclimáticos de las localidades analizadas en ambas subregiones, los que están comprendidos dentro de los valores más representativos de las condiciones agroclimáticas características para la colza de primavera o cercanos a alguno de sus límites, pero nunca fuera de ellos.

En ninguna de las subregiones existen dificultades para la satisfacción de la escasa vernalización requerida por los cultivares de primavera.

En las localidades de la subregión pampeana ubicada al norte de los 33° de latitud, las temperaturas en el mes de la siembra se acercan al valor extremo superior, lo que hace suponer una rápida implantación. Las condiciones hídricas son variables pero siempre dentro de los rangos normales. Las temperaturas a la floración siempre se hallan dentro de los valores más frecuentes y la situación hídrica adquiere valores comprendidos dentro del rango más representativo o cercanos a los valores extremos más altos, de manera que durante esta etapa crítica en agua, en el promedio de los años, se presentarían condiciones plenas para la expresión del rendimiento potencial de los cultivares.

Durante el mes de la maduración en esta subregión las temperaturas se hallan cerca del valor extremo superior de los índices agroclimáticos, al igual que los valores de la situación hídrica. Si bien las altas temperaturas pueden acelerar la maduración, situaciones de exceso hídrico en algunos años podrían demorar o aumentar la incidencia de enfermedades.

Al sur de los 33° de latitud las temperaturas al momento de la siembra se hallan dentro del rango más representativo y, aunque las condiciones hídricas son variables, siempre se encuentran dentro de los valores nor-

males. Esa misma situación se presenta durante el mes de floración, con excepción de las localidades al sur de la isoterma de los 9°C (temperatura del mes de julio), donde las temperaturas se acercan al valor extremo inferior. En esta zona se advierte como rasgo importante la alta probabilidad de heladas en el momento de la floración.

Durante el mes de maduración las temperaturas se hallan dentro del rango más representativo y las condiciones hídricas, en general, cercanas al valor extremo superior.

En las localidades analizadas de la subregión andina las temperaturas y condición hídrica en los meses de siembra y de floración se hallan, en general, dentro del rango de los valores más representativos.

Durante el mes de la maduración las temperaturas son cercanas al valor extremo inferior, por lo que en algunos años podrían producir retraso en la cosecha.

Para ambas subregiones sería importante el ajuste, mediante ensayos a campo, de las fechas de siembra para asegurar una rápida implantación y conveniente desarrollo vegetativo que permita a los cultivares soportar, sin daños irreversibles, las bajas temperaturas.

Se cree conveniente evaluar también la incidencia de las heladas en el momento de la floración sobre los rendimientos. La alta probabilidad de ocurrencia de temperaturas por debajo de 0°C en algunas localidades alerta sobre la existencia de áreas con mayor o menor aptitud agroclimática al considerar esta adversidad.

Las localidades occidentales de la sub-región pampeana presentan condiciones hídricas de gran similitud con regiones productoras de distintos

