

# Crecimiento, captura de luz y componentes del rendimiento del haba cv. Alameda creciendo en Azul, provincia de Buenos Aires

## Growth, light capture and yield components of fababean cv. Alameda growing in Azul, province of Buenos Aires

Adriana Confalone  
Miguel Navarro  
Carlos Vilatte

Mónica Barufaldi  
Laura Aguas  
Griselda Ponce

*Originales: Recepción: 01/12/2011 - Aceptación: 05/12/2012*

### RESUMEN

La fijación de N por los cultivos de leguminosas puede ser un buen componente dentro de un plan general de mejora de la eficiencia del sistema agrícola. Para lograrlo, se debe establecer la adecuación de los cultivos a los ambientes específicos. El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento del haba Alameda en el agroclima de Azul. Para alcanzar dicho objetivo se realizaron ensayos de campo en condiciones no limitantes utilizando el haba cv. Alameda desde el invierno de 2008 en la chacra experimental de la Facultad de Agronomía de Azul (Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires), con cinco fechas de siembra desde mediados de julio a mediados de noviembre; también se realizó un seguimiento de algunos índices agrometeorológicos. La fecha de siembra tuvo una fuerte influencia sobre la producción de biomasa, rendimiento en grano y sus componentes. Ese efecto fue asociado con los cambios en la captura de radiación fotosintéticamente activa. Las fechas de siembra tempranas interceptaron más radiación a lo largo de la estación de crecimiento que las fechas de siembra de primavera. La primera y la segunda fechas de siembras (mediados de julio y mediados de agosto, respectivamente)

### ABSTRACT

N fixation of legume crops may be a good component for a general plan to improve cropping system efficiency. For this purpose, crop suitability to specific environments must be established. The aim of this work is to examine the growth of *Vicia faba* in the agro-climate of Azul. To achieve these objectives, field tests were conducted using the faba bean cv. Alameda under non limiting conditions on the farm at Facultad de Agronomía de Azul (Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires) since winter 2008, with five sowing dates from mid-July to mid-November, and a follow-up of some agrometeorological indices was carried out. Sowing date had a great influence on biomass, grain yield and its components. This effect was associated with changes in the capture of photosynthetically active radiation. Earlier sowing dates intercepted more radiation throughout the whole season than spring sowing dates. The 1<sup>st</sup> (mid- July) and 2<sup>nd</sup> (mid August) sowings dates had the highest average production. The spring plantings (4<sup>th</sup> date: mid-October; 5<sup>th</sup> date: mid-November) were lower in grain yield, which decreased as the date of planting was delayed, with fewer pods per m<sup>2</sup> and lower weight of a thousand seeds.

tuvieron los valores más altos en producción. Las siembras de primavera (cuarta fecha: mediados de octubre; quinta fecha: mediados de noviembre) presentaron los rendimientos más bajos en granos, los que decrecieron a medida que se atrasó la fecha de siembra, con menor número de vainas por m<sup>2</sup> y más bajo peso de mil semillas.

### Palabras clave

*Vicia faba* L. • modelización • crecimiento

### Keywords

*Vicia faba* L. • modeling • growth

## INTRODUCCIÓN

La amplia disponibilidad de semilla forrajera es esencial y condicionante de la sustentabilidad en sistemas de explotación ganadera basados en especies cultivadas y este es un tema de esencial importancia para los países como Argentina, que poseen áreas dedicadas a la actividad agrícola-ganadera. En la actualidad, el papel de las leguminosas en su conjunto está siendo revalorizado en todo el mundo ya que constituyen la familia botánica que ha mantenido la producción y la fertilidad de los sistemas agrarios desde la antigüedad, produciendo nitrógeno fijado de forma biológica.

El haba (*Vicia faba* L.) cultivar Alameda es una forrajera con hábito de crecimiento indeterminado y es un tipo intermedio entre las variedades botánicas Major y Equina. Este cultivar fue obtenido en forma conjunta entre el Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA, Junta de Andalucía) y la Universidad de Córdoba (10).

Se trata de un cultivo que puede ser atractivo para los agricultores de Argentina ya que alcanza altos rendimientos en condiciones de secano (19). Esta es una característica que debe ser tenida en cuenta ya que con el advenimiento del cambio climático es necesario contar con especies que tengan capacidad de adaptación ante los nuevos escenarios del clima.

