

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

Phenology of pea crop (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) in the Bogotá plateau at open field and under plastic cover

Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica

Julio Ricardo Galindo Pacheco<sup>1</sup>, Jairo Clavijo Porras<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The assessment of environment effects on plant development is important to identify suitable zones and schedule crop production. In this research, plant development of pea (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) was evaluated under Bogotá flat highland, Colombia, environmental conditions (2640 m over sea level, 14°C, 80% R.H., rainfall of 800 mm/year). Two experiments were done under plastic cover (21°C ± 2,5°C, mean ± SD), and two at open field (13,9 ± 1,2°C). Following variables were evaluated: time to emergence, cycle duration from sowing to harvest, total node number at harvest and flowering node number at harvest. It was shown that temperature under plastic cover accelerate plant emergency in 10 days and reduce phyllochron from 3,05 to 2,72 day/node, so the flowering time was accelerated between 15 and 20 days. Node rate appearance did not change from the vegetative to reproductive stage. The results confirm the dent-like model of pea plant growth responses to temperature regimes, so the crop growth had a maximum at a plateau in a temperature range which could be between 14°C and 21°C.

*Keywords:* Phyllochron, degree days, solar radiation, pod number, apparent nodes.

## RESUMEN

La valoración del efecto del ambiente en el desarrollo de los cultivos es importante para la determinación de zonas aptas y la planificación de la producción. En esta investigación se realizaron cuatro ensayos para evaluar el desarrollo de las plantas de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Santa Isabel en condiciones de la sabana de Bogotá, Colombia, (2640 msnm, 14°C, 80% H.R., 800 mm de lluvia anual), tema sobre el cual no hay información. Se realizaron dos ensayos bajo cubierta plástica (21°C ± 2,5°C, promedio ± DE) y dos a campo abierto (13,9°C ± 1,2°C). Se evaluó el tiempo de la siembra a la emergencia, la tasa de aparición de nudos en el tallo principal, el inicio de la floración, la duración del ciclo de la siembra hasta la cosecha, el número de nudos totales en la cosecha y el número de nudos con flor. Se encontró que la temperatura bajo cubierta plástica aceleró en 10 días la emergencia de las plantas y redujo el filocrón de 3,05 a 2,72 días/nudo, lo cual a su vez adelantó el momento de floración y cosecha entre 15 y 20 días. La tasa de aparición de nudos no varió significativamente por el cambio de la fase vegetativa a reproductiva. Los resultados contribuyeron a respaldar el modelo dentado de desarrollo vegetal en función de la temperatura para arveja, según el cual el crecimiento es máximo en un rango de temperatura óptima, que se sugiere está entre los 14°C y 21°C.

*Palabras clave:* filocrón, grados día, radiación solar, número de vainas, nudos aparentes.

## INTRODUCCIÓN

SEGÚN LA ESCALA BBCH (Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemical) (Meier, 2001), el desarrollo fenológico de la planta de arveja se puede describir con los siguientes estadios: germinación, desarrollo de hojas, crecimiento longitudinal de entrenudos, aparición del órgano floral, floración, formación y maduración de vainas, senescencia.

Se acepta comúnmente que la duración de cada uno de estos estadios depende en primer lugar de las condiciones de temperatura. Cuando la temperatura es óptima para el desarrollo vegetal, el organismo cumple su ciclo de vida en un mínimo de tiempo. Si la temperatura está por encima o por debajo del óptimo, el desarrollo se hace más

Radicado: 4 de marzo de 2009  
Aprobado: 27 de abril de 2009

<sup>1</sup> I.A. Ph.D. Investigador, Corpoica, Bogotá, jgalindo@corpoica.org.co

<sup>2</sup> I.A. Ph.D. Profesor catedrático, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, jairocla@yahoo.com

lento y puede detenerse, ya sea porque la temperatura es muy baja (igual o inferior a la temperatura base) o porque es muy alta (igual o superior al punto de tolerancia). Se maneja entonces el concepto de grados día ( $^{\circ}\text{C d}$ ) para calcular la edad fisiológica de los cultivos, acumulando desde la siembra la diferencia entre la temperatura promedio de cada día y la temperatura base, siempre que el promedio no exceda el máximo de tolerancia. Esta aproximación permite una mejor predicción de los cambios de estado en el desarrollo vegetal en ambientes con temperatura variable (Miller *et al.*, 2001, Stöckle *et al.*, 2003).

Según Miller y colaboradores (2001) la duración de algunos de los estados fenológicos de la arveja, contada en grados día ( $^{\circ}\text{C d}$ ) a partir de la siembra, oscila entre 198 y 230 para el estado de dos hojas expandidas, 724 y 835 para una floración del 50% de las plantas, 1305 y 1451 para que las semillas comiencen a madurar en un 10%, y 1527 y 1686 para la madurez completa.

En otras especies de leguminosas se observa también que la temperatura es el factor determinante en la fenología. Butler y colaboradores (2002) observaron que en trébol rojo (*Trifolium incarnatum* L.) la temperatura es el factor primario que controla la tasa de aparición foliar, más que la duración del fotoperiodo. Dicha tasa de aparición foliar no fue diferente entre los cultivares de maduración intermedia y tardíos; además, la relación que obtuvieron entre la tasa de aparición foliar y la temperatura se ajustó a modelos cuadráticos, que lograron un  $r^2$  entre 0,90 y 0,99.

Un evento importante en la fenología de los cultivos es el inicio de la floración, cuyo momento puede variar de acuerdo con la susceptibilidad del material vegetal a la temperatura y al fotoperiodo. En arveja, algunas variedades requieren únicamente de un fotoperiodo favorable, otras de una conjugación de temperatura y fotoperiodo; incluso hay algunas que son insensibles al fotoperiodo (Arjona *et al.*, 1977; Wilson y Robson, 2006). En otras leguminosas se observa también el efecto conjugado de la temperatura y el fotoperiodo. Jones y colaboradores (1991) desarrollaron un modelo de desarrollo de la floración de la soya con base en la temperatura y el fotoperiodo. Sin embargo, en condiciones de zona templada, la variación de temperatura y fotoperiodo generalmente van asociadas. Siddique y colaboradores (2002) obtuvieron que la siembra tardía de la arveja en el Reino Unido se asociaba con días largos y calurosos, condiciones que aceleraron la maduración de las plantas y condujeron a una cosecha reducida.

Roche y colaboradores (1999) probaron diferentes modelos para predecir el inicio de la floración en arveja, utilizando como factores el fotoperiodo, la temperatura promedio, la latitud y la fecha de siembra. El mejor ajusto

te por mínimo cuadrado medio del error de predicción (CMEP) se obtuvo incluyendo todos los factores excepto la temperatura. Sin embargo, la latitud y la fecha de siembra estuvieron correlacionadas con la variación estacional de la temperatura y el fotoperiodo.

