

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DURACIÓN DE LAS FASES FENOLÓGICAS DEL TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) Y TRITICALE (*X Triticum secale* Wittmack) Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO

F. Soto[✉], R. Plana y Naivy Hernández

ABSTRACT. 403 wheat lines, 107 out of them flourey (*Triticum aestivum* ssp. *Aestivum*) and 296 triticales (*X Triticum secale* Wittmack) coming from CYMMYT were studied in the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), at 138 m over sea level, with the objective of establishing the influence of temperature on the lengthening of different phenological phases and them, in turn, on yield. Wheat was seeded in December, 2001, except 44 flourey lines that were also sown in January, 2002. Day length of each of the following phases was evaluated: emergency, tillering, first knot, leaf flag, arrowing, flowering, physiological maturity and harvest. Mean air temperature data were recorded at a closer meteorological station to the site, besides calculating the sum of cumulative temperatures in each phase. Lineal regressions were also calculated between day length of every phase (x) and yield (y). According to each line cycle length studied, they were divided into five groups, the end difference being of 30 days. Temperature influence on cycle length was verified, independently of the wheat species studied; significance of the vegetative phase length was proved to define yield, since high and significant coefficients of determination started from arrowing phase. The two wheat species required an accumulated temperature between 1800 and 2400°C to complete their biological cycle.

RESUMEN. Con el objetivo de establecer la influencia que ejerce la temperatura sobre la duración de las diferentes fases fenológicas y estas sobre el rendimiento, se estudiaron 403 líneas de trigo, de ellas 107 harinero (*Triticum aestivum* ssp. *Aestivum*) y 296 de triticales (*X Triticum secale* Wittmack), procedentes del CYMMYT, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) a 138m snm. La siembra se efectuó en diciembre de 2001, a excepción de 44 líneas de trigo harinero que además se sembraron en enero de 2002. Se evaluó la duración en días de cada una de las siguientes fases: emergencia, ahijamiento, primer nudo, hoja bandera, espigamiento, floración, madurez fisiológica y cosecha. De una estación meteorológica próxima al sitio, se tomaron los datos de temperatura media del aire y se calculó la suma de temperaturas acumuladas en cada una de las fases. También se calcularon las regresiones lineales entre la duración del día en cada una de las fases (x) y el rendimiento (y). De acuerdo con la duración del ciclo de las líneas estudiadas, estas se dividieron en cinco grupos, siendo la diferencia entre los extremos de 30 días. Se constató la influencia de la temperatura en la duración del ciclo, independientemente de la especie de trigo estudiada; se demostró la importancia de la duración en la fase vegetativa en la definición del rendimiento, al encontrarse coeficientes de determinación altos y significativos a partir de la fase de espigamiento. Las dos especies de trigo requirieron un acumulado de temperatura entre 1800 y 2400°C para completar su ciclo biológico.

Key words: wheat, phenology, yield, temperature

Palabras clave: trigo, fenología, rendimiento, temperatura

INTRODUCCIÓN

El trigo es una especie que tiene un amplio rango de adaptación, crece y se desarrolla en ambientes muy diversos y puede sembrarse tanto en invierno como en primavera, lo que unido a su gran consumo, ha permitido que se extienda a muchas partes del mundo (1).

El rendimiento es el resultado final de un grupo de interacciones, donde intervienen el genotipo, clima, suelo y manejo del cultivo. El impacto de los distintos parámetros que intervienen en estas variables del sistema define la fenología y el rendimiento de los cultivos (2).

Dado que el producto final de un cultivo no es sino la consecuencia de un proceso derivado de las actividades agrícolas efectuadas durante todo el ciclo, para los investigadores y productores se hace necesario el conocimiento de la fenología agrícola y duración de las diferentes etapas (3).

La fenología es el estudio de los fenómenos periódicos que presentan los organismos vivos y su reacción con el proceso meteorológico. La fenología agrícola se refiere a los fenómenos periódicos que presentan las plan-

Dr.C. F. Soto, Investigador Titular y Naivy Hernández, Reserva Científica del departamento de Fitotecnia; Dr.C. R. Plana, Investigador Titular del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉ soto@inca.edu.cu

tas y su relación con las condiciones ambientales, tales como la temperatura, luz, humedad, etc. (4).