El haba Alameda tiene una temperatura base que le permite crecer en periodos en los que el déficit de presión de vapor es bajo, lo cual le confiere durante estos periodos una elevada eficiencia en el uso del agua. Tiene una buena capacidad en la fijación de nitrógeno atmosférico, estimado en 100 - 120 kg N ha<sup>-1</sup> y deja una buena estructura física en el suelo. Actualmente sólo se cultiva en el hemisferio Norte donde se siembra durante la primavera en climas fríos y en otoño/invierno en climas templados y subtropicales, ya sea en regadíos o en secanos frescos en cultivo puro y también mezclado con una gramínea (avena, triticale) (19).

Diversos estudios demuestran lo apropiado de utilizar el haba Alameda en la rotación con cereales y de emplearla como forraje de invierno insertada en la rotación anual "haba-maíz forrajero" en las explotaciones lecheras de Galicia (6).

Para determinar si una nueva especie agrícola puede ser exitosa para ser introducida en una nueva región, el conocimiento de su comportamiento fenológico y fenométrico es básico (12). El haba siempre ha sido citada como una especie

"fenológicamente difícil" de modelizar y comprender (21). Se trata de una planta de día largo cuantitativa según la definición de Summerfield *et al.* (22) ya que su floración se adelanta con días largos, pero no es inhibida (carácter cualitativo) bajo días cortos, sino que sólo se retrasa. La respuesta fenológica de este cultivo a la interacción fotoperíodo y temperatura se ha cuantificado por medio de un modelo lineal aditivo (8).

La producción de materia seca de un cultivo está directamente relacionada con su capacidad de capturar o interceptar la radiación fotosintéticamente activa (PAR) incidente (16) y la eficiencia de intercepción es una función del índice de área foliar (IAF) y el coeficiente de extinción (k) (15). Además, el rendimiento en semillas de las leguminosas de grano es el resultado de diferentes procesos del crecimiento de las plantas, los cuales están finalmente expresados en los componentes del rendimiento (3).

## Objetivo

- Iniciar el estudio agrometeorológico del cultivo de haba Alameda en Argentina, analizando los efectos que los cambios ambientales producidos por diferentes fechas de siembra ejercen sobre su crecimiento y desarrollo, cuantificando la captura de la luz o radiación fotosintéticamente activa y el rendimiento del cultivo en Azul, centro de la provincia de Buenos Aires.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul (latitud: 36°45'S; longitud: 59°50'W, altitud: 132 m s. n. m.), durante los años agrícolas 2008-2010.

El suelo es Argiudol típico (25) y antes de la siembra se fertilizó con P según lo indicado por el análisis de laboratorio. Se realizaron las labores culturales tendientes a mantener el cultivo sano y libre de malezas. El cultivar de haba utilizado fue Alameda, con densidad de 35 plantas·m<sup>-2</sup>.

Los tratamientos consistieron en cinco fechas de siembra desde mediados de julio a mediados de noviembre con dos períodos de cultivo para cada fecha de siembra, según detalle de la tabla 1.

**Tabla 1.** Fechas de siembra con haba cv. Alameda.

**Table 1.** Sowing dates with faba bean cv. Alameda.

Siembra	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
Año					
2008				octubre 14	noviembre 15
2009	julio 15	agosto 15	septiembre 14	octubre 13	noviembre 13
2010	julio 16	agosto 16	septiembre 16		

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres repeticiones en el que cada unidad experimental ocupaba una superficie de 5 m<sup>2</sup>. El suelo se mantuvo siempre cercano a capacidad de campo, aplicando agua por medio de un sistema de riego por goteo en los períodos en que fue necesario, para evitar el déficit hídrico. El riego se calculó multiplicando la evapotranspiración de referencia, obtenida con la ecuación de Penman-FAO, por el coeficiente del cultivo del haba, a la que se restó la precipitación del periodo considerado (2).

Las sumas fototérmicas durante el ciclo del cultivo se realizaron considerando las temperaturas basales publicadas en un artículo previo (8).

Los datos de los elementos diarios se obtuvieron de los boletines del Centro Regional de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía (4).

La determinación del índice de área foliar (IAF) (26) se realizó con un analizador de dosel (LAI 2000, LI-COR, inc), que ofrece una medida indirecta del IAF por un método no destructivo. La duración del índice de área foliar (DAF; días) indica la persistencia de la superficie asimilatoria del cultivo y su magnitud, empleándose la relación entre IAF y tiempo. La DAF fue determinada por la ecuación:

$$DAF = \int_{te}^{tm} IAF dt \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

IAF = índice de área foliar

te tm = tiempo (d) entre emergencia y madurez fisiológica

También se determinó el IAF crítico (IAF<sub>c</sub>, aquel que intercepta el 95% de la radiación incidente).

