

# DETERMINACION DE LA TEMPERATURA BASE EN COLZAS PRIMAVERALES CULTIVADAS EN BUENOS AIRES

NILDA C. PASCALE, LILIANA WINDAUER, NORA GOMEZ y PILAR VILARIÑO<sup>1</sup>

Recibido: 24/02/93

Aceptado: 14/03/94

## RESUMEN

Durante las campañas agrícolas 1988 a 1991 se realizaron siembras en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (lat.34°37'S, long.58°20'W, 25 m.s.n.m.) desde mayo a agosto con los cultivares Topas, Westar e Iciola 41, de distintos orígenes. El menor error de estimación en días (Sy) entre las fechas observadas y las calculadas mediante el uso del tiempo térmico sobre distintas temperaturas base, permitió seleccionar las adecuadas para cada etapa y cada cultivar. Para Topas se determinó 0°C para las etapas de siembra-emergencia, 4°C para emergencia-floración y 6°C para la etapa de floración-madurez fisiológica. Para Iciola 41, se determinaron para las mismas etapas 0°C, 4°C y 2°C, respectivamente y en el cultivar Westar, las temperaturas bases elegidas fueron 0°C, 0°C y 2°C, respectivamente. Las siembras del año 1992 permitieron la validación de los modelos.

**Palabra clave:** temperatura base, colzas de primavera, tiempo térmico

## DETERMINATION OF BASE TEMPERATURE IN SPRING RAPE CULTIVARS GROWN IN BUENOS AIRES

### SUMMARY

During 1988 to 1991 eight sowings of Topas, Westar and Iciola 41 rapeseed cultivars were made at the field of the Faculty of Agronomy of the University of Buenos Aires, to determine the base temperature of their different stages. The least Sy between the observed data and those estimated by means of thermic time above different base temperatures, let the selection of the suitable ones. For Topas cultivar, 0°C, 4°C and 6°C were found to be best for sowing-emergence, emergence-first flowers and first flowers-physiological maturity. For Iciola 41 cultivar, 0°C, 4°C and 2°C were determined for the same stages and for Westar the chosen base temperatures were 0°C, 0°C and 2°C, respectively. Sowings during 1992 let the validation of the models.

**Key words:** base temperature, spring rape cultivars, thermic time

## INTRODUCCION

Las ventajas de la utilización del tiempo térmico para la predicción de las fases de desarrollo de los cultivos han sido ampliamente demostradas,

en virtud de la relación casi lineal entre la temperatura y la de su tasa de desarrollo (Arnold,1959). Russelle *et al.* (1984) aseguran que, en la mayoría de los cultivos, modelos simples basados sólo en la temperatura pueden explicar más del 95% de la

<sup>1</sup>Cátedra de Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires.

variabilidad del desarrollo fenológico. Sin embargo, en otros cultivos y en algunas etapas en particular, es necesario tener en cuenta otros factores determinantes del desarrollo como son el fotoperíodo, la vernalización y, a veces, la disponibilidad hídrica. El modelo más usado que se basa exclusivamente en la temperatura fue denominado por distintos autores de distintas formas: sumas térmicas, unidades térmicas, grados días y últimamente tiempo térmico.

Su cálculo se realiza según :

$$Tt = \sum_{n}^{n+1} (tm - tb)$$

donde: Tt es el tiempo térmico entre las etapas de desarrollo n y n+1  
tm es la temperatura media diaria  
tb es la temperatura base

Parte de la precisión del modelo para la predicción, se basa en la correcta determinación de la temperatura base (tb).

Entre los métodos propuestos por Arnold (1959) para la determinación de la tb en maíz figuran los de "la menor variabilidad". En estos métodos, se calcula el tiempo térmico para las etapas de un cultivo en una serie de siembras, sobre varias temperaturas bases y la que da la menor variabilidad del Tt en las distintas fechas de siembra se considera que es la adecuada. Estos métodos sólo difieren en la medida de la variabilidad usada. Sin embargo, Ritchie *et al.* (1991), alertan sobre los problemas que surgen en la determinación de la temperatura base con esta metodología cuando se realizan ensayos a campo, en virtud de la falta de información que se dispondrá respecto de la respuesta a temperaturas cercanas a la tb.