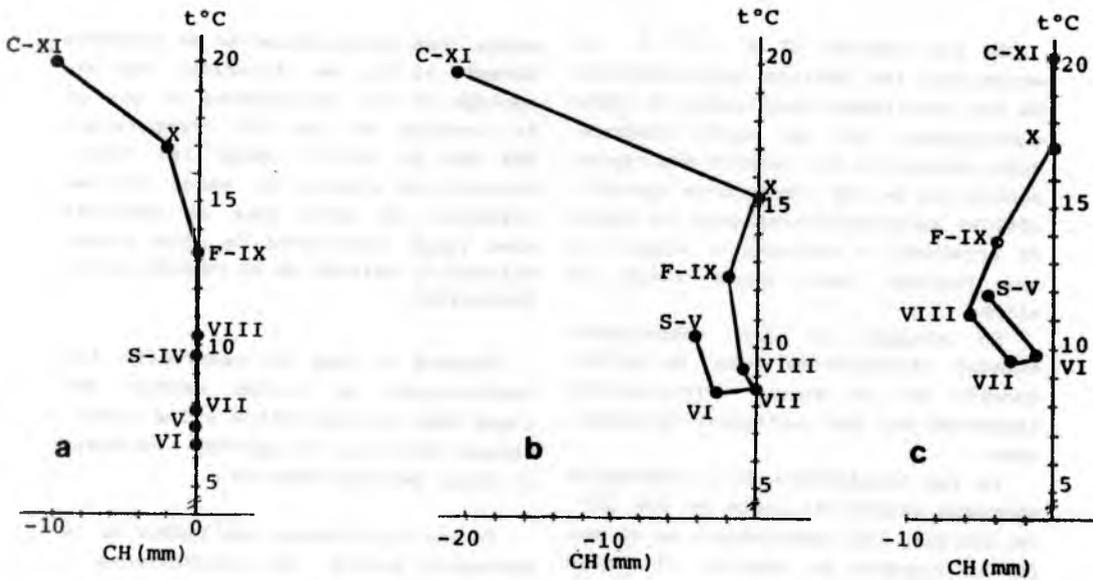


Figura 2: Temperatura media (t°C) y condición hídrica (CH) durante el ciclo de la colza de primavera en (a) PIGUE, (b) SANTA ROSA y (c) RIO CUARTO.

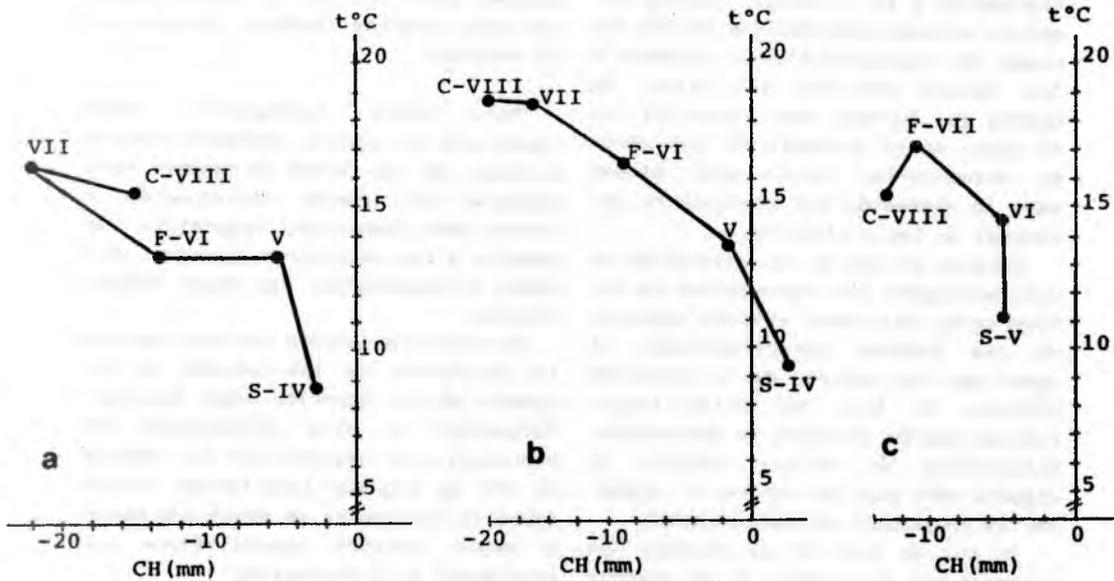


Figura 3: Temperatura media (t°C) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de la colza de primavera en (a) JONKOPING, (b) LILLE y (c) EDMONTON.