La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida (5). La medida de este calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico (6), el cual frecuentemente se expresa en unidades llamadas grados-día.

A partir de estos elementos se desarrolló el presente trabajo, con el objetivo de establecer la influencia que ejerce la temperatura sobre la duración de las diferentes fases fenológicas y estas sobre el rendimiento en un grupo de líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *Aestivum*) y triticale (*X Triticum secale* Wittmack).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento al objetivo de este trabajo, se estudiaron 403 líneas de trigo, 107 harinero y 296 de triticale, procedentes del CYMMYT, en las áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en San José de las Lajas, a 138 m snm.

Se utilizó una densidad de siembra de 100 kg.ha⁻¹ de semilla y se realizó en las siguientes fechas:

- ⇒ 13/diciembre/2001: 296 líneas de triticale y 63 de trigo harinero
- ⇒ 24/enero/2002: 44 líneas de trigo harinero.

Las parcelas tuvieron un área de 5,4 m². Se realizaron las siguientes evaluaciones:

- ♦ duración en días de cada una de las siguientes fases: emergencia, ahijamiento, primer nudo, hoja bandera, espigamiento, floración, madurez fisiológica y cosecha
- ♦ rendimiento (t.ha⁻¹)

Los datos de temperatura media diaria se tomaron de una estación meteorológica próxima al sitio experimental. Se calcularon las regresiones lineales entre la duración en días de cada una de las fases y el rendimiento, así como la suma de temperaturas acumuladas en cada una de las fases y para el total del ciclo, tomando como temperatura base 10°C (7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar la duración del ciclo de cada una de las líneas estudiadas, se comprobó que estas se pueden dividir en cinco grupos, tal como se presenta en la Tabla I.

Tabla I. Agrupamiento de las diferentes líneas de trigo estudiadas de acuerdo con la duración de su ciclo

Grupos	Ciclo (días)	Tipo de trigo	Fecha de siembra
I	81	Harinero	24/01/03
II	90	Triticale	13/12/02
III	98	Harinero	13/12/02
IV	99	Triticale	13/12/02
V	111	Harinero	13/12/02

Resulta interesante señalar cómo se pone de manifiesto la importancia de la fecha de siembra en la duración del ciclo de las plantas, pues se puede observar que las líneas del trigo harinero sembradas el 13 de diciembre (grupos III y V) completaron su ciclo biológico entre 17 y 30 días después de las que se sembraron el 24 de enero (grupo I). Se destaca también, en el caso de las líneas de trigo harinero, la diferencia entre genotipos, pues entre los grupos III y V es de 13 días; en relación con las líneas de Triticale, la diferencia entre los ciclos fue de solo nueve días.

Los resultados de una investigación realizada en Cuba, donde se estudió un grupo de cultivares de triticale, mostraron que el tiempo de duración de las fases del cultivo fue lo que diferenció a los cultivares en su agrupamiento (8). En el cultivo del trigo, la temperatura es el factor más importante que induce el desarrollo a través de sus fases, desde la emergencia hasta la floración y madurez (7).

Lo anterior se evidencia en la Figura 1A, donde se presenta la temperatura media en cada una de las fases de los diferentes grupos; haciéndose más patente al analizar los dos grupos extremos (Figura 1B); nótese cómo en aquellas plantas sembradas el 13 de diciembre (grupo V), la temperatura media siempre fue inferior respecto a las sembradas el 24 de enero (grupo I).