Las mediciones de radiación fotosintéticamente activa (PAR) se efectuaron mediante un sensor cuántico lineal, cada 4 ó 5 días al medio día solar. En cada sesión se tomaron diez mediciones, en diferentes puntos centrales de cada parcela, tanto debajo como encima del dosel o cubierta vegetal.

La cantidad de radiación interceptada (*f*) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) por el dosel se calculó como:

$$f = S - T \quad \text{Ec. 2}$$

donde:

S = PAR incidente (justo sobre el dosel (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>))

T = PAR transmitida a la parte inferior del dosel (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)

La fracción de radiación interceptada (F) fue obtenida al dividir el segundo término de la ecuación 2 por la radiación incidente (S). El porcentaje de radiación interceptada se obtiene multiplicando por cien dicha fracción.

$$F = \frac{S - T}{S} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Las medidas de fracción de intercepción solar dentro del rango PAR descritas hasta ahora se refieren al mediodía solar. Se trata de los valores mínimos a lo largo del día. Para estimar la fracción de radiación PAR interceptada en el día ( $F_d$ ), se utilizó la fórmula propuesta por Edwards & Lawn (11) para leguminosas de grano:

$$F_d = \frac{2 \times F}{1 + F} \quad \text{Ec. 4}$$

donde:

$F_d$  = fracción de PAR interceptada integrada a lo largo del día

F = fracción de PAR interceptada a mediodía solar

Los valores de radiación global fueron convertidos en radiación fotosintéticamente activa diaria incidente, asumiendo que el 50% de la radiación global es PAR (23).

Monsi & Saeki (15), utilizando una simplificación de la ley de Beer (enunciada para la atmósfera), describieron la forma en que la radiación solar penetra en un dosel. Ellos propusieron un modelo de iluminación de los distintos estratos del dosel, definiendo que la cantidad de luz en un determinado nivel disminuye exponencialmente con aumentos del IAF, o sea:

$$T = S * e^{(-k * IAF)} \quad \text{Ec. 5}$$

donde:

T y S = densidad de flujo de PAR debajo y encima del dosel vegetal, respectivamente ( $\mu\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )

K = coeficiente de extinción de la luz en el dosel (adimensional)

IAF = índice de área foliar (adimensional)

Conforme con la ecuación 5, el valor de k medio se determinó a través de un análisis de regresión entre el logaritmo neperiano de los valores de radiación transmitida en el dosel (T/S) y los valores de IAF.

En el estadio de madurez de cosecha fueron muestreados 2 m<sup>2</sup> por parcela para evaluar el número de vainas por m<sup>2</sup>, número de granos por vaina, peso de grano, peso de vainas y peso de la parte vegetativa.

La producción final de granos y el peso de mil granos (ambos secos) fueron estimados por el muestreo total de 3 m<sup>2</sup> de cada unidad experimental. El índice de cosecha (IC) fue obtenido mediante el cociente entre el peso de materia seca de los granos y la materia seca aérea total.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cinco fechas de siembra proveyeron un amplio rango de condiciones ambientales, las que condicionaron la marcha de los elementos agrometeorológicos (tabla 2). Esto afectó la evolución fenológica y la formación del rendimiento del cultivo de haba cv. Alameda. La tabla 2 muestra que a medida que la fecha de siembra se retrasa, el cultivo estuvo expuesto a valores más altos de radiación solar, temperatura y fotoperíodo lo que resultó en un acortamiento del ciclo.

**Tabla 2.** Duración del ciclo del cultivo (emergencia a madurez fisiológica), valores diarios de radiación global (RG), temperatura máxima (Tmax) y mínima (Tmin), fotoperíodo (F), valores de precipitación (P. Ac.) y evapotranspiración de referencia (Eto Ac.) acumuladas, promediadas desde la emergencia hasta la madurez fisiológica para cada fecha de siembra (T) en los dos años de cultivo (coeficiente de variación entre paréntesis).

**Table 2.** Duration of crop cycle (emergence to physiological maturity), daily values of solar radiation (RG), maximum (Tmax) and minimum (Tmin) temperature, photoperiod (F), cumulative values of precipitation (P. Ac.) and reference evapotranspiration (ETo Ac.), averaged from emergence to physiological maturity for five sowing dates (T) of two growing seasons (coefficient of variation in parentheses).