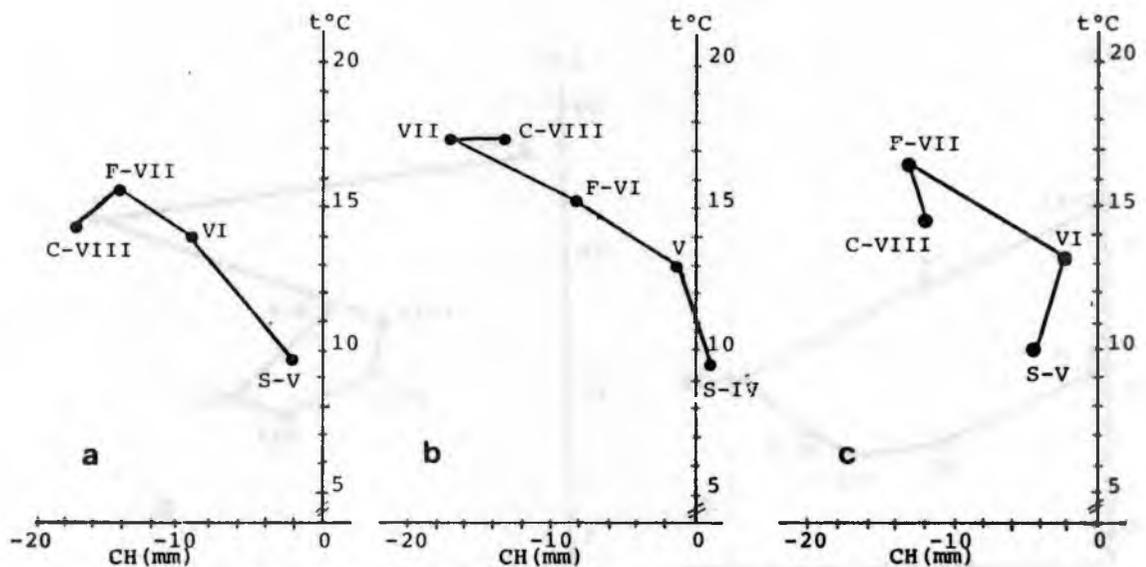


Figura 4: Temperatura media (t°C) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de la colza de primavera en (a) BEAVERLODGE, (b) CAEN y (c) LACOMBE.

países, aunque el cultivo se desarrolla con temperaturas levemente más altas. Tal es el caso de Pigüé, Santa Rosa y Río Cuarto (Fig.2) comparadas con Jonköping (Suecia), Lille (Francia) y Edmonton (Canadá) (Fig.3) o Beaverlodge (Canadá), Caen (Francia) y Lacombe (Canadá) (Fig. 4).

El resto de la sub-región pampeana (Fig. 5) presenta también condición térmica algo superior al resto de las áreas productoras del mundo, mientras que las condiciones hídricas aparecen como más favorables, puesto que el ciclo se cumplirá en la Argentina en condiciones de equilibrio o excesos de agua moderados, alejado de situaciones extremas como las de Berri (Australia) (Fig. 6) y Saskatoon (Canadá) o Santa María (Brasil) (Fig. 7).

Las condiciones representadas por las localidades tomadas como ejemplo en la Fig. 5 pueden aplicarse por su similitud, a otras zonas como es el caso de Guleguaychú (Entre Ríos),

Esquina y Monte Caseros (sur de Corrientes) o Rafaela (Santa Fe).

Las Fig. 8 y 9 muestran las condiciones termohídricas de localidades de la subregión andina y sus similares de las regiones productoras en el mundo.

### CONCLUSIONES

El análisis del agroclima de la colza de primavera permitió elegir índices agroclimáticos cuyo trazado sobre el territorio de la República Argentina separó dos subregiones para su posible cultivo: la pampeana y la andina.

Ambas subregiones presentan, en general, características agroclimáticas con buena aptitud para el cultivo de la colza de primavera pues disponen, en todos los casos, de valo-