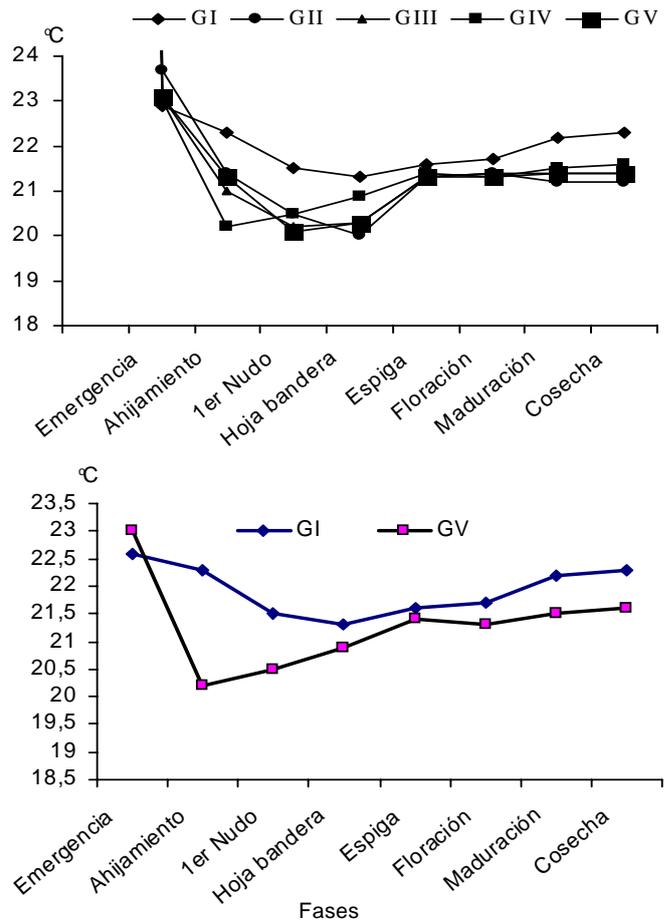


Figura 1. Temperatura media de las diferentes líneas de trigo en cada una de las fases fenológicas (A) y en los dos grupos extremos (B)

La fecha de siembra al determinar las condiciones del ambiente que inciden sobre el cultivo modifica su desarrollo, es decir, la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos, duración de las etapas y, por ende, duración del ciclo del cultivo (9).

Analizando la duración de cada una de las fases fenológicas de este cultivo, se puede observar en la Figura 2 que la diferencia entre los grupos se hace mayor a partir del espigamiento, donde el grupo V necesitó 16 días más para llegar a dicha fase en relación con el grupo I; esta diferencia se ve acentuada hasta llegar a la fase de maduración, donde el grupo V necesitó 29 días más que el grupo I para arribar a este estadio de desarrollo. La diferencia entre los grupos II, III y IV para llegar a la maduración fue de tan solo nueve días.

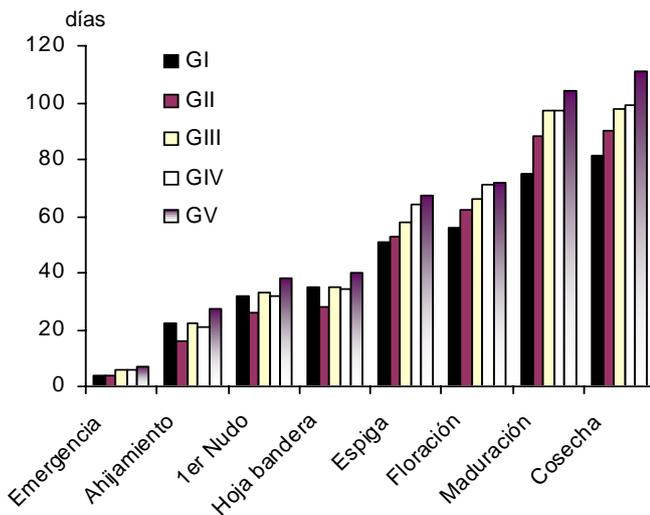


Figura 2. Duración de cada una de las fases fenológicas de los cinco grupos de líneas de trigo estudiadas

Este comportamiento indica que la duración de la fase vegetativa es de gran importancia en la definición del rendimiento. Para la mayoría de los cultivos, el rendimiento está positivamente relacionado con la duración del período del llenado del grano; los factores genéticos, climáticos y de manejo que permiten una mayor duración y un mantenimiento de la fotosíntesis durante este período son fundamentales en su aporte a un incremento del rendimiento final (7). Se puede deducir que una planta que alcance una mayor acumulación de biomasa en el período de floración dará un mayor rendimiento.

En este sentido, en un estudio realizado en Venezuela con diferentes variedades de frijol, se encontró que un alargamiento de la duración de la fase vegetativa favoreció el rendimiento del cultivo (10); resultados similares fueron obtenidos en Cuba en el cultivo de la habichuela (11).