T	Ciclo (d)	RG (MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Tmax (°C)	Tmin (°C)	F (h)	P. Ac. (mm)	ETo Ac. (mm)
1 <sup>a</sup>	123 (0,06)	19,8 (0,07)	20,5 (0,05)	7,3 (0,10)	13,9	269,0 (0,15)	236,1 (0,08)
2 <sup>a</sup>	111 (0,09)	20,7 (0,06)	20,9 (0,06)	7,9 (0,09)	14,2	311,2 (0,23)	260,6 (0,10)
3 <sup>a</sup>	94 (0,12)	23,0 (0,08)	23,7 (0,10)	10,4 (0,07)	15,0	297,9 (0,20)	316,0 (0,11)
4 <sup>a</sup>	87 (0,08)	23,8 (0,07)	25,4 (0,09)	12,2 (0,08)	15,3	200,0 (0,24)	341,1 (0,08)
5 <sup>a</sup>	80 (0,04)	24,2 (0,06)	27,3 (0,08)	14,2 (0,09)	15,4	140,9 (0,22)	365,2 (0,06)

Los valores de fotoperíodo a los que estuvo expuesto el cultivo durante todo el ciclo de crecimiento en las cinco fechas de siembra estudiadas no llegan a los valores de fotoperíodo crítico de este cultivar de haba (16,2 h) (8).

Si bien el cultivo fue irrigado y mantenido cercano a capacidad de campo, las fechas de siembra de invierno (1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup>) no necesitaron la utilización de riego para alcanzar su ciclo completo en condiciones óptimas, ya que la precipitación cubrió la demanda atmosférica.

El tiempo térmico requerido por el cultivo utilizando el modelo propuesto en el apartado Materiales y Métodos, desde la emergencia para llegar a la madurez fisiológica fue de 1509 grados-día (°C-d) ( $r^2=0,99$ ) para todas las fechas de siembra, lo que demuestra la validez del modelo de fenología aplicado.

En la tabla 3 (pág. 111) se consigna la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada y acumulada (IPARac) durante todo el ciclo del cultivo, la materia seca acumulada hasta madurez fisiológica (MS) para cada fecha de siembra. Además, se muestran los valores de IAF máximo, crítico y la duración de área foliar (DAF).

**Tabla 3.** Radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada a lo largo del ciclo (IPARac), materia seca aérea en madurez fisiológica (MS;  $\text{g m}^{-2}$ ), IAF máximo alcanzado por el cultivo ( $\text{IAF}_{\text{max}}$ ), duración del área foliar (DAF), IAF crítico ( $\text{IAF}_c$ , IAF que intercepta el 95% de la radiación PAR incidente) para las cinco fechas de siembra desde emergencia hasta madurez fisiológica.

**Table 3.** Cumulative intercepted photosynthetically active radiation for the entire growth cycle (IPARac), above ground dry matter at physiological maturity (MS;  $\text{g m}^{-2}$ ), maximum leaf area index ( $\text{IAF}_{\text{max}}$ ), leaf area duration (DAF) and critical leaf area index ( $\text{IAF}_c$ , IAF value that intercepts 95% of incoming PAR) for five sowing dates averaged from emergence to physiological maturity.

	IPARac * ( $\text{MJ m}^{-2}$ )	MS ( $\text{g m}^{-2}$ )	$\text{IAF}_{\text{max}}$	DAF (días)	$\text{IAF}_c$
1 <sup>a</sup>	920,1 a	1532,9 a	7,0 a	375,5 a	3,80 a
2 <sup>a</sup>	892,1 a	1479,0 a	6,7 ab	358,3 a	3,84 a
3 <sup>a</sup>	781,5 b	1295,7 b	6,4 b	258,8 b	4,06 a
4 <sup>a</sup>	671,0 c	1109,6 c	4,9 c	178,5 c	4,12 a
5 <sup>a</sup>	642,4 c	1060,6 c	4,4 c	154,9 c	4,21 a

\* Valores en las columnas seguidos de la misma letra no difieren entre sí por el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

\* Values in columns followed by the same letter are not significantly different, according to Duncan's test ( $P < 0,05$ ).

Con la densidad de siembra empleada en este experimento, el haba en todas sus fechas de siembra logra superar el 95% de intercepción de PAR.