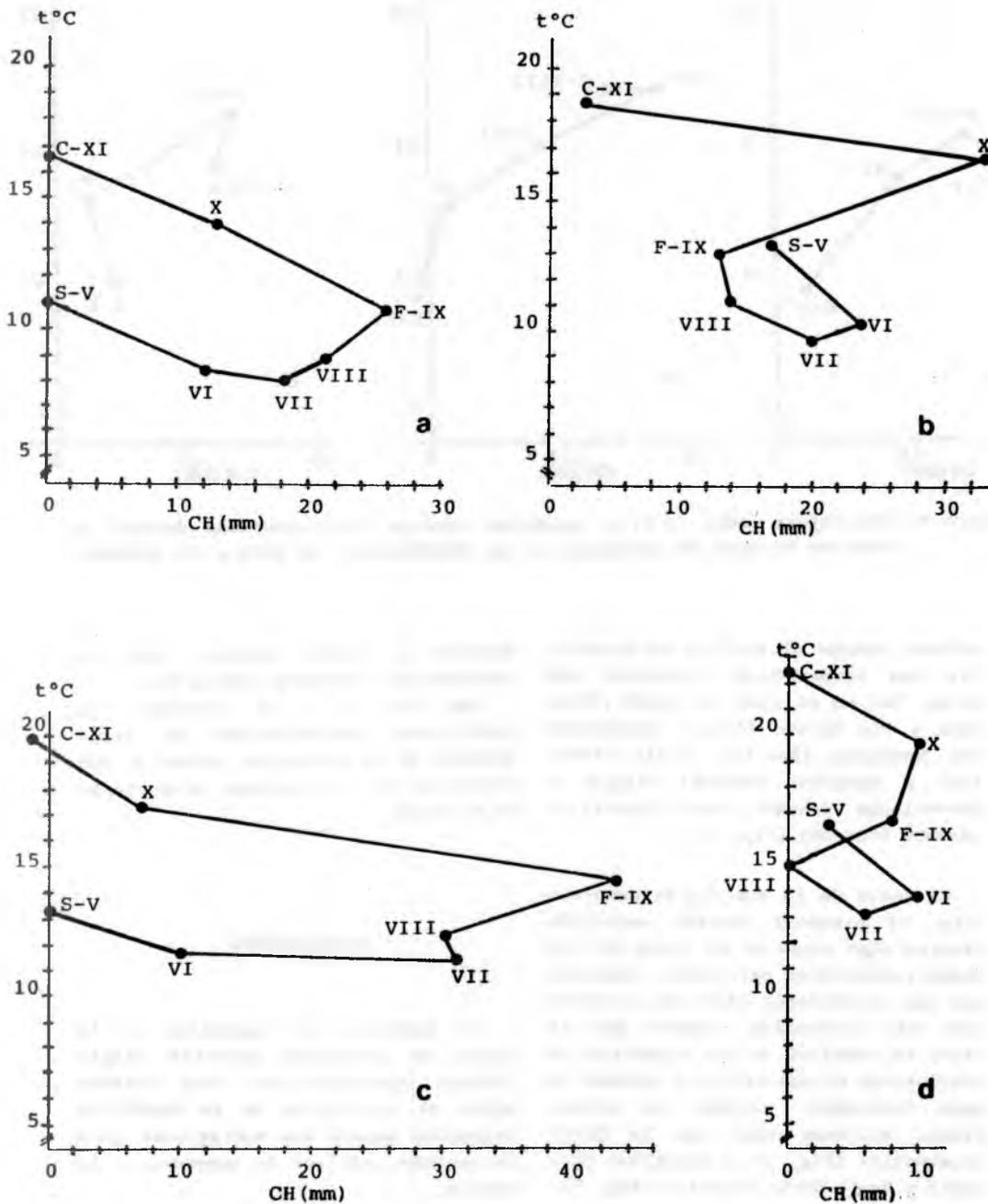


Figura 5: Temperatura media (t°C) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de la colza de primavera en (a) BALCARCE, (b) PERGAMINO, (c) GUALEGUAYCHU y (d) ESQUINA.