Genéticamente, en arveja la aparición de la floración está controlada por seis genes. Tres de ellos (*Sn*, *Dne*, *Ppd*) se asocian con la respuesta de la planta al fotoperiodo. El gen *Hr* se encarga de prolongar la expresión de los genes asociados con el fotoperiodo, mientras que el gen *E* reduce en los cotiledones la actividad de los cuatro primeros genes mencionados. El gen *Lf*, con cuatro alelos, gobierna la sensibilidad de la yema apical para la señal de floración y determina el número mínimo de nudos para iniciar la floración (Alcalde *et al.*, 2000). Una vez ocurrida la floración, existe un momento o fase fenológica en el cual se define el número de semillas que produce una vaina. Poggio y colaboradores (2005) estimaron que esta fase comienza con el inicio de la floración y termina cuando el último nudo floral finaliza la etapa susceptible al aborto de semilla; y encontraron que la duración de esta fase fue de  $200^{\circ}\text{C d}$  con una temperatura base estimada en  $T_b = 4^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura además de afectar el desarrollo fenológico de la planta, también afecta directamente el crecimiento en cuanto altera la respuesta de las enzimas que intervienen en la fotosíntesis (Bernacchi *et al.*, 2001; Farquhar *et al.*, 1980; Farquhar *et al.*, 2001). Además, la actividad de las bacterias simbióticas presentes en las raíces de arveja también se ve afectada. Temperaturas extremas, por encima del óptimo, favorecen la senescencia (Noode'n *et al.*, 1997).

En el presente artículo se muestra el resultado de la evaluación del efecto del clima en el desarrollo de la planta de arveja en cuanto a la tasa de aparición de nudos, el inicio de floración, el número de nudos totales y nudos reproductivos. Los factores climáticos evaluados fueron la temperatura, comparando la condición bajo cubierta plástica con la de campo abierto, y la radiación incidente. Estos parámetros son útiles para el desarrollo de modelos de simulación y la planificación de la producción con base en la oferta ambiental (Boote, 1995a y 1995b; Goudriaan *et al.*, 1995; Marcelis *et al.*, 1998), de lo cual actualmente no hay información para las condiciones colombianas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el municipio de Mosquera, Cundinamarca (2543 msnm), donde se realizaron cuatro ensayos para la evaluación del crecimiento del cultivo de arveja: tres en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia y uno

en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (C Nia) Tibaitatá, de Corpoica. Dos de los ensayos se instalaron en condiciones bajo cubierta plástica y dos en campo abierto (figura 1).

La siembra del ensayo bajo cubierta plástica del C Nia Tibaitatá se hizo a una densidad de 12,5 plantas/m<sup>2</sup> y profundidad de siembra de 2 cm, en una parcela de 10 m<sup>2</sup>. El ensayo bajo cubierta plástica del CAM se sembró a una densidad de 12,3 plantas/m<sup>2</sup> y profundidad de siembra de 2 cm, en una parcela de 200 m<sup>2</sup>. El ensayo en campo abierto del lote 7 del CAM se sembró a 9,1 plantas/m<sup>2</sup> y profundidad de siembra de 2 cm, en 2000 m<sup>2</sup> de terreno. El ensayo en el lote 8 del CAM se sembró a una densidad de 8,3 plantas/m<sup>2</sup> y 3 cm de profundidad, en un área de 2000 m<sup>2</sup>.

La fertilización del cultivo se estableció con base en los resultados del análisis químico del suelo y los requeri-

mientos de la planta. Se realizaron prácticas de protección del cultivo con agroquímicos contra plagas y enfermedades. Entre las plagas se encontraron especialmente trozadores (*Agrotis*, *Spodoptera*) y babosas (*Arion* sp.), y entre las enfermedades, las causadas por *Ascochyta pisi* y *Fusarium* spp., los cuales fueron controlados por medios químicos. En los ensayos de campo abierto se aplicó riego por aspersión cuando hubo períodos secos durante el ciclo del cultivo, y en los ensayos bajo cubierta plástica, se aplicó riego por goteo según necesidad de la planta.

### Evaluación del desarrollo

Para el seguimiento al desarrollo de los cultivos se marcaron plantas a la emergencia y se evaluaron semanalmente el número de nudos visibles, primer nudo del tallo con flor y número de nudos en el momento de la cosecha. Para los ensayos de campo, se tomaron 32 puntos ubicados en



**Figura 1.** Ubicación de los ensayos de arveja: A. Cubierta plástica tipo túnel en el C Nia Tibaitatá, ensayo IT-2004<sup>a</sup>. B. Cubierta plástica tipo capilla en el Centro Agropecuario Marengo, ensayo IC-2004B. C. Campo abierto lote 8 del Centro Agropecuario Marengo, ensayo L8-2004B. D. Campo abierto lote 7 del Centro Agropecuario Marengo, ensayo L7-2005A. Se aprecia el tutorado de colgadura en todos los casos

los nodos de una cuadrícula imaginaria de 25 x 25 m, con dos plantas marcadas por punto. Para los ensayos bajo cubierta plástica, se marcaron 12 puntos y dos plantas por punto para hacer el seguimiento respectivo.

### Evaluación de variables climáticas

Se contó con información climática de la Estación Agrometeorológica Tibaitatá, la más cercana al Centro Agropecuario Marengo (1,5 km), en cuanto a brillo solar, temperatura, humedad relativa, evaporación y precipitación. También se evaluó la precipitación en el lote con ayuda de un pluviómetro artesanal. En la condición bajo cubierta plástica en el CNIA Tibaitatá, se contó con un termómetro de máximas y mínimas (Buttler *et al.*, 2002) además de la información de la estación meteorológica mencionada. Con estos registros se pudo establecer el aumento de temperatura bajo cubierta plástica respecto al ambiente exterior.

Respecto a la temperatura del suelo, se tuvo en cuenta que según Soltani y colaboradores (2006), cuando la temperatura del aire es mayor a 3°C, la diferencia entre la temperatura del suelo y la temperatura ambiente es muy pequeña. Se encontró que por un aumento en un grado de la temperatura en el aire, el suelo aumenta en 1,05°C. Por lo tanto, utilizar la temperatura del aire para estimar el tiempo de emergencia en grados día no induce mayor error.

La radiación solar incidente en megajulios por día (MJ d<sup>-1</sup>), que se requiere para calcular la fotosíntesis de la planta, se calculó para cada uno de los ciclos de cultivo con base en las horas día de brillo solar. Para este fin se tomó la información de la estación meteorológica El Dorado (distante a 6,7 km) y se aplicó el análisis de regresión para determinar la relación de la radiación solar en función del brillo solar.