Otro método posible de utilizar es mediante el cálculo del error de estimación en días (Sy) entre las fechas observadas y las calculadas mediante el

uso del tiempo térmico sobre distintas temperaturas bases. El menor error corresponderá a aquella temperatura base más apropiada.<sup>(\*)</sup>

En colza de primavera, algunos autores utilizaron para todas las etapas de desarrollo una única tb. Pascale (1985), determinó para la etapa emergencia-floración del cultivar de primavera Aomori N°1, una tb de alrededor de 6°C. Morrison *et al.* (1988), para el cultivar Westar (de primavera) y para la etapa emergencia-madurez fisiológica, determinaron una tb de 5°C. Arnaud (1989) utilizó para las colzas de primavera una única tb de 0°C para todas las etapas de desarrollo. Sin embargo, al igual que en otros cultivos, se determinaron distintas tb para las distintas etapas del proceso fenológico: 0°C, 2°C, 6°C y 1-2°C para la etapa vegetativa, la del alargamiento de los entrenudos, la de floración y la de maduración, respectivamente, (Hodgson, 1978) en el cultivar primaveral Midas (*Brassica napus*).

El objetivo de este trabajo es determinar la temperatura base de distintas etapas de desarrollo en colzas primaverales que se cultivan actualmente en la Argentina y comprobar su exactitud para la predicción de su fenología.

## MATERIALES Y METODOS

Durante las campañas 1988 a 1991 se realizaron ensayos en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.B.A. (lat. 34° 37'S, long. 58° 20'W, alt. 25 m.s.n.m.), en un suelo Argiudol Vértico.

Se sembraron los cultivares de primavera Topas (variedad de origen sueco), Iciola 41 (híbrido de origen australiano) y Westar (variedad de origen canadiense) desde 1988 a 1991. En total, se realizaron 8 siembras (10/6/88, 12/6/89, 2/8/89, 11/6/90, 13/7/90, 17/5/91, 1/7/91 y 6/8/91) desde mayo a agosto, sobre las que se tomaron observaciones fenológicas según la metodología propuesta por C.E.T.I.O.M.-I.N.R.A. (Arnaud, 1989): A (emergencia), B<sub>2</sub> a B<sub>7</sub> (2 a 7 hojas), F<sub>1</sub> (aparición de primeras flores abiertas), G<sub>1</sub> (primeros frutos) y G<sub>2</sub> (algunos granos coloreados, aproximadamente coincidente con la madurez fisiológica). Se consideró que se llegaba a un estado fenológico cuando el 50% de las plantas de cada parcela se encontraban en el mismo estado.

Las siembras de Topas e ICIOLA 41 en 1992 se

<sup>(\*)</sup>Hall, A., 1993. (Comunicación personal)

utilizaron para la verificación de las temperaturas bases determinadas.

El diseño utilizado fue de bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones. La parcela correspondiente a cada cultivar estaba constituida por 5 surcos de 5m de largo.

En todos los casos, se realizó una fertilización de presiembra con fosfato diamónico y en el estado B<sub>2</sub>-B<sub>3</sub> se realizó un raleo dejando aproximadamente 40-50 plantas por metro lineal. Se controlaron las malezas a mano y las plagas, de ser necesario.

Los datos de temperaturas máximas y mínimas ocurridas durante los ensayos se obtuvieron de una estación meteorológica ubicada a unos 200 m del lugar.

Con los datos fenológicos surgidos de los ensayos de los años 1988 a 1991 se calcularon, para los tres cultivares, la duración y los Tt para las etapas siembra-emergencia (S-A), emergencia-primeras flores (A-F<sub>1</sub>) y primeras flores-madurez fisiológica (F<sub>1</sub>-G<sub>3</sub>), sobre las temperaturas bases de 0°C, 2°C, 3°C, 4°C, 5°C, 6°C, 8°C, 10°C, 12°C, 14°C y 16°C según la fase considerada.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

La marcha de las temperaturas durante los años en que se realizaron los ensayos se compara-

ron con la media normal de la zona, en la figura 1. Desde mediados de mayo hasta mediados de diciembre (período del año en que se concretaron los ciclos de los cultivares) de los cinco años de ensayos, las temperaturas medias mensuales fueron levemente superiores a las de las medias normales de la zona, salvo en el mes de julio y primera quincena de noviembre del año 1992 en que resultaron ser inferiores.