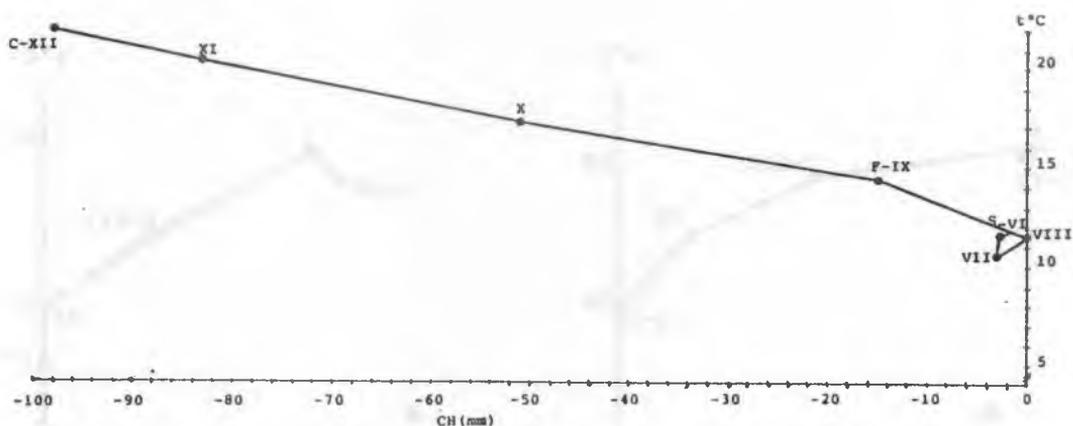


Figura 6: Temperatura media (t°C) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de colza de primavera en BERRI.

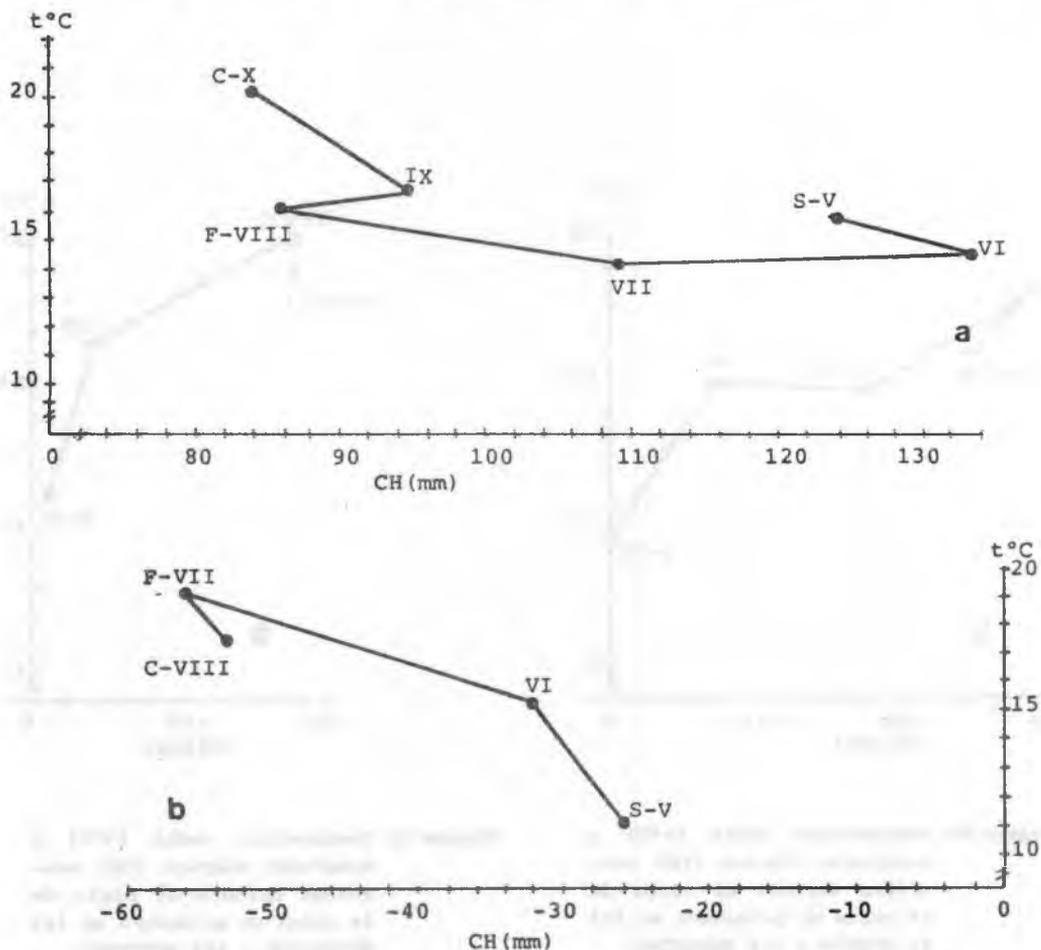


Figura 7: Temperatura media (t°C) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de la colza de primavera en (a) SANTA MARIA, y (b) SASKATOON.