### Cálculo de los grados día

Los grados día o grados día de crecimiento (Miller *et al.*, 2001; Juskiw *et al.*, 2001) se calcularon de la siguiente manera:

$$\Sigma(T_m > T_b \text{ } ^\circ\text{C}) \quad (1)$$

Cuando la temperatura media  $T_m$  es disponible, o cuando se dispone de la máxima y mínima:

$$\Sigma((T_{\max} + T_{\min})/2 > T_b \text{ } ^\circ\text{C}) \quad (2)$$

Varios investigadores han utilizado como temperatura base  $T_b = 0^\circ\text{C}$  para calcular los grados día en arveja (Roche y Jeuffroy, 2000; Lecoeur y Sinclair, 2001). Miller

y colaboradores (2001) afirmaron que para los cultivos de estaciones frías en Montana, Estados Unidos, entre los cuales está la arveja, una temperatura base de 0°C resulta adecuada.

Sin embargo, en las ecuaciones 1 y 2 se asume una respuesta lineal a la temperatura, lo cual se cumple hasta una temperatura máxima dada, variable según la especie vegetal. Soltani y colaboradores (2006) utilizaron tres tipos de funciones para describir la relación entre la temperatura y el crecimiento vegetal: segmentada, dentada y curvada asimétrica (tipo función beta). En general, cuando se sobrepasa la temperatura óptima para el crecimiento vegetal, un aumento adicional de la temperatura resulta contraproducente y reduce la tasa de crecimiento. Sin embargo, para la función dentada, el crecimiento vegetal es máximo para un rango de temperatura en el cual la actividad de las enzimas fotosintéticas no se afecta considerablemente, como ocurre en soya, *Glycine max* L. (Vu *et al.*, 2001).

### Estimación del filocrón

Con el número de nudos formados a través del ciclo del cultivo para cada punto de muestreo en el cultivo, se estimó la tasa de aparición foliar y el filocrón, es decir, el tiempo que tarda en aparecer una nueva hoja. Se utilizaron días calendario y grados día (Juskiw *et al.*, 2001; Massawe *et al.*, 2003).

En los ensayos a campo abierto, cada punto constituyó un ambiente diferente, especialmente por las condiciones de suelo, por lo cual se evaluaron separadamente. La tasa de aparición foliar se estimó por mínimos cuadrados en la relación del número de nudos en función del tiempo (Brown y Moot, 2004). Los resultados por ensayo se analizaron con estadísticas descriptivas univariadas. Las diferencias de promedios entre ensayos se valoraron por medio de pruebas *t*, al 5% de significancia.

### Duración de los estados fenológicos

El momento de la emergencia del cultivo se determina cuando 50% de las plántulas aparece sobre el suelo. Como el seguimiento del cultivo de arveja se hizo semanalmente, el día de emergencia se estimó por regresión, con el intercepto en el eje de las abscisas de la curva de formación de hojas en el tiempo (Soltani *et al.*, 2006). El inicio de la floración se asoció con la aparición del primer nudo con botón floral en el 50% de las plantas observadas.

El tiempo de cosecha se definió respecto a la primera recolección de vainas, la cual corresponde generalmente a la producción del tallo principal de las plantas.

## Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el paquete SAS®, versión 9. Se aplicaron estadísticas descriptivas para los parámetros fisiológicos, incluyendo promedio, mediana, desviación estándar (DE), rango intercuartílico (RIC) y prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (SW).

La tasa de aparición de nudos se estimó a partir del análisis de regresión lineal del número de nudos en el tallo principal y el tiempo transcurrido en días después de la siembra. Se aplicaron pruebas de homogeneidad de pendientes para la comparación de los ensayos. Las pruebas de hipótesis respecto a los parámetros (coeficientes de regresión) o sus diferencias se evaluaron con un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diferencias de la temperatura ambiente entre invernadero y campo abierto

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la temperatura dentro y fuera del invernadero en condiciones del CNIA Tibaitatá, se observó que el efecto de la cubierta plástica hizo aumentar la temperatura promedio en 7°C respecto a una temperatura ambiente de 14°C. Además la variabilidad, expresada por la desviación estándar, aumentó de la condición de campo (1,07°C) a más del doble en invernadero (2,53°C). La temperatura máxima bajo cubierta plástica aumentó en dos ocasiones a más de 40°C, lo cual fue adverso para el crecimiento de la planta de arveja. En cambio, en campo abierto la temperatura

varió en menor proporción, de 13,92°C ± 1,15°C (promedio ± DE), con una diferencia de un grado entre los dos ensayos, sin que se observara una tendencia significativa a aumentar o decrecer a lo largo del año.

Según Fedecafé (1986) la temperatura óptima para el crecimiento de la arveja está entre los 15°C y 18°C, por encima de la cual la curva de crecimiento decrece aunque se sigue produciendo comercialmente hasta los 24°C.

### Estimación de la radiación incidente sobre los cultivos

Con información meteorológica de la estación El Dorado se obtuvo la relación entre horas de brillo solar y radiación solar. La radiación solar estimada para los cuatro ensayos fue de 14,58 ± 0,73 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (promedio ± DE), con la más alta en el ensayo bajo cubierta plástica del CAM (15,46 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) y la más baja en el ensayo bajo invernadero del CNIA Tibaitatá (13,67 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). Las fluctuaciones obedecieron principalmente a los cambios de nubosidad y no reflejaron ninguna estacionalidad que pudiera afectar diferencialmente los ensayos.

### Emergencia del cultivo

En la tabla 1 se presentan los resultados de la estimación del día de emergencia y la tasa de aparición de nudos en el tallo principal de la planta de arveja, para cada uno de los ensayos. Tal como se observa para los cuatro ambientes evaluados, la diferencia más importante entre la condición bajo cubierta plástica y la de campo abierto es una aceleración de la emergencia de las plantas. Por una diferencia de 7°C en el ambiente se ganaron 10 días aproximadamente en condición bajo cubierta.

**Tabla 1.** Estimación del día de emergencia, tasa de aparición de nudos y nudos totales del tallo principal de la planta de arveja en los cuatro ensayos experimentales

Ensayo	Parámetro	Unidad	n	Valor parámetro	DE	SW
Cubierta plástica Tibaitatá	Día de emergencia	día	10	14,6294	4,4693	0,8200
	Nudos/d	d <sup>-1</sup>	10	0,3799	0,0347	0,8601
	Nudos totales	número	22	22,3000	2,4301	0,3784
Cubierta plástica CAM	Día de emergencia	día	12	11,3329	2,4376	0,9762
	Nudos/d	d <sup>-1</sup>	12	0,3560	0,0292	0,2682
	Nudos totales	número	12	26,1667	4,2817	0,4469
Campo abierto L8 CAM	Día de emergencia	día	32	23,8095	2,9256	0,0198
	Nudos/d	d <sup>-1</sup>	32	0,3170	0,0187	0,0993
	Nudos totales	número	54	22,5000	3,2375	0,4480
Campo abierto L7 CAM	Día de emergencia	día	32	18,8104	5,2061	0,0002
	Nudos/d	d <sup>-1</sup>	32	0,3386	0,0349	0,0004
	Nudos totales	número	64	24,9219	5,5128	0,0225

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la tasa de aparición de nudos entre la condición de campo abierto y bajo cubierta plástica según la prueba t. DE: desviación estándar; SW: valor  $p$  para la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks.



