

# BIOMASA, PROTEÍNA, TANINOS Y RENDIMIENTO EN HABA EN FUNCIÓN DEL NITRÓGENO

Biomass, Protein, Tannins and Yield in Faba Bean in Function of Nitrogen

Antiocho Guadarrama Quiroz<sup>1</sup>, J. Alberto Escalante Estrada<sup>1‡</sup>, María Teresa Rodríguez González<sup>1</sup>,  
Prometeo Sánchez García<sup>1</sup> y Engelberto Sandoval Castro<sup>2</sup>

## RESUMEN

El haba (*Vicia faba* L.) es un cultivo de importancia en el altiplano mexicano por su alto consumo de semilla fresca, seca y forraje. La producción de haba está en función del genotipo y el manejo del cultivo. Dentro de éste se incluye la fertilización nitrogenada, determinante en el rendimiento. Los estudios sobre la influencia del nitrógeno (N) en las estructuras de la planta relacionados con la producción de biomasa, el rendimiento y la calidad del mismo son limitados. Así, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del N sobre la biomasa, los componentes del rendimiento, el rendimiento y la concentración de taninos en pericarpio, testa y cotiledones de haba. La siembra de haba, cultivar Cochinera, se realizó durante el verano de 1998 con tratamientos de 0 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de N y una densidad de 4 plantas m<sup>-2</sup>. La aplicación de N no afectó la fenología del cultivo. Así, la emergencia ocurrió 13 días después de la siembra (DDS); la floración, 60 DDS; y la madurez fisiológica, 125 DDS. El N no afectó la distribución o asignación (%) de biomasa en las estructuras de la planta, pero incrementó la acumulación total de biomasa en cada estructura, el número de vainas m<sup>-2</sup>, el número de semillas m<sup>-2</sup> y, en consecuencia, el rendimiento y la concentración de proteína. La concentración de taninos en haba no fue afectada por la aplicación de N.

**Palabras clave:** *Vicia faba* L., materia seca, fenología, vainas, semillas, tallos.

## SUMMARY

The faba bean (*Vicia faba* L.) is very important in the Mexican highlands due to its use as a fresh vegetable, as dry seed and as fodder. Faba bean production is

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, Estado de México.

<sup>‡</sup> Autor responsable (jasee@colpos.mx)

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Puebla, México.

a function of the genotype and crop management, including nitrogen (N) fertilization, which is determinant for yield. Studies on the influence of N on plant structures related to biomass production, yield, and quality are limited. The aim of this study was to evaluate the effects of N on biomass, yield components, yield, and tannin content in the pericarp, coat and cotyledons of the faba bean. The cultivar Cochinera faba bean was sown during the summer of 1998 with treatments of 0 and 100 kg ha<sup>-1</sup> N and density of 4 plants m<sup>-2</sup>. The application of N had no effect on crop phenology. Emergence was 13 days after sowing (DAS), flowering 60 DAS, and physiological maturity 125 DAS. The distribution of biomass (%) in plant structures was not affected, but total biomass accumulation increased in each structure. Number of pods m<sup>-2</sup>, number of seeds m<sup>-2</sup>, seed protein and seed yield also increased. Tannin content remained unchanged with the application of N.

**Index words:** *Vicia faba* L., dry matter, phenology, pods, seeds, stems.

## INTRODUCCIÓN

El haba (*Vicia faba* L.) es una leguminosa de importancia para la alimentación de algunos países, entre ellos México. La semilla es el órgano de mayor interés por su consumo en fresco o seco; el resto de la planta se utiliza como forraje. En la actualidad, la producción de alimentos para el consumo humano demanda alta calidad, igual que para su uso dentro de la industria en la elaboración de harinas y pastas (Cubero y Moreno, 1983). En México, los principales estados productores de haba son: México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos y Distrito Federal, los que en conjunto representan 83% de la superficie sembrada en el país (Smartt, 1984). La producción de haba depende del genotipo utilizado y de las prácticas de manejo del cultivo. Dentro de éstas se considera a la fertilización nitrogenada como una de las de mayor importancia para la producción de los cultivos (Escalante, 1995). El haba, como otras