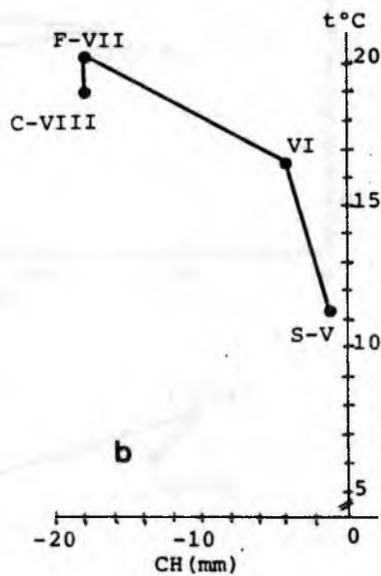
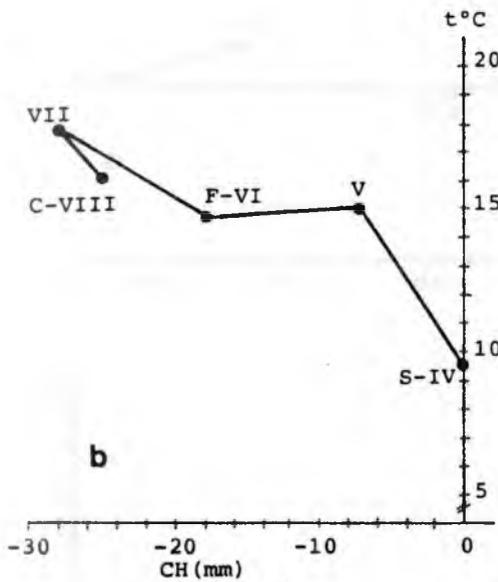
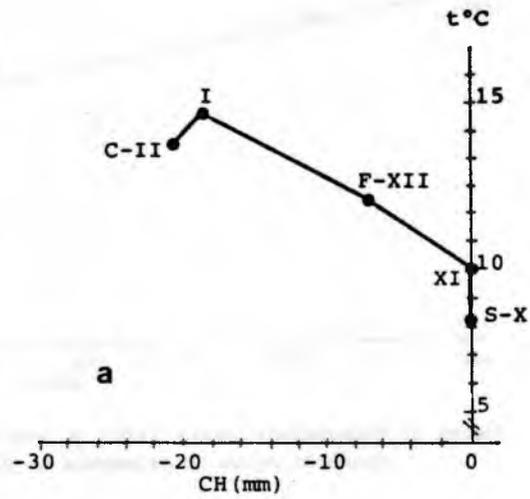
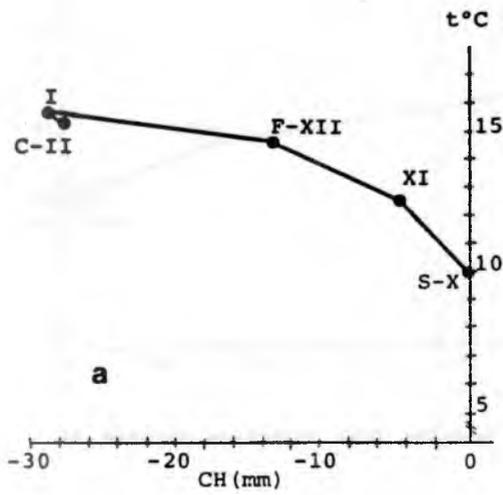


Figura 8: Temperatura media ( $t^{\circ}\text{C}$ ) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de la colza de primavera en (a) EL BOLSON y (b) KARLSTAD.

Figura 9: Temperatura media ( $t^{\circ}\text{C}$ ) y condición hídrica (CH) ocurridas durante el ciclo de la colza de primavera en (a) BARILOCHE y (b) WINNIPEG.

res alejados de los extremos que pueden encontrarse en otras regiones productoras del mundo.