**Tabla 2.** Grados día a la emergencia de las plántulas de arveja variedad Santa Isabel para los cuatro ensayos

Ensayo	n	Promedio	DE	Mediana	Rango intercuartílico
Cubierta plástica Tibaitatá	10	198,93	68,2118	187,41	33,7412
Cubierta plástica CAM	12	171,44	85,2281	191,28	128,0606
Campo abierto L8 CAM	32	316,55	33,4103	316,26	28,1106
Campo abierto L7 CAM	32	222,34	59,6122	222,76	70,7580

En la tabla 2 se presenta para cada uno de los ensayos el tiempo entre la siembra y la emergencia expresado en grados día. Se observa una diferencia significativa en el tiempo de emergencia entre el ensayo a campo abierto en el lote 8 del CAM y los otros tres ensayos, especialmente con el de campo abierto en el lote 7 del CAM. Esta diferencia se explica en parte por la profundidad de siembra, la cual fue mayor en el primero. En el segundo ensayo se redujo la profundidad considerando la condición de compactación del suelo. Tal como observaron Soltani y colaboradores (2006) en garbanzo (*Cicer arietinum* L.), el efecto de la temperatura en la velocidad de emergencia depende de la profundidad de siembra; según sus resultados, el requerimiento en días fisiológicos aumentó en 0,9 días por cada centímetro de aumento en la profundidad de siembra, para un rango entre 2,5 y 14 cm de profundidad. A 5 cm de profundidad de siembra se requirieron 6 días fisiológicos (94°C d). La forma de la curva de respuesta del tiempo de emergencia se describió con una función dentada con un mínimo en 4,5°C de base, una meseta de temperatura óptima entre 20,2°C y 29,3°C, y una máxima de 40°C, por encima de la cual no hay emergencia.

### Tasa de aparición de nudos en el tallo principal

Con los datos del número de nudos visibles en el tallo principal de la arveja a través del tiempo, se obtuvo una tendencia lineal positiva, cuya pendiente corresponde a la tasa de aparición de nudos. De la tabla 1 se deduce que la tasa de aparición de nudos en promedio para los cuatro ambientes fue de 0,3479 nudos/día, que corresponde a un filocrón de 2,87 días/nudo; pero se observaron diferencias significativas según se trate de ensayos de campo o bajo cubierta plástica ( $p < 0,05$  según la prueba t). Esta tendencia se mantiene, mientras está activo el crecimiento del tallo, sin variaciones por efecto del cambio a la fase reproductiva que ocurrió alrededor de los 74 días después de la siembra (figuras 2 y 3). Cao y Moss (1989)

observaron un resultado similar en cebada de primavera (*Hordeum vulgare* L.), en cuanto que a una temperatura dada la aparición de nuevas hojas siguió una tendencia lineal en función del tiempo, aunque se dieron diferencias en la tasa de aparición foliar por efecto del genotipo y entre localidades por efecto de la temperatura.

Como se puede deducir de la tabla 1, la tasa de aparición de nudos es ligeramente mayor bajo cubierta plástica respecto a la condición de campo. En promedio, se formaron 0,368 nudos/d bajo cubierta plástica, y 0,328 nudos/d a campo abierto, que en términos del filocrón corresponden a 2,72 y 3,05 días, respectivamente. En otras palabras, para formar 24 nudos, en la condición de invernadero se requieren 65 días, mientras que a campo abierto son 73 días.

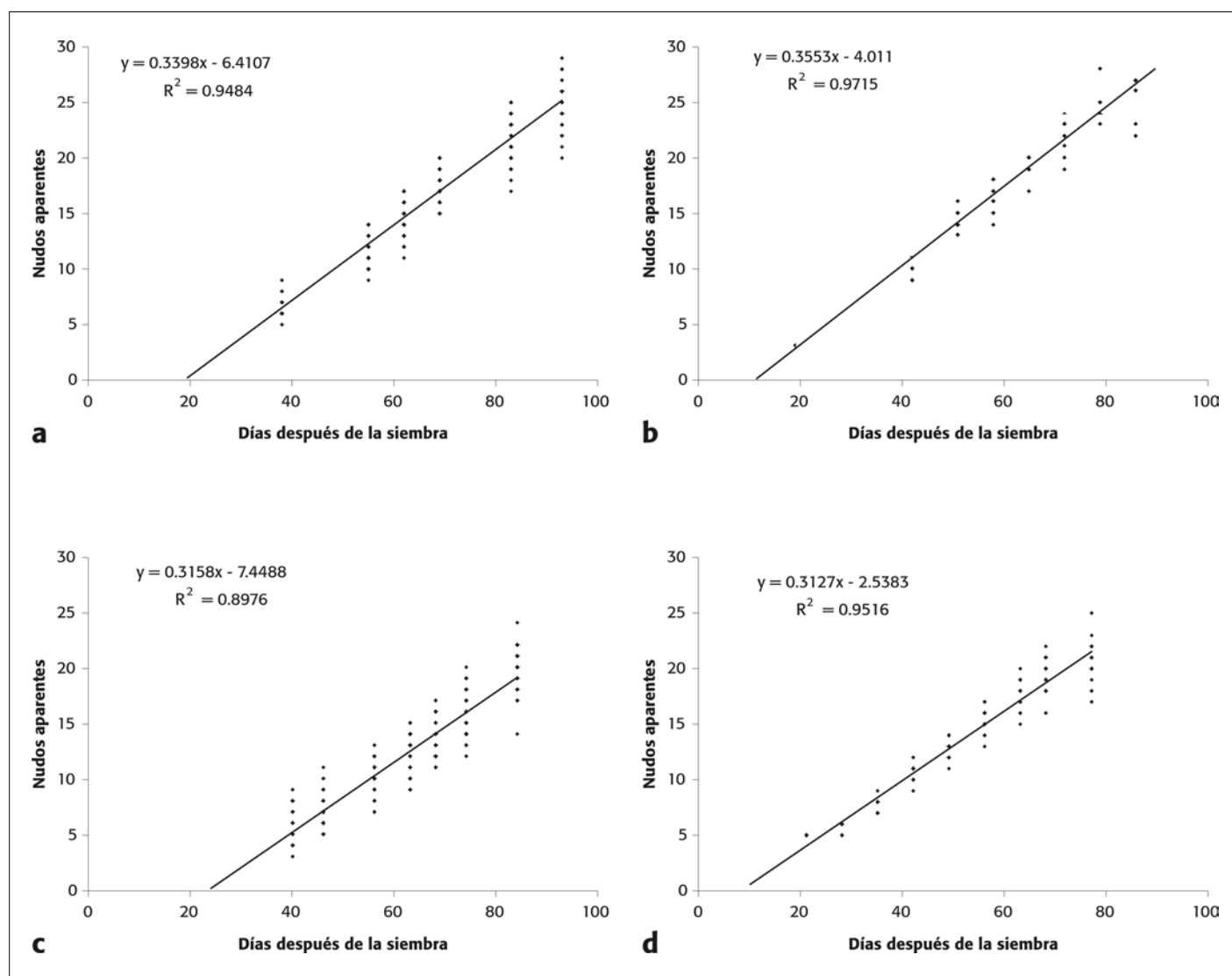
En la tabla 3 se presenta la estimación de la tasa de aparición de nudos expresada en grados día para los ensayos en condiciones de campo abierto. Se observó que la aparición de un nuevo nudo tarda 42°C d y 43°C d, en para cada ensayo. En términos del filocrón, se cuentan 3,15 y 2,95 días, respectivamente. Como no se conoce el rango óptimo de temperatura para la variedad de arveja trabajada, no se utilizaron los datos de los ensayos bajo cubierta plástica.