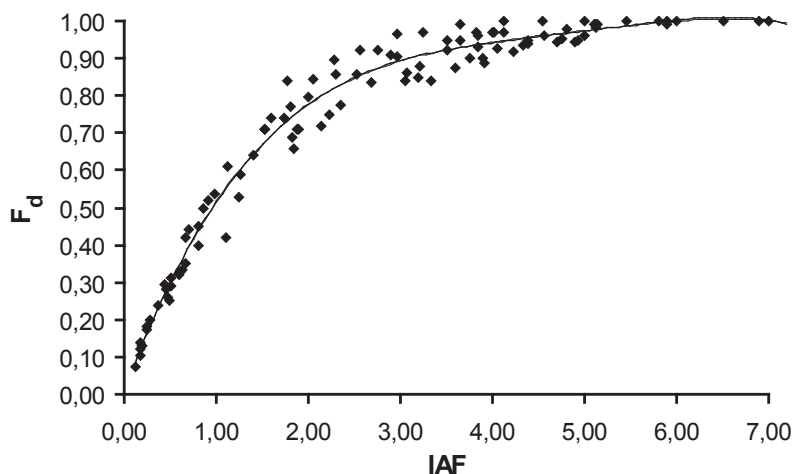
Las fechas de siembra tempranas (julio y agosto) son las que interceptan mayor cantidad de PAR. Las fechas de siembra de octubre y noviembre presentan los valores más bajos de IPARac debido a la reducción del ciclo de crecimiento, y la fecha de siembra de mediados de septiembre es la que presenta valores intermedios entre los dos grupos. También los valores más altos de MS acumulada hasta madurez fisiológica se presentan en las fechas de siembra temprana (julio y agosto), seguido de las fechas de septiembre y los valores más bajos corresponden a las fechas tardías (octubre y noviembre). Comparando los valores de IPARac de la primera con la última fecha de siembra se observa una disminución de la captura de radiación de más del 30%. Esta disminución en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada, probablemente redujo la fotosíntesis del cultivo en las siembras tardías, provocando el mismo porcentaje de disminución en la producción de biomasa cuando se comparan la primera y última fechas de siembra.

En cuanto a la superficie foliar que produce la intercepción de radiación por el cultivo, se advierte que los valores de IAF máximo ( $\text{IAF}_{\text{max}}$ ) alcanzados por las distintas fechas de siembra disminuyen a medida que se atrasa la fecha de siembra, presentando valores extremos que variaron entre 7 y 4,4 para la primera y última fecha de siembra. Desde el punto de vista de la duración del índice de área foliar verde (DAF), se manifiesta un comportamiento similar con tres grupos que se diferencian estadísticamente entre sí: el primer grupo con los valores más altos, integrado por las fechas de siembra temprana (julio y agosto); el segundo grupo lo constituye la siembra de septiembre, con valores

intermedios; el tercer grupo formado por las fechas de siembra tardías o de primavera (octubre y noviembre) con los valores más bajos. Esta disminución es atribuible esencialmente al acortamiento del ciclo producido por el aumento de la tasa de desarrollo relacionado al aumento de las temperaturas. Comparando la primera y la última fecha de siembra se evidencia la fuerte disminución que sufre tanto el  $IAF_{max}$  alcanzado como la DAF (37% y 59%, respectivamente) lo que condiciona la producción de materia seca total aérea del cultivo. Esta relación entre DAF con la acumulación total de biomasa y el rendimiento ya ha sido establecida por otros autores (9, 14).

Los valores de  $IAF_c$  de las distintas fechas de siembra no se diferencian estadísticamente entre sí, pero muestran una estructura de dosel más erecto con el atraso de las fechas de siembra.

En la figura 1 se puede ver la relación entre IAF y PAR interceptada, y la obtención del coeficiente de extinción de la luz ( $k$ ) promedio para todas las fechas de siembra.



**Figura 1.** Fracción de PAR diaria interceptada ( $F_d$ ) por el dosel del haba y el índice de área foliar asociado para todas las fechas de siembra:  $y = 1 - \text{Exp}(0,75 \cdot x)$ ,  $n = 102$ ;  $r^2 = 0,95$ .

**Figure 1.** Fraction of daily intercepted PAR ( $F_d$ ) by the faba bean canopy and associated leaf area index for all sowing dates:  $y = 1 - \text{Exp}(0.75 \cdot x)$ ,  $n = 102$ ;  $r^2 = 0.95$ .

El valor de  $k$  hallado (0,75) está dentro de valores publicados para este cultivar creciendo en el Norte de España (7); Turpin *et al.* (24) también hallaron valores de  $k$  entre 0,53 y 0,85 para diferentes cultivares de haba. Las hojas menos erectas de otras leguminosas de grano producen valores de  $k$  en torno a 0,88. Los valores de  $k$  para las habas se encuentran, por tanto, entre el de las leguminosas y el de los cereales y gramíneas forrajeras (14), mostrando que con IAF de poco más de 4 ya no se aumenta la cantidad de radiación interceptada.