Los rangos de la duración de las etapas (S-A), (A-F<sub>1</sub>) y (F<sub>1</sub>-G<sub>3</sub>) de los tres cultivares en ocho fechas de siembra y los de las temperaturas medias ocurridas durante cada una, aparecen en el cuadro N°1. Se comprueba que la máxima amplitud térmica lograda a campo fue de escasos 9°C, lo que podría constituirse en una fuente de error para la determinación de las temperaturas base, como lo mencionaran Ritchie *et al.* (1991).

En el cuadro N°2 figuran los tiempos térmicos medios para cada etapa y para cada cultivar, calculados sobre las distintas temperaturas base.

Como una primera aproximación al tema se utilizó el método estadístico propuesto por Arnold (1959) calculando en cada caso las variancias entre los Tt de las distintas fechas de siembra para cada tb. Esta primera aproximación permitió aco-

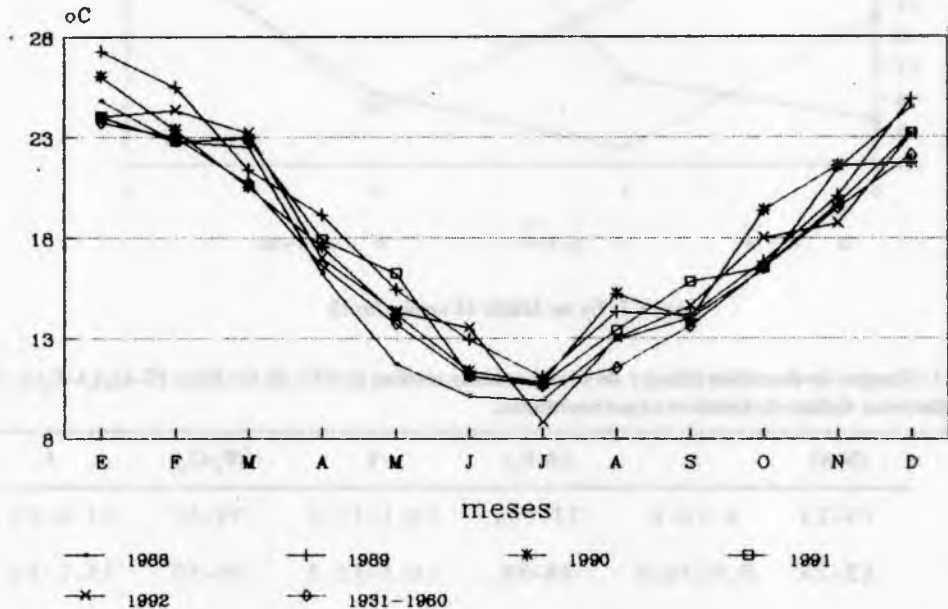


Figura 1: Temperaturas medias mensuales y normales

tar el rango de temperaturas base sobre las que se debía trabajar en cada etapa y se procedió así con el método del error de estimación :

$$S_y = \frac{(o - c)^2}{n}$$

donde: o es la fecha observada

c es la fecha calculada con los distintos

Tt y las distintas tb

n es el número de siembras realizadas

También en este caso, el menor error de estimación ( $S_y$ ) corresponde a la temperatura base más adecuada. La figura 2 grafica los  $S_y$  para las distintas fases y las distintas tb. en el cultivar Iciola 41. Esta segunda metodología permitió seleccionar, en algunos casos, tb algo inferiores a las seleccionadas por el método anterior (Cuadro N°3) y que utilizadas para el cálculo de los tiempos térmicos permitieron estimar las fechas de emergencia (A), primeras flores ( $F_1$ ) y madurez fisiológica ( $G_2$ ) de los cultivares Topas e Iciola 41,