Lo anterior se puede observar al analizar la Figura 3, pues el rendimiento varía para cada uno de los grupos y se aprecia cómo este tiene relación con la duración de los ciclos; este elemento indica que un análisis de regresión entre la duración del ciclo y el rendimiento resulta lógico.

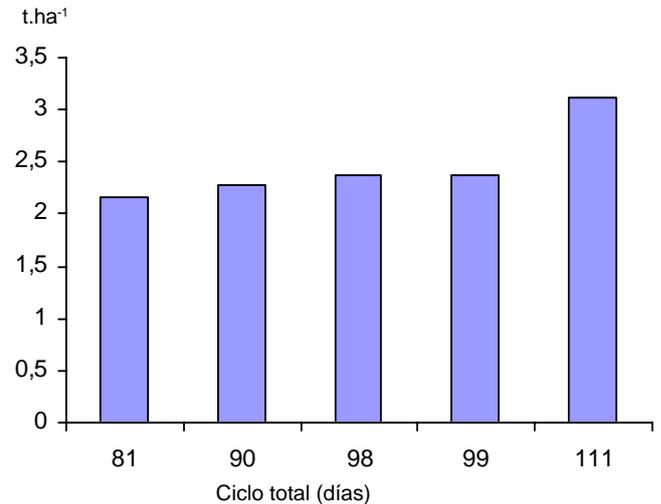


Figura 3. Rendimiento de los grupos de líneas de trigo

En la Figura 4 se observa que existe una relación directa entre las variables anteriormente señaladas; pero más interesante aún resulta la relación del rendimiento con la duración del ciclo en la fase de espigamiento, lo que reafirma el criterio de la importancia de la fase vegetativa en la definición del rendimiento.

La intercepción de la radiación solar durante un largo período de tiempo generalmente significa mayor producción de materia seca. La duración del área foliar puede representar una buena medida del rendimiento en grano de trigo, si es medido desde la emergencia de la espiga hasta la madurez. La duración del área foliar puede explicar cerca de la mitad de la variación de los rendimientos en grano, aún en condiciones climáticas, prácticas agronómicas y cultivares muy diferentes (12).

En teoría, alargar el período en el que la productividad por unidad de superficie es máxima permite lograr una producción más alta de materia seca y más frutos o pueden producirse otras partes de las plantas. Algunos datos apoyan esta visión. Por ejemplo, en las zonas templadas las mejores variedades de maduración tardía rinden normalmente más que las variedades más precoces (12).

Partiendo de que cada fase de desarrollo de un cultivo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente (7), en la Figura 5 se presentan las sumas de temperatura acumulada para cada una de las fases fenológicas en los cinco grupos de líneas estudiadas. Como se puede apreciar, las dos especies de trigo estudiadas requirieron un acumulado entre 1800 y 2400°C para completar su ciclo biológico; para completar la fase vegetativa requirieron entre 1100 y 1400°C, mientras que para la fase reproductiva acumularon entre 700 y 970°C.

En el trigo de invierno, es necesario acumular 760°C desde la siembra hasta el espigado (7); este valor es inferior al alcanzado en el presente trabajo, pero debe tenerse en cuenta que en este caso se trabajó con trigo de primavera.

La cuantificación de la cantidad de grados de calor acumulado en cada una de las fases fenológicas de un cultivo permite lograr un uso más racional del medioambiente en beneficio de la producción, mediante el manejo del cultivo (13).