En la figura 2 se muestra la evolución temporal del índice de área foliar (IAF) del haba en función del tiempo térmico acumulado, con un ajuste realizado con las fechas de siembra agrupadas: 1. fechas de siembra invernales (julio y agosto); 2. fecha de mediados de septiembre y 3. fechas primaverales (octubre y noviembre). El IAF en función del tiempo térmico pudo ser representado de modo adecuado mediante ajuste ( $r^2 \geq 0,98$ ) de la ecuación de Gauss (Ec. 6).

$$IAF = A \cdot e^{-\frac{(t - t_x)^2}{2 \cdot w^2}}$$

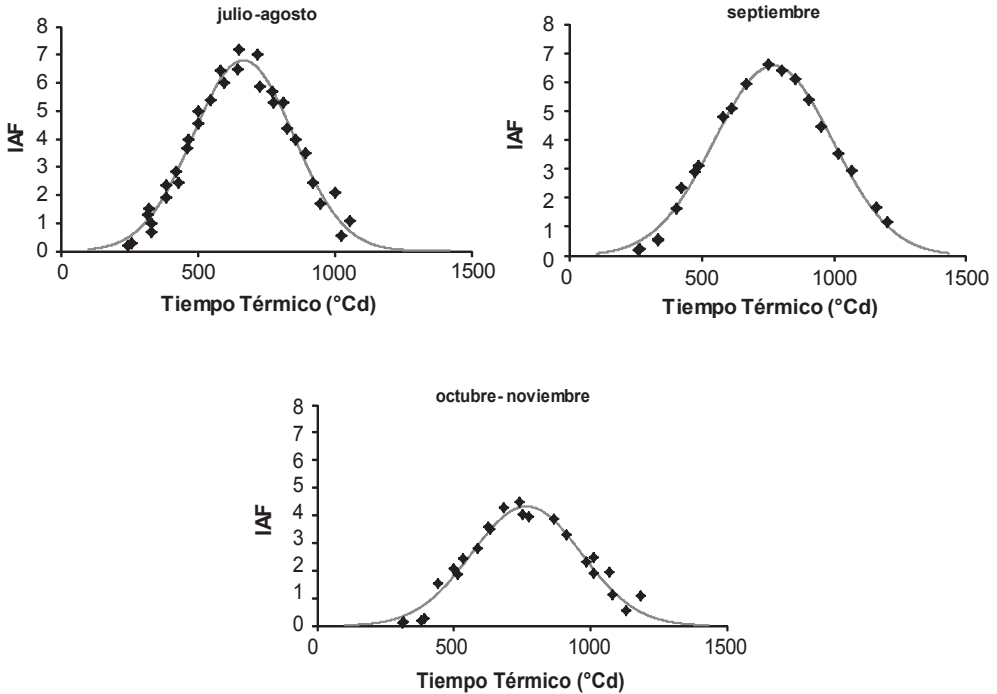
Ec. 6

donde:

tt y ttx = tiempo térmico acumulado desde la emergencia (°C-d) y el tiempo térmico en el que se produce el IAF máximo

A = índice de área foliar máximo en el tiempo ttx

w = ancho de la función de tiempo térmico a la mitad de la amplitud de A (indica apertura de la curva)



La línea continua es el ajuste a la ecuación gaussiana.

Lines depict Gauss functions fitted.

**Figura 2.** Evolución estacional del índice de área foliar (IAF) sobre una escala de tiempo térmico (TT).

**Figure 2.** Seasonal evolution of leaf area index (IAF) on a thermal time (TT) scale.

En la figura 2 (pág. 113) se pueden ver los ajustes logrados para las fechas de siembra agrupadas, en función del tiempo térmico. Esto puede ser útil para la modelización del crecimiento del cultivo ya que los resultados estadísticos muestran tres grupos claramente diferenciados en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada y la materia seca producida. Es evidente la disminución del IAF máximo y de la DAF a medida que se atrasa la fecha de siembra.

En la tabla 4 se consigna el promedio de rendimiento y sus componentes. Considerando el rendimiento de granos, se observan tres grupos: el de mayor rendimiento con 9361 kg ha<sup>-1</sup> y 8874 kg ha<sup>-1</sup> para las fechas de siembra de julio y agosto respectivamente. Los valores más bajos se observan en las dos últimas fechas de siembra, con 4660 kg ha<sup>-1</sup> y 4362 kg ha<sup>-1</sup> para octubre y noviembre, respectivamente, y la siembra de septiembre alcanza un rendimiento intermedio entre estos dos grupos, con 6608 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 4.** Rendimiento de grano (Rdto.) del haba y sus componentes: peso de semillas (PSem), número de vainas por unidad de superficie (Vai m<sup>-2</sup>), número de semillas por unidad de superficie (Sem m<sup>-2</sup>), número de semillas por vaina (Sem vai<sup>-1</sup>) e índice de cosecha (IC), para las cinco fechas de siembra del cultivo de haba promedio de dos estaciones de crecimiento.