La tasa de aparición de nudos se mantuvo constante a lo largo del ciclo de cultivo, tanto para la fase de crecimiento vegetativo como para la fase reproductiva, sin importar el desarrollo foliar de la planta. Esto significa que la tasa de aparición de flores y vainas también se mantuvo constante durante la fase reproductiva.

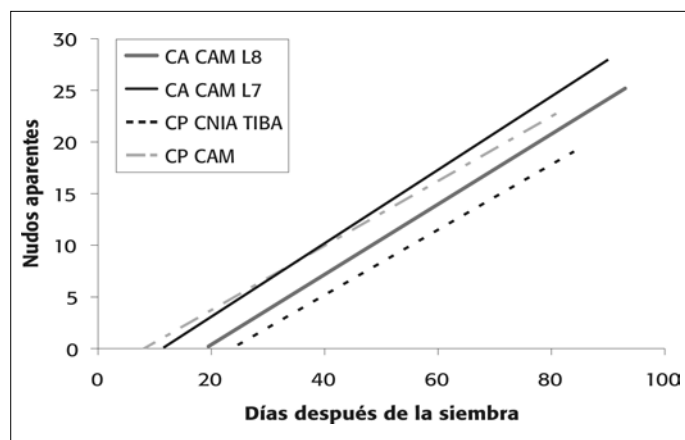
Comparando los resultados de la tasa de aparición de nudos de esta investigación con las de otros autores tenemos que es superior a la observada por Wilson y Robson (2006) en una investigación con variedades de

**Tabla 3.** Tiempo en grados día que tarda la aparición de nudos (°C / nudo) en el tallo de la planta de arveja var. Santa Isabel para dos ensayos en campo abierto (lotes 8 y 7 del CAM)

Ensayo	n	Promedio	DE	Mediana	Rango intercuartílico
Campo abierto L8 CAM	32	41,97	2,5761	42,17	3,0475
Campo abierto L7 CAM	32	42,98	4,6078	41,96	4,0600



**Figura 2.** Nudos aparentes en el tallo principal de la planta de arveja variedad Santa Isabel para cuatro ensayos: A. campo abierto CAM L8. B. campo abierto CAM L7. C. bajo cubierta plástica en el CNIA Tibaitatá. D. bajo cubierta plástica en el CAM



**Figura 3.** Tasa de aparición de nudos en el tallo principal de la planta de arveja var. Santa Isabel, en cuatro condiciones ambientales: dos bajo cubierta plástica (CAM, CNIA Tibaitatá) y dos en campo abierto (lotes 8 y 7 del CAM)

arveja australiana, en la que dicha tasa estuvo entre 27,03°C y 37,04°C d/nudo tomando una temperatura base de 4,5°C; además, encontraron que el ascenso de la temperatura entre 6°C y 16°C promovía la tasa de aparición de nudos. Por otra parte, fue similar a la mencionada en investigaciones con otras especies leguminosas, como la de Massawe y colaboradores (2003) con nuez bámbara (*Vigna subterranea* (L.) Verdc), en la que observaron en 10 materiales genéticos que producir una hoja requiere 44,9°C d (40,9°C - 53,0°C d, EE 1,2) acumulados con una temperatura base ( $T_b$ ) entre 8,1°C y 12°C.

En alfalfa (*Medicago sativa* L.), Brown y Moot (2004) obtuvieron un filocrón de 37°C ± 7°C d, excepto para los fotoperiodos en declinación desde 15,7 a 11,4 h, en los cuales decreció de 60°C a 37°C d. Para su análisis recurrieron a dos temperaturas base: una de 1°C para cuando

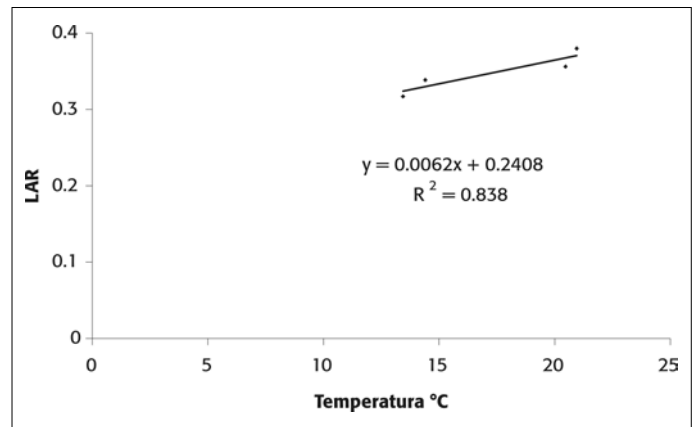
la temperatura ambiente fue menor a 15°C, y otra de 5°C para temperaturas mayores a 15°C.

En otras especies se encontraron resultados variables del filocrón. En papa, Fleisher y colaboradores (2006) obtuvieron que el filocrón tardó 24,3°C d/hoja, con la temperatura base de 4°C y el máximo tolerable de 29°C. En cebada (*Hordeum vulgare* L.), Juskiw y colaboradores (2001) observaron que el filocrón promedio en cinco cultivares fue de 69,1°C d y en promedio cada planta desarrolló 9 hojas.