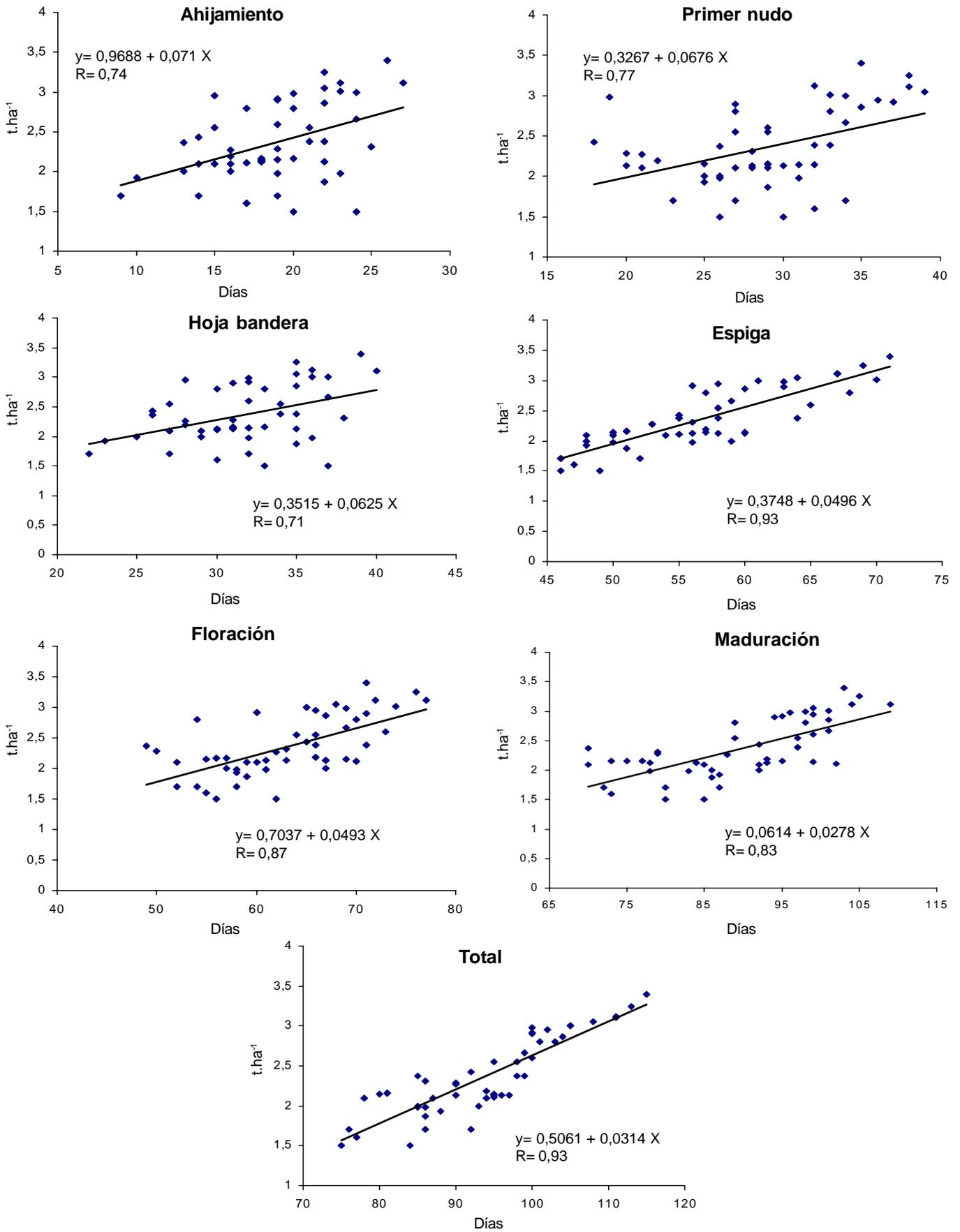


Figura 4. Relación entre el rendimiento y la duración de cada una de las fases fenológicas y del ciclo total en los 5 grupos de líneas de trigo estudiadas

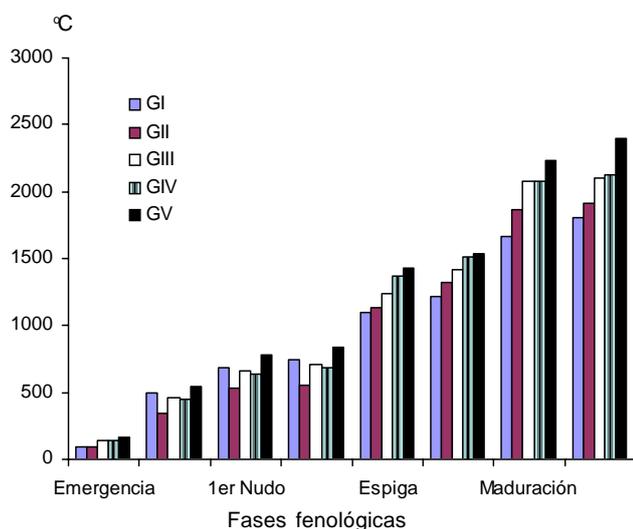


Figura 5. Temperatura acumulada en las diferentes fases fenológicas en cada uno de los grupos estudiados