**Table 4.** Faba bean grain yield (Rdto.) and its components: seed weight (PSem), pod number per surface unit (Vai m<sup>-2</sup>), seed number per surface unit (Sem m<sup>-2</sup>), seeds per pod (Sem vai<sup>-1</sup>) and harvest index (IC) for five sowing dates averaged for two growing seasons.

	Rdto. (g m <sup>-2</sup> )	PSem (mg sem <sup>-1</sup> )	Vai m <sup>-2</sup> (n° m <sup>-2</sup> )	Sem vai <sup>-1</sup> (n°)	Sem m <sup>-2</sup> (n° m <sup>-2</sup> )	IC (%)
1 <sup>a</sup>	936,1 a	999,6 a	425,7 a	2,20 b	936,5 a	61,1 a
2 <sup>a</sup>	887,4 a	983,4 a	413,9 a	2,18 b	902,4 a	60,1 a
3 <sup>a</sup>	660,8 b	979,9 a	303,8 b	2,22 b	674,4 bc	51,2 b
4 <sup>a</sup>	466,0 c	817,6 b	237,5 c	2,40 a	570,1 c	42,2 c
5 <sup>a</sup>	436,2 c	765,4 b	234,5 c	2,43 a	569,9 c	41,1 c

\* Valores en las columnas seguidos de la misma letra no difieren entre sí por el test de Duncan (P < 0,05).

\* Values in columns followed by the same letter are not significantly different, according to Duncan's test (P < 0.05).

La misma tendencia muestra el análisis del número de vainas por m<sup>2</sup>. Con respecto al peso medio de granos, los valores más altos corresponden a las tres primeras fechas de siembra, que no muestran entre sí diferencias significativas, seguidos de la 4<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup> fechas. Las siembras tardías presentan granos más livianos que las tempranas.

En el número de semillas por vaina, se pueden ver dos grupos entre los cuales los promedios no se diferencian significativamente y son las fechas de siembra tardías las que muestran los valores más altos (la 4<sup>a</sup> fecha, seguida de la 5<sup>a</sup> fecha). Esto indica que es uno de los componentes del rendimiento que condiciona en forma negativa el rendimiento final del cultivo.

En cuanto al peso de las mil semillas, se pueden ver dos grupos y las semillas más livianas corresponden a las siembras tardías, lo que indica una disminución en el número de destinos reproductivos. El atraso en la fecha de siembra produce una reducción en el peso medio de las semillas.

Trabajos previos en esta especie demuestran que esto se debe a una reducción del tamaño de las semillas en las vainas de los nudos más cercanos al ápice de las plantas, mientras que en las fechas de siembra tempranas el tamaño es más uniforme y mayores en la toda la planta (1).

Las dos últimas fechas de siembra, de primavera, muestran una reducción tanto en el número de vainas por unidad de superficie como en el peso de sus semillas, componentes que disminuyen significativamente en el atraso de las siembras.

Varios autores han encontrado una variación en el peso de las semillas dependiendo de la fecha de siembra (18). Considerando el índice de cosecha (IC), también existen tres grupos en los cuales la media no es significativamente diferente una de la otra: un grupo formado por la 1ª y 2ª fechas, con los valores más altos; otro grupo formado por la 4ª y 5ª fechas, con el IC más bajo; y la 3ª fecha de siembra (septiembre), mostrando valores intermedios.

Si bien algunos trabajos (5, 13, 17, 20) indican que el límite superior del IC para haba es de alrededor del 50%, los valores de IC determinados en Azul, al igual que en el Norte de España, fueron un poco más altos (7, 19).

Observando los resultados obtenidos en este experimento, en el que se utilizó una misma densidad (35 plantas·m<sup>-2</sup>) para todas las fechas de siembra, es de suponer que el aumento de la densidad de siembra en las fechas primaverales lograría compensar la disminución en el rendimiento en grano provocado por el acortamiento del ciclo, por lo que sería interesante estudiar los componentes de rendimiento del haba en función del aumento de la densidad de siembra en las fechas tardías.

## CONCLUSIONES

Para todas las fechas de siembra estudiadas en esta primera etapa, el haba Alameda mantuvo una buena *performance* en su crecimiento y desarrollo.

Las diferentes condiciones agrometeorológicas afectaron la producción de biomasa, rendimiento en grano y sus componentes. Ese impacto está asociado con cambios en el ciclo del cultivo y la captura de radiación por el mismo.