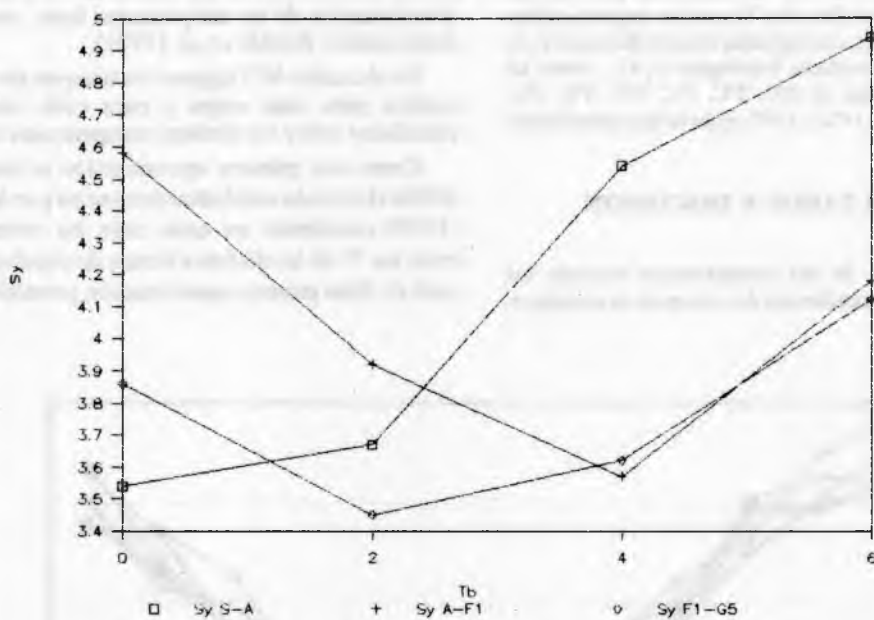


Figura 2:  $S_y$  en Iciola 41 según las tb

Cuadro N° 1: Rangos de duración (días) y de temperaturas medias (t) (°C) de las fases (S-A), (A- $F_1$ ) y ( $F_1$ - $G_2$ ), en las distintas fechas de siembra experimentadas.

	(S-A)	t	(A- $F_1$ )	t	( $F_1$ - $G_2$ )	t
Topas	13-23	9-16,8	73-105	13,1-15,1	39-55	15,6-21,2
Iciola 41	12-23	8,9-16,8	48-86	10,5-15,2	40-57	15,1-19,1
Westar	12-23	9-16,8	49-76	11,7-20,3	41-57	15,9-19,5

**Cuadro N° 2: Tiempo térmico medio (Tt) (°C) para las fases (S-A), (A-F<sub>1</sub>) y (F<sub>1</sub>-G<sub>5</sub>) de los tres cultivares, calculado sobre distintas temperaturas base. El Tt en negrita corresponde a la tb con menor error de estimación (Sy)**

<b>(S-A)</b>											
	0 °C	2 °C	3°C	4 °C	5 °C	6 °C	8 °C				
Topas	213	178	161	143	126	108	73				
Iciola 41	203	171	155	138	122	108	74				
Westar	205	172	156	139	122	106	72				
<b>(A-F<sub>1</sub>)</b>											
	0 °C	2 °C	3°C	4 °C	5 °C	6 °C	8 °C				
Topas	1131	962	877	793	708	638	455				
Iciola 41	805	680	618	556	494	432	308				
Westar	937	798	729	659	590	520	382				
<b>(F<sub>1</sub>-G<sub>5</sub>)</b>											
	0 °C	2 °C	3°C	4 °C	5 °C	6 °C	8 °C	10 °C	12 °C	14 °C	16 °C
Topas	848	755	709	622	615	569	475	383	289	196	107
Iciola 41	834	736	687	638	590	541	443	345	248	150	69
Westar	878	778	727	677	627	577	330	376	275	175	76

sembrados en el año 1992, con mayor precisión.

Para las fechas de siembra del 22/5/92 y del 7/7/92, la estimación de las fechas respectivas de emergencia de Topas e Iciola 41, se realizó con una precisión aceptable (Cuadro N° 4). La etapa de (S-A) se cumplió con 213 °C en Topas y 203 °C en Iciola 41.

Para las fechas de emergencia del mes de junio la estimación de las fechas de aparición de las primeras flores en ambos cultivares mediante el tiempo térmico resultó subestimada. Posiblemente, en esta fecha de siembra, sería conveniente considerar la influencia de otro factor interviniente en la expresión de la floración, además del de la temperatura, como es el fotoperíodo ó los efectos combinados de ambos (Myers *et al.* 1982 ; King *et al.* 1986).

En el caso de las emergencias del mes de julio, la estimación de las fechas de aparición de las primeras flores mediante el tiempo térmico y las temperaturas bases seleccionadas fue aceptable (3 y 0 días de diferencia respecto de lo observado, en

Topas e Iciola 41 respectivamente), posiblemente porque el fotoperíodo del final del mes de julio no resultó limitante para la diferenciación de los ápices. La etapa de (A-F<sub>1</sub>) se cumplió con 793° en Topas y con 556°C en Iciola 41.