Se observa que la relación entre la tasa de aparición foliar y la temperatura sigue una función lineal para el rango de temperaturas entre la base y el óptimo. En maíz, la tasa máxima de aparición de hojas fue de 40°C d/nudo, a la temperatura óptima de 34°C (Kiniry y Jones, 1986; Kiniry, 1991). Esta tasa aumentó linealmente a partir de la temperatura base de 8°C. En nuez Bámbara (*Vigna subterranea* (L.) Verdc), Massawe y colaboradores (2003) observaron que el valor del filocrón estuvo entre 40,9°C y 53,0°C, con una relación lineal entre los 10°C y 35°C, con diferencias según el material genético. Hesketh y colaboradores (1973) demostraron un aumento lineal de la tasa de aparición foliar de la soya para el rango de temperaturas entre 8°C y 30°C.

Como la relación entre la tasa de aparición de nudos y la temperatura es lineal en estos casos, resulta posible estimar la temperatura base para algunas especies considerando los resultados de ensayos experimentales a diferentes temperaturas (Soltani *et al.*, 2006). Salazar (2006) observó que la uchuva (*Physalis peruviana* L.) responde linealmente al aumento de la temperatura en cuanto a la tasa de aparición de nudos, y de esta forma pudo estimar una temperatura base de 6,29°C para este cultivo. Sin embargo, la linealidad de la respuesta a la temperatura en un intervalo es un supuesto que debe ser verificado para cada especie (Passian y Lieth, 1994). Los resultados en arveja variedad Santa Isabel que se ilustran en la figura 4 muestran que los puntos observados no permiten una extrapolación adecuada para realizar la estimación de la temperatura base con el modelo lineal (arrojaría valores negativos); por el contrario, pueden plantearse muchas formas de unir estos puntos con diferentes modelos, además del que se presenta en dicha figura.

En algunas especies, la respuesta de la tasa de aparición de nudos a la temperatura sigue una forma dentada, con un máximo en un rango de temperaturas variable. En condiciones experimentales se puede trazar la curva adecuada aumentando puntos de temperatura, aunque se incluyan temperaturas extremas que no son favorables al crecimiento.



**Figura 4.** Relación de la tasa de aparición foliar y la temperatura del aire (°C), en la planta de arveja var. Santa Isabel. Los puntos permiten suponer que la forma completa de la curva es una meseta, en cuya cima se encuentra el rango óptimo de temperatura

Los puntos observados en arveja variedad Santa Isabel se ajustan mejor al modelo dentado, en vez del lineal, aunque el rango óptimo no se puede precisar aún. Según Fedecafé (1986), la temperatura óptima para arveja está entre 15°C y 18°C. Sin embargo, si este es el caso, la temperatura de 14°C estaría más cercana al óptimo, y con 21°C se esperaría una reducción mayor en la tasa de aparición de nudos, lo cual no se cumple con los datos experimentales expuestos. Por lo tanto, es posible que el rango óptimo de temperaturas se extienda más y posiblemente incluya los 21 °C. Mejía y colaboradores (2003) aseguran que el rango ideal de temperatura para arveja está entre 15°C y 20°C.

El rango óptimo de temperatura puede variar según el estado de desarrollo de la planta según la especie. En haba (*Vicia faba* L.), Boote y colaboradores (2002) utilizaron como temperatura base 0°C para todo el desarrollo de la planta, considerando tres fases: formación de nudos, floración a aparición de la primera semilla y madurez. Las temperaturas óptimas mínima y máxima para una función de forma dentada fueron de 27°C-30°C, 22°C-26°C y 22°C-35°C para cada una de las tres fases. La temperatura máxima tolerada por el cultivo fue de 40°C, 45°C y 45°C para cada fase.

### Inicio de la floración y desarrollo de vainas

El inicio de la floración en condiciones de campo ocurrió en el nudo 17 del tallo principal, con ligeras variaciones entre los dos ensayos: 17,3 y 17,0 para el lote 7 y 8 del CAM, respectivamente (tabla 4). Corresponden a 69,9 y 77,4 días después de la siembra, y a 965,9 y a 1030 en °C d, respectivamente.

Los resultados obtenidos indican que el inicio de la floración en la planta de arveja se asocia con un número de nudo



en el tallo principal. Como el filocrón de la arveja mostró ajustarse a un modelo lineal simple, la predicción del inicio de la floración se deduce por el desarrollo de un número de nudos determinado. Alcalde y colaboradores (2000), al analizar ocho cultivares heterogéneos de arveja cultivados en 11 ambientes contrastantes semicontrolados y naturales, observaron que el número del nudo en el que se inició la floración se correlacionó altamente con el tiempo de desarrollo del cultivo en un modelo lineal fototérmico.

En condiciones de invernadero del ensayo en el CNIA Tibaitatá la floración comenzó en el nudo 16, posiblemente por un ataque de *Ascochyta*, un hongo que afectó severamente las hojas (aproximadamente 80% de incidencia en hojas). Es sabido que las condiciones de estrés antes de la floración aceleran el desarrollo de las plantas. La productividad en este caso disminuyó a un nivel muy inferior a su potencial (1,3 t/ha).

Los resultados obtenidos están dentro del rango observado por Pacheco y Vergara (2005) para una muestra de materiales de arveja. Ellos observaron que el número de nudo con la primera flor estuvo entre 12,8 y 19,0.

Según los resultados obtenidos, la variedad de arveja Santa Isabel es de producción tardía. Algunos ejemplos en variedades tempranas se presentan a continuación. Jeuffroy y Devienne (1995) observaron que la floración de la arveja comenzó entre los 705°C y 860 °C d, con una temperatura base de 0°C. La tasa de aparición de nudos en la floración estuvo entre 35,9°C y 70,9°C d, para ensayos con diferentes densidades y fechas de siembra. Además, la progresión del desarrollo en el tiempo mostró una tendencia lineal. Siddique y colaboradores (2002) obtuvieron que desde la aparición de la primera flor hasta la cosecha transcurrieron entre 43 y 53,2 días, y que el periodo de floración tardó de 13 a 27,2 días.

Wilson y Robson (2006) observaron en cinco cultivares de arveja que el número de nudo con la primera flor podía variar por efecto del fotoperiodo o la temperatura, con resultados diferentes según el material genético. En el cultivar Massey no hubo respuesta al fotoperiodo. Para los cultivares Patea y Trounce, la aparición del primer nudo con flor fue una función lineal del fotoperiodo en el nudo 8. En los cultivares Rovar y Whero se observó una función aditiva del fotoperiodo y la temperatura (entre los nudos 8 y 12, respectivamente para cada cultivar). En días, se obtuvo un rango de duración entre emergencia a floración de 40 a 111 días, con 388°C y 313°C d.

El número de vainas en el tallo principal de la planta de arveja fue similar para los dos ensayos de campo abierto (9,7 y 9,9 vainas/tallo en los ensayos del lote 7 y lote 8

del CAM, respectivamente), lo cual se explica en parte por la mínima variación en las condiciones ambientales descritas de temperatura y radiación solar. El número de granos viables por planta se dedujo en 50,14 y 55,04 respectivamente para los ensayos a campo abierto en los lotes 7 y 8 del CAM.