Las siembras tempranas (julio y agosto) son las recomendadas si bien el cultivo mostró una gran plasticidad, adaptándose a distintas situaciones agrometeorológicas. Por lo tanto, el haba Alameda presenta buenas condiciones para ser considerada como una nueva opción entre las forrajeras con posibilidades de ser utilizada en los sistemas de explotación agrícola-ganadera que incluyen especies cultivadas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Adisarwanto, T.; Knight, R. 1997. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components in the faba bean, Aust. J. Agric. Res. 48: 1161-1168.
2. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper n° 56. FAO, Roma, Italia. 300 p.
3. Ayaz, S.; McKenzie, B. A.; Hill, G. D.; McNeil, D. L. 2004. Variability in yield of four grain legume species in a sub-humid temperate environment. II. Yield components. J. Agric. Sci. 142: 21-28.
4. BAGM. 2010. Boletín Agrometeorológico del centro sur del Partido de Azul. Editado por la UNICEN (Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires).
5. Coelho, J. C.; Pinto, P. A. 1989. Plant density effects on growth and development of winter faba bean (*Vicia faba* var. minor). Fabis Newslett. 25: 26-30.
6. Confalone, A.; Castro, M.; Ruiz, B.; Sau, F. 2009. Componentes del rendimiento en leguminosas de grano con posibilidades de ser utilizadas como forraje invernal. Pastos. 36: 175-190.
7. Confalone, A.; Lizaso, J.; Ruíz-Nogueira, B.; López-Cedrón, F.; Sau, F. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under various temperature and photoperiod regimes. Field Crop Research. Elsevier. 115: 140-148.
8. Confalone, A.; Lizaso, J.; Ruíz, B.; Sau, F. 2011. Modelización de la fenología del haba cv. Alameda. Rev. FCA UNCUYO. 43(1): 75-84.
9. Costa, W. A. de; Dennett, M. D.; Ratnaweera, U.; Nyalemegbe, K. 1997. Effects of different water regimes on field-grown determinate and indeterminate faba bean (*Vicia faba* L.). Fields Crops Res. 49: 83-93.
10. Cubero, J. I. 1974. On the evolution of *Vicia faba* L. Theor. Appl. Genet. 45: 47-51.
11. Edwards, D. A.; Lawn, R. J. 1984. Light interception by grain legume row crops. Plant, Cell and Environment. 7: 247-251.
12. Fehr, W. R.; Caviness, C. E.; Burmood, D. T.; Pennington, J. S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Science 11: 929-931.
13. Katyar, R. P.; Singh, A. K. 1990. Path coefficient studies for yield and yield components in faba bean. Fabis Newslett. 26: 3-5.
14. Mínguez, M. I.; Ruíz-Nogueira, B.; Sau, F. 1993. Faba bean productivity and optimum canopy development under a Mediterranean climate. Field Crops Research. 22: 435-447.
15. Monsi, M.; Saeki, T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Japanese Journal of Botany. 14: 22-52.
16. Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B. 281: 227-294.
17. Pilbeam, C. J.; Duc, D.; Hebblethwaite, P. D. 1990. Effects of plant population density on spring-sown field beans (*Vicia faba*) with different growth habits. Journal of Agricultural Science. 114: 19-33.
18. Poulain, D.; Connen, C. 1992. Influence of sowing date on the yield elaboration of a field bean crop. Comparison between a winter type (cv. Faviola) and spring type (cv. Alfred). In: AEP (Ed.), Proceeding of the First European Conference on Grain Legumes, 1-3 June, Angers, France. p. 271-272.
19. Sau, F.; Mínguez, M. I. 2000. Adaptation of indeterminate *faba beans* to weather and management under a Mediterranean climate. Field Crop Res. 66: 81-99.
20. Sinha, S. K. 1978. Las leguminosas alimenticias: su distribución su capacidad de adaptación y biología de los rendimientos. Estudio FAO: producción y protección vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
21. Summerfield, R. J.; Roberts, E. H. 1985. Recent trends in internationally oriented research on grain legumes. In: Summerfield, R. J.; Roberts, E. H. (eds.). Grain Legume Crops. London, Collins. p. 801-846.
22. Summerfield, R. J.; Roberts, E. H.; Ellis, R. H.; Lawn, R. J. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of simple models for fluctuating field environments. Experimental Agriculture. Cambridge. 27: 11-31.
23. Szeicz, G. 1974. Solar radiation for plant growth, Journal of Applied Ecology. 2: 617-636.
24. Turpin, J. E.; Robertson, M. J.; Hillcoat, N. S.; Herridge, D. F. 2002. Fababean (*Vicia faba*) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. Australian Journal of Agricultural Research. 53: 227-237.
25. USDA-NRCS. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11<sup>th</sup> ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, D. C.
26. Watson, D. J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops I. Variation in net assimilation rate and leaf area. Annals of Botany. 11: 41-76.