El concepto de calor acumulado, que involucra la combinación adecuada de grados de temperatura y el tiempo cronológico, es siempre el mismo (14), o sea, que las cantidades de calor acumulado se mantienen en cada fase y ciclo en un rango aproximado, con independencia del período de siembra (15). Por lo que un mismo genotipo sembrado en diferentes condiciones climáticas puede presentar diferentes estados de desarrollo, después de transcurrido el mismo tiempo cronológico (3).

REFERENCIAS

- Plana, R.; Álvarez, M. y Varela, M. Evaluación de una colección del género *Triticum*: trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), trigo duro (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) y triticale (*X Triticum secale* Wittmack) en las condiciones del occidente de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 4, p. 49-52.
- Guevara, E. La simulación del desarrollo, crecimiento y rendimiento en maíz. [Consultado: 08/10/07]. Disponible en: <<http://www.fertilizando.com/articulos/SimulacionDesarrolloCrecimientoYRendimientoEnMaiz.asp>>.
- Infoagro. La fenología como herramienta en la agroclimatología. [Consultado: nov. 2006]. Disponible en: <<http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>>.
- Agronet. Fenología. [Consultado: oct/2006]. Disponible en: <<http://www.agronet.com.mx/cultivos.cgi>. Valley=Valle del Fuerte & Cultive=Frijol & Titel=Fenología>.
- Rodríguez, W. E. y Flores, V. J. Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de temperatura. *Agronomía Colombiana*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 9.
- World Meteorology Organization (WMO). Practical use of meteorological data and information for planning and operational activities in agriculture. Publication No. 60 Geneva, 1993.
- Rawson, H. M. y Gómez, H. Trigo regado. Manejo del cultivo. FAO. 2001. 61p.
- Plana, R., Álvarez, M., Ramírez, A. y Moreno, I. Triticale (*X Triticum secale* Wittmack) a new crop in Cuba. A varietal collection from CIMMYT evaluated under the western conditions of the country. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 2, p. 51-54.
- Giambastiani, G. Programa de simulación de fenología de cultivos con fines educativos. [Consultado: feb. 2007]. Disponible en: <http://72.14.209.104/41p.search?q=cache:EM9K_Mewugk:colos.fcu.um.es/TICEC05/TICEC05/12_505.pdf+fenologia+y+rendimiento+en+los+cultivos&hl=es&ct=clnk&cd=2&gl=cu>.
- Infante, N. y González, T. Phases of development and yield component at three mungbean cultivars (*Vigna radiata* L. *Wicsek*) in Maracay, Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía*, 2003, vol. 20, no. 4, p. 12-16.
- Hernández, N. Estudio fenológico preliminar de 6 cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. UNAH. 2007. 41 p.
- Gardner, F. P.; Brent Pearce, R.; Mitchel, R.L. Carbon fixation by crop canopies. *En: Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. 1997. p. 31-57.
- Gastiazoro, J. Fenología Agrícola. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Comahue, Argentina. [Consultado: sep. 2006]. Disponible en: <<http://academicos.cualtos.udg.mx/Agroindustrias/PaginaFv/Lecturas/Fenologia.htm>>.
- Azkue, M. La fenología como herramienta en la agroclimatología. [Consultado: feb. 2007]. Disponible en: <<http://www.ceniap.Gov.Ve/bdigital/monografias/fenologia.htm>>.
- Pino, M. de los Á.; Terry, E.; León, A. y Soto, F. Duración del ciclo biológico y sus fenofases para la variedad INCA-17 en sistemas de monocultivo y policultivo fuera del período óptimo. *Cultivos Tropicales*, 2003, vol. 24, no. 1, p. 5-8.

Recibido: 12 de diciembre de 2008

Aceptado: 15 de mayo de 2009