El resultado es superior al que se ha informado en variedades de arveja de porte pequeño que soportan altas densidades. Siddique y colaboradores (2002) obtuvieron 6,2 a 6,8 vainas por planta de arveja, 4,1 a 5,4 granos por vaina, para un total de 25,4 y 36,7 granos/planta, a una densidad de siembra de 80 plantas/m<sup>2</sup>. Las variaciones se debieron principalmente a las diferentes fechas de siembra, 29 en total.

Roche y Jeuffroy (2000) obtuvieron que el número de semillas por planta estuvo entre 9,73 y 39,01 para 25 ensayos de campo de la arveja cultivar Solara. Lhuillier y colaboradores (1999) obtuvieron 42 semillas/planta con el cultivar Solara; con el cultivar Frisson obtuvieron 57 semillas/planta aplicando 25 kg N/ha y 42 semillas/planta sin aplicar N.

El número de nudos reproductivos es una característica importante para definir la productividad de un cultivo. De la tabla 4 se deduce que dicho número de nudos en arveja fue de 6,2 para el ensayo bajo cubierta plástica en el CNIA Tibaitatá y 7,2 para el ensayo a campo abierto en el lote 7 del CAM. En lenteja, Whitehead y colaboradores (2000) observaron que la productividad del cultivo depende del desarrollo de nudos y la proporción de ellos que son reproductivos. En trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.) Petróczy y Matuz (2002) observaron en cuatro años de ensayos con tres genotipos que la productividad del cultivo estuvo asociada principalmente con el número de hojas y el tamaño de la planta.

### Días hasta la cosecha

Según la tabla 4, en los ensayos en campo abierto en el Centro Agropecuario Marengo la planta desarrolló 24,5 nudos en el tallo principal en el lote 7 y, 22,2 nudos en el lote 8; en el ensayo bajo cubierta plástica en el CNIA Tibaitatá, desarrolló 22,3 nudos. Se comprobó que los tallos suspendieron la formación de nudos nuevos, así: en el ensayo bajo cubierta plástica en el CNIA Tibaitatá, a los 73 días después de la siembra y en el ensayo bajo cubierta plástica del CAM a los 85 días; en cuanto a los ensayos a campo abierto del CAM, a los 95 días en el lote 8, y a los 92 en el lote 7. La madurez comercial de la arveja se dio entre los 93 y 115 días después de la siembra, a raíz de lo cual se realizó el primer pase de recolección; que recogió las vainas del tallo principal.

**Tabla 4.** Características reproductivas de la planta de arveja var. Santa Isabel, en cuatro ensayos de campo, dos a campo abierto (CA) lotes 7 y 8 del CAM y dos bajo cubierta plástica (CP) en el CNIA Tibaitatá y en el CAM

Ensayo	Característica	n	Promedio	DE	SW	RIC
CA L7 CAM	Vainas/nudo	458	1,3079	0,5325	0,0001	1,00
	Óvulos/vaina	157	7,2930	0,8642	0,0001	1,00
	Granos viables/vaina	169	5,1893	1,5196	0,0001	2,00
	Vainas totales/tallo	62	9,6613	4,4092	0,0001	4,00
	Primer nudo con flor	62	17,3065	3,1860	0,0002	3,00
	Último nudo	62	24,4677	4,7657	0,0850	6,00
CA L8 CAM	Vainas/nudo	56	1,6731	0,3111	0,0001	0,59
	Granos viables/vaina	24	5,5434	0,8281	0,3493	0,94
	Vainas totales/tallo	56	9,9286	3,1442	0,9699	5,00
	Primer nudo con flor	50	16,9800	1,6224	0,0329	2,00
	Último nudo	50	22,2000	3,0573	0,0652	3,00
CP Tibaitatá*	Vainas/nudo	101	1,2772	0,4499	0,0000	1,00
	Granos viables/vaina	255	4,8118	1,1065	0,0000	2,00
	Vainas totales/tallo	20	6,4500	2,5231	0,7074	3,75
	Primer nudo con flor	20	16,1000	1,1192	0,0541	2,00
	Último nudo	20	22,3000	2,4301	0,3784	3,50
CP CAM	Vainas/nudo	56	1,6964	0,4640	0,0001	1,00
	Granos viables/vaina	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
	Vainas totales/tallo	12	7,9167	1,6214	0,0587	3,00
	Primer nudo con flor	12	18,7500	3,2787	0,0001	1,75
	Último nudo	12	23,0833	1,2401	0,1701	1,75

\* La productividad en este ensayo se vio severamente reducida por un ataque de *Ascochyta*, favorecido por la alta humedad durante el ciclo de cultivo.

Los resultados de la duración hasta la cosecha son ligeramente superiores a los que observaron Pacheco y Vergara (2005) en una muestra de materiales de arveja, quienes obtuvieron la cosecha entre 79 y 99 días después de la siembra, dependiendo del material de arveja.

La duración del período reproductivo en un cultivo es una característica susceptible a variar entre materiales vegetales de leguminosas según el momento del inicio de la floración. Annicchiarico (2008) observó que el tiempo hasta la floración de dos cultivares de arveja, dos de haba (*Vicia faba* L.), dos de lupino de hoja estrecha (*Lupinus angustifolius* L.) y dos de lupino blanco (*L. albus* L.) se relacionó inversamente con la producción de grano en diez ambientes, incluyendo zonas del Mediterráneo y del área subcontinental de Italia.

## CONCLUSIONES

La alta temperatura bajo cubierta plástica respecto a la condición de campo abierto aceleró la emergencia de las plantas, la tasa de aparición de nudos y acortó la duración del ciclo de cultivo.

La respuesta fenológica de la planta a la diferencia de condiciones entre campo abierto y cubierta plástica no permitió una extrapolación adecuada para estimar la temperatura base del cultivo de arveja.

El número del nudo en el cual apareció la primera flor no cambió significativamente para las dos condiciones de campo. Sin embargo, la condición bajo cubierta plástica hizo variar esta característica en un rango mayor respecto a la condición de campo abierto.