La subregión pampeana acusa alta probabilidad de ocurrencia de heladas durante el mes de la floración en las localidades al sur de la isoterma de 9°C para el mes más frío, lo que sugiere la división de esta subregión en otras dos: sub-región pampeana norte y pampeana sur. Futuras experimentaciones deberían evaluar su real incidencia sobre los rendimientos.

La subregión andina presenta veranos frescos que podrían retrasar ocasionalmente la maduración. En futuras experimentaciones sería conveniente realizar ensayos con cultivares de ciclo corto o de *Brassica campestris*.

En ambas subregiones sería importante conseguir el ajuste de las fechas de siembra para lograr el desarrollo vegetativo óptimo que asegure una respuesta exitosa frente a las bajas temperaturas del invierno.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Joao Alberto Silva da Silva (Brasil), al Dr. Bengt Jacobson (Suecia), al Dr. Homero Bergamaschi (Brasil), al Dr. R.K. Downey (Canadá), al Dr. Rafael García Ruíz (España), al Dr. Manuel Torres Pacios (España) y al Dr. Patricio C. Parodi Pinedo (Chile) por la información enviada. A los Ing. Agr. Antonio J. Pascale y Edmundo A. Damario (Argentina) por sus valiosas sugerencias.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) ALLEN, E.J.; D.G. MORGAN and W.J. RIDGMAN. 1971. A physiological analysis of the growth of oilseed rape. *J.Agric. Sci., Camb* 77, 339-341.
- 2) ARGENTINA. Servicio Meteorológico Nacional. 1958. Estadística Climatológica. 1941-1950. Publ. B1 N° 3. 1958.
- 3) ARGENTINA. Servicio Meteorológico Nacional. 1977. Normales climatológicas. 1931-1960. Serie B N° 7. 1972.
- 4) ARGENTINA. Servicio Meteorológico Nacional. 1986. Estadística climatológica. 1971-1980. Estadística N° 36. 1986.
- 5) BARNI, A.N.; E.R. HILGERT; V. ZANOTTELLI; J.N.R. de VARGAS; A. TEDESCO; D. BOHN; J.E. DA SILVA GOMES y CH. GONCALVEZ. 1985. "Introdução e avaliação de cultivares de colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.) no Estado do Rio Grande do Sul". *Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre*, 21(1):21-54.
- 6) BENGTON, L.; A. VON HOFSTEN and B. LOOF. 1972. Botany of rapeseed in Rapeseed; cultivation; composition; processing and utilization. Eds. L.A. Appelqvist and R. Ohlson. 36-48. Elsevier. Amsterdam.
- 7) BERNEDO, R. 1988. Tecnología para optimizar la productividad del raps en Chile. En Seminario de producción Raps. Pontificia Universidad Católica de Chile - Fac. de Agronomía. Publicación N° 01-88.
- 8) BRETSCHNEIDER, H. and W. SCHUSTER. 1967. Investigations into the effect and temperature and daylength on some species of cruciferas and a comparison with the results of field trials. *Z. Acker and Pflanzenbau*, 126(1):33-50
- 9) BURGOS, J.J. 1958. Agroclimatic classifications and representation. CAgM II. Doc 18/24 IX 1958. Item 10. World Meteorological Organization Com. for Agricultural Meteorology, Second Session, Varsaw, 1958.
- 10) CETIOM, 1974. Preparation du sol et semis pour une culture de colza de printemps. *CETIOM*, 57:10-13
- 11) CETIOM. 1976. La culture du colza de printemps. Supplement au bulletin. *CETIOM*, 61:1-15.
- 12) DAMARIO, E.A. 1969. Carta estimada de horas de frío de la República Argentina. *Rev. Fac. Agr. y Vet. Bs. As.*, 17(2):25-38.
- 13) FREYMAN, S.; W.A. CHARNETSKI and R.K. CROOKSTON. 1973. Role of leaves in the formation of seed in rape. *Can. J. Plant Sci.*, 53:693-694.