La estimación de la fecha de madurez fisiológica resultó más adecuada para la segunda fecha de siembra que para la primera, en que el tiempo térmico subestimó la fecha de G<sub>5</sub> (10 y 5 días para Topas e Iciola 41, respectivamente). Posiblemente esto fue consecuencia de las temperaturas bajas de

**Cuadro N° 3: Resumen de temperaturas bases (°C) con menor Sy para cada etapa en cada cultivar.**

Etapa	Topas	Westar	Iciola 41
(S-A)	0	0	0
(A-F <sub>1</sub> )	4	0	4
(F <sub>1</sub> -G <sub>5</sub> )	6	2	2

**Cuadro N° 4: Fenología observada (O) y calculada (O) de los cultivares Topas e Iciola 41 en el año 1992. (d) diferencia en días.**

Cultivar	Siembra	A			F <sub>1</sub>			G <sub>s</sub>		
		O	C	d	O	C	d	O	C	d
Topas	22/05/92	2/6	7/6	5	22/9	14/9	8	20/11	10/11	10
	07/07/92	28/7	30/7	2	11/10	14/10	3	25/11	25/11	0
Iciola 41	22/05/92	2/6	7/6	5	4/9	22/8	13	29/10	24/10	5
	07/07/92	28/7	29/7	1	25/9	25/9	0	8/11	25/11	2

la primera quincena de noviembre del año 1992 que, como se señaló al principio, lo diferenciaron de la media normal de la zona y de los otros años del ensayo con que se determinaron las temperaturas base y que en el año 1992 pudieron demorar en algo la expresión de la madurez fisiológica.

La comprobación de las temperaturas base de Westar (Cuadro N° 3) no se pudo llevar a cabo por no contarse con siembras de ese cultivar en el año 1992.

### CONCLUSIONES

- Se determinaron distintas temperaturas base para las etapas siembra-emergencia, emergencia-aparición de primeras flores abiertas y aparición de primeras flores-madurez fisiológica de los cultivares Topas, Westar e Iciola 41.

- La temperatura base de 0°C fue adecuada para calcular, mediante el tiempo térmico, la duración

de la etapa siembra-emergencia los cultivares Topas e Iciola 41, sembrados en la latitud de Buenos Aires.

- La temperatura base de 4°C fue adecuada para calcular la duración de la etapa emergencia-aparición de primeras flores de Topas e Iciola 41, sembrados en el mes de julio en Buenos Aires, pero no lo fue para la fecha de siembra del mes de mayo. Se considera necesario analizar la influencia del fotoperíodo en la expresión de la floración en estos dos cultivares.

- Las temperaturas base de 6°C y 2°C fueron adecuadas para calcular la duración de la etapa aparición de primeras flores-madurez fisiológica de los cultivares Topas e Iciola 41.

- Las temperaturas base seleccionadas para las etapas siembra-emergencia, emergencia-primeras flores y floración-madurez fisiológica del cultivar Westar fueron 0°C, 0°C y 2°C respectivamente.

**BIBLIOGRAFIA**

- ARNAUD, F. 1989. "Sélection, variétés". *Cahier technique*. 28 p. C.E.T.I.O.M. Paris. Francia.
- ARNOLD, C.Y. 1959. "The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system". *American Soc. for Hort. Sci.* 74: 430-445.
- HODGSON, A.S. 1978. "Rapeseed adaptation in Northern New South Wales. II. Predicting plant development of *Brassica campestris* L. and *Brassica napus* L. and its implications for planting time, designed to avoid water deficit and frost". *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 711-726.
- KING, J.R. and Z.P.KONDRA. 1986. "Photoperiod response of spring oilseed rape (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.)". *Field Crops Research*, 13:367-373.
- KONDRA, Z.P. and J. R. KING. 1983. "Temperature effects on germination of rapeseed (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.). *Can. J. Plant Sci.* 63: 1063-1065.
- MORRISON, M. J.; P. B. E. McVETTY and C. F. SHAYKEWICH. 1989. "The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape". *Can. J. Plant Sci.* 69: 458-455.
- PASCALE, N.C. 1985. "Comportamiento bioclimático de siete cultivares de colza en Buenos Aires". *Oleico* 32: 9-22.
- RITCHIE, J.T. and D.S.NESMITH. 1991. "Temperature and crop development" p.5-27. en *Modelling plant and soil systems*. Edit. S.H.Mickelson. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- RUSSELLE M. P.; W. W. WILHELM; R. A. Olson and J. F. Power. 1984. "Growth analysis based on degree days". *Crop Sci.*, 24: 28-32.