La productividad en número de vainas en el tallo principal fue similar para los dos ambientes de crecimiento comparados.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al profesor Fabio Leiva de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, Bogotá, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo en su proyecto financiado por Colciencias. Y a Jeannette Amparo Español Aragón por su colaboración en el trabajo práctico de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Alcalde JA, Wheeler TR, Summerfield RJ. 2000. Genetic characterization of flowering of diverse cultivars of pea. *Agronomy Journal* 92: 772-779.
- Annicchiarico P. 2008. Adaptation of cool-season grain legume species across climatically-contrasting environments of southern Europe. *Agronomy Journal* 100:1647-1654.
- Arjona HR, Sabogal T, Suárez G. 1977. El cultivo de la arveja (*Pisum sativum*). Segunda edición, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá, 47 p.
- Bernacchi CJ, Singaas EL, Pimentel C, Portis AR, Long SP. Long. 2001. Improved temperature response functions for models of Rubisco-limited photosynthesis. *Plant Cell and Environment* 24(2): 253-259.
- Boote KJ. 1995a. Simulating Basic Growth Processes. Carbon Balance. Training Program on Computer Simulation for Crop Growth and Nutrient Management, May 8-19. International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Alabama, USA.
- Boote KJ. 1995b. Simulating Basic Growth Processes. Crop Development Balance. Training Program on Computer Simulation for Crop Growth and Nutrient Management, May 8-19. International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Alabama, USA.
- Boote KJ, Mínguez MI, Sau F. 2002. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. *Agronomy Journal* 94: 743-756.
- Brown HE, Moot DJ. 2004. Main-stem node appearance of lucerne regrowth in a temperate climate. En: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, September 26-October 1.
- Butler TJ, Evers GW, Hussey MA, Ringer LJ. 2002. Rate of leaf appearance in Crimson clover. *Crop Science* 42:237-241
- Cao W, Moss DN. 1989. Temperature and day length interaction on phyllochron in wheat and barley. *Crop Science* 29: 1046-1048.
- Farquhar GD, Von Caemmerer S, Berry JA. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> species. *Planta* 149(1): 78-90
- Farquhar GD, Von Caemmerer S, Berry JA. 2001. Models of photosynthesis. *Plant Physiology* 125: 42-45
- Fedecafé. 1986. El cultivo de la arveja. Proyecto Hortalizas, Frutales y Flores. Cali Ed. Litocenco Ltda., 18 p.
- Fleisher DH, Shillito RM, Timlin DJ, Kim SH, Reddy VR. 2006. Approaches to modeling potato leaf appearance rate. *Agronomy Journal* 98: 522-528.
- Goudriaan JY, Van Laar HH. 1995. Modeling Potential Growth Processes. Textbook with exercises. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 238 p.
- Hesketh JD, Myhre DL, Willey CR. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop Science* 13: 250-254.
- Jeuffroy M, Devienne F. 1995. A simulation model for assimilate partitioning between pods in pea (*Pisum sativum* L.) during the period of seed set; validation in field conditions. *Field Crops Research* 41(2): 79-89.
- Jones JW, Boote KJ, Jagtap SS, Mishoe JW. 1991. Soybean development. En: Modeling plant and soil systems. Agronomy Monograph no. 31. ASA-CSSA-SSSA, USA.
- Juskiw PE, Jame YW, Kryzanowski L. 2001. Phenological development of spring barley in a short-season growing area. *Agronomy Journal* 93: 370-379.
- Kiniry JR. 1991. Maize phasic development. En: Modeling plant in soil systems, chapter 4. Agronomy Monograph no. 31. ASSA-CSSA-SSSA, USA.
- Kiniry JR, Jones CA, (eds.). 1986. CERES-Maize, A simulation model of maize growth and development. Texas A&M University Press, 194 p.
- Lecoeur J, Sinclair TR. 2001. Harvest index increase during seed growth of field pea. *European Journal of Agronomy* 14(3): 173-180.
- Lhuillier-Soundélé A, Munier-Jolain NG, Ney B. 1999. Influence of nitrogen availability on seed nitrogen accumulation in pea. *Crop Science* 39(6): 1741-1748.
- Marcelis LF, Heuvelink E, Goudriaan J. 1998. Modeling biomass production and yield of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae* 74(1): 83-111.
- Massawe FJ, Azam-Ali SN, Roberts JA. 2003. The impact of temperature on leaf appearance in Bambara groundnut landraces. *Crop Science* 43(4): 1375-1379
- Meier U. 2001. Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas. 2ª ed., Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura, Alemania.. 149 p.
- Mejía J, Méndez H, Herrera J, Escobar H. 2003. Guía de producción para cultivos ecológicos. En: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío. Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales CIAA. 192 p.
- Miller P, Lanier W, Brandt S. 2001. Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. Montana State University, USA. Extension Service.
- Nooden LD, Guiamet JJ. (1997). Senescence mechanisms. *Physiologia Plantarum* 101: 746-753
- Pacheco CA, Vergara MC. 2005. Clasificación de 127 materiales de arveja (*Pisum sativum* L.) de acuerdo con el comportamiento agronómico y caracteres morfológicos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Escuela de Posgrados.
- Passian CC, Lieth JH. 1994. Prediction of flowering rose shoot development based on air temperature and thermal units. *Scientia Horticulturae* 59(2): 131-145.
- Petróczi IM, Matuz J. 2002. Seasonal study of tillering and phyllochron of winter wheat in field trials. *Acta Biologica Szegediensis* 46(3-4): 209-210.
- Poggio SL, Satorre EH, Dethiou S, Gonzalo GM. 2005. Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the seed set period of field pea (*Pisum sativum*) crops. *European Journal of Agronomy* 22(1): 55-69.
- Roche R, Jeuffroy MH, Ney B. 1999. Comparison of different models predicting the date of beginning of flowering in pea (*Pisum sativum* L.). *Ecological Modeling* 118(2-3): 213-226.
- Roche R, Jeuffroy MH. 2000. A Model to calculate the vertical distribution of grain number in pea. *Agronomy Journal* 92(4): 663-671.
- Salazar MR. 2006. Un modelo simple de producción potencial de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de grado, Facultad de Agronomía, Escuela de Posgrados, Universidad Nacional de Colombia, 108 p.
- Siddique AB, Wright D, Mahbub SM. 2002. Effects of sowing dates on the phenology, seed yield and yield components of peas. *Journal of Biological Sciences* 2(5): 300-303.
- Soltani A, Robertson MJ, Torabi B, Yousefi-Daz M, Sarparast R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology* 138(1-4): 156-167.
- Stöckle CO, Donatelli M, Nelson RL. 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *European Journal of Agronomy* 18(3): 289-307.
- Vu JC, Gesch RW, Pennanen AH, Allen LH Jr., Boote KJ, Bowes G. 2001. Soybean photosynthesis, rubisco and carbohydrate enzymes function at supraoptimal temperatures in elevated CO<sub>2</sub>. *Journal of Plant Physiology* 158(3): 295-307.
- Whitehead SJ, Summerfield RJ, Muehlbauer FJ, Coyne CJ, Ellis RH, Wheeler TR. 2000. Crop improvement and the accumulation and partitioning of biomass and nitrogen in lentil. *Crop Science* 40(1): 110-120.
- Wilson DR, Robson M. 2006. Pea phenology responses to temperature and photoperiod. 13th Australian Agronomy Conference 10-15 September 2006, Perth, WA. En: Australian Society of Agronomy, <http://www.regional.org.au/au/asa/1996/contributed/590wilson.htm>. Consulta: septiembre, 2006.