- 14) GREAT BRITAIN. 1958. Meteorological Office. Her Majesty's Stationery Office. Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world. London.
- 15) GVOZDIKOVA, N.E. and OSIK N.S. 1985. Effect of the temperature conditions on the spring rapeseed quality. *Fiziol Biotehim Kiel't Rast*, 17(1):58-62.
- 16) MAJOR, D.J.; J.B. BOLE and W.A. CHARNETSKI. 1980. The contribution of leaves to rapeseed yield. *Can Agric.*, 25:11-13.
- 17) MINGEAU, M. 1974. Comportement du colza de printemps a la secheresse. *Informations techniques* N° 36:1-9
- 18) MOTA da, F.S.; M.C. BEIRSDORF e J.R. B GARCEZ. 1971. Zoneamento Agroclimatico do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Normais agroclimaticas. V I 80 p. *Circular* N° 50. Ministerio da Agricultura Dep. Nac. de Pesquisa Agrop. Ins. de Pesquisa Agrop. do Sul. Pelotas. Brasil.
- 19) MYERS, L.F.; K.R. CHRISTIAN and R.J. KIRCHNER. 1982. Flowering responses of 48 lines of oilseed rape (*Brassica* spp.) to vernalization and daylength. *Aust. J. Agric. Res.*, 33:927-936.
- 20) MURPHY, G.M.; E.M. SIERRA y V.J. KOPP. 1983. Comparación agroclimática de las regiones donde tuvo lugar la evolución genealógica de los cultivares de soja más difundidos en la Argentina. VIII Reunión Técnica Nacional de Soja. S.M. de Tucumán. *Trabajos Presentados*, B:37-64.
- 21) MURPHY, G.M. y NILDA C. PASCALE. 1988. Agroclimatología de la colza de invierno (*Brassica napus* L. ssp. *Oleifera* (Metsg) Sinsk F. Biennis) y su posible difusión de la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía*, 9(1-2):73-90.
- 22) PARODI PINEDO, P.C. 1987. Manual de la producción de raps. 318 págs. Convenio Pontificia Univ. Católica de Chile. Compañía Industrial S.A.
- 23) PASCALE, A.J. 1969. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. *Rev. Fac. de Agr. y Vet. Bs. As.*, 17(3):31-48.
- 24) PASCALE, A.J.; C.R.O MIACZYNSKI; R.O. RODRIGUEZ y E.R. TRIGO. 1983. Aptitud ecológica de la región oriental argentina para el cultivo de la soja. VIII Reunión Técnica Nacional de Soja. S.M. de Tucumán. *Trabajos Presentados*, B:1-19.
- 25) PASCALE, NILDA C. 1985. Comportamiento bioclimático de siete cultivares de colza en Buenos Aires, *OLEICO*, 32:923.
- 26) POTFER, J.P.; A. MERRIEN y N. VARTANIAN. 1988. Etude in situ du systeme racinaire du colza de printemps en condition de secheresse en colza: Physiologie et elaboration de rendement. *CETIOM*, 174:47-53
- 27) RICHARDS, R.A. and N. THURLING. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*) in response to drought stress. I. Sensitivity at different stages of development. *Aust. J. Agric. Res.*, 469-477.
- 28) SIERRA, E.M. y G.M. MURPHY. 1986. Agroclimas del cultivo de girasol en la Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía*, Bs. As., 7(1):25-44.
- 29) THORNTHWAITE, C.W. and J.R. MATHER. 1957. Instructions of tables for computing potencial evapotranspiration and water balance. Drexel Institute of Technology. *Publication in Climatology*, 10(3):185-311. Centerton, N.Y. USA.
- 30) THORNTHWAITE, C.W. Associates. 1963-1964-1965. Average climatic water balance date of continents. Laboratory of Climatology, *Publications in Climatology*, Parts I to VIII Drexel Institute of Technology. Centerton. N.Y. USA.
- 31) THURLING, N. and L.D. VIJENDRA DAS. 1977. Variation in the preanthesis development of spring rape. (*Brassica napus* L.) *Aust. J. Agric. Res.*, 28:597-607.
- 32) USA. 1959. Weather Bureau. U.S. Department of Commerce. World Weather Records 1941-1950. Washington D.C.
- 33) YACUBOWSKI, E. 1956. The influence of various soil moisture conditions on yields of spring rape. *Roczniki Nank Roln (A)*, 73(1):81-103.