leguminosas, tiene la capacidad de fijar el nitrógeno (N) atmosférico y almacenarlo en los nódulos de la raíz (Imsande y Touraine, 1994; Sánchez *et al.*, 1998). La cantidad de N fijado está asociada con la cantidad de precipitación recibida, ya que el déficit de humedad disminuye la nodulación (Guérin *et al.*, 1991). No obstante, para lograr incrementos en la producción se requiere aplicar fertilizante nitrogenado. Ortiz *et al.* (1984), en estudios en Xocotlán y Chapingo, Estado de México, mencionan que el haba requiere de 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, en condiciones de riego, y de 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, en condiciones de temporal, para lograr incrementos en la producción de biomasa, el rendimiento y sus componentes. Crawford *et al.* (1997), también en haba, reportan que el N incrementó la materia seca. Por otra parte, respecto al efecto del N sobre los componentes del rendimiento, Agung y McDonald (1998) señalan que la aplicación de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N influyó en el tamaño de la semilla de haba. Con la aplicación de 60 a 140 kg ha<sup>-1</sup> de N se registró un rendimiento de semilla de haba de 4.2 Mg ha<sup>-1</sup> y 8.7 Mg ha<sup>-1</sup> de materia seca, con riego (Schulz *et al.*, 1999). Sin embargo, el estudio del efecto del N sobre la distribución de materia seca en las estructuras de la planta, los componentes del rendimiento, la concentración de taninos y proteína en la semilla de haba ha sido limitado, por lo que lo anterior se plantea como el objetivo del presente estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el verano de 1998, en condiciones de temporal en Montecillo, estado de México (19° 29' N, 98° 53' O y una altitud de 1250 m). De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (2005), el clima es de tipo BS1, que corresponde al menos seco de los áridos, con lluvias en verano; una temperatura media anual de 14.6 °C y una precipitación media anual de 558.5 mm. El suelo es un Fluvisol mólico (Cuanalo *et al.*, 1989). Antes de la siembra, se realizó un análisis de muestras de suelo de los estratos 0-30 y 30-60 cm de profundidad, con la finalidad de conocer sus características físicas y químicas. La siembra de haba cultivar Cochinera se hizo el 1 de junio, con una densidad de 40 000 plantas ha<sup>-1</sup>, en surcos de 80 cm de distancia y dos niveles de N: 0 (N0) y 100 kg ha<sup>-1</sup> (N+), se aplicó 50% en la siembra y 50% antes de la floración. Como fuente de N se utilizó sulfato de amonio (20.5% de N). Además, a todo el experimento se le aplicaron

40 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato de calcio triple (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). El diseño experimental fue bloques al azar, con arreglo de parcelas divididas y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue 4 x 4 m (16 m<sup>2</sup>). Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima y mínima diaria y la precipitación acumulada. En el cultivo, las etapas fenológicas estudiadas fueron: emergencia (cuando más de 50% de las plántulas habían emergido del suelo), prefloración (cuando en más de 50% de la población ocurrió la aparición de los botones florales); floración (cuando más de 50% de las plantas emitieron las primeras flores) y madurez fisiológica (cuando en 90% de las plantas las vainas presentaban un color amarillo claro). Para la definición de criterios en las etapas fenológicas de haba, se tomó como base la guía fenológica para frijol de Escalante y Kohashi (1993). En la madurez fisiológica las variables estudiadas y los criterios seguidos para su determinación fueron: biomasa total (BT = materia seca de la parte aérea del cultivo) y su distribución (mediante la relación peso seco de cada órgano/biomasa aérea x 100); el rendimiento de semilla (rendimiento, peso seco a 7.0% de humedad); el peso seco de 100 semillas (PCS); el número de semillas m<sup>-2</sup> (sem); el número de vainas m<sup>-2</sup> (vainas); el número de semillas por vaina (sem/vaina); la concentración de taninos en el pericarpio, testa y cotiledones, mediante la técnica colorimétrica (ISO 9648, 1988); la concentración de nitrógeno total (Nt) en la hoja y semilla, mediante la técnica de microkjeldahl (López y López, 1990); la concentración de clorofila, mediante el SPAD-502 (Minolta Ramsey, NJ) (Follett *et al.*, 1992). A las variables en estudio se les realizó un análisis de varianza y, a las que resultaron con diferencias significativas, una prueba de comparación de medias (Tukey).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados del Análisis Físico y Químico de Suelo

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de suelo en muestras de 0 a 30 y de 30 a 60 cm de profundidad. El pH es moderadamente alcalino, la conductividad eléctrica (CE) indica que no hay problemas de salinidad, el contenido de materia orgánica (%) es rico, con una concentración de N (%) alta, la concentración de Ca, Mg y Na también es alta y la de potasio (K) es baja.

**Cuadro 1. Resultados del análisis físico y químico de suelo del área experimental donde se desarrolló el cultivo de haba. Montecillo, México, verano de 1998.**

Características edáficas	Profundidad	
	0 a 30	30 a 60
	----- cm -----	
pH	7.5	8.3
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0.812	0.632
MO (%)	7.54	6.5
Nitrógeno total (%)	0.376	0.325
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	62.0	68.0
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	5.2	8.0
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7.52	6.62
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0.69	0.53
Textura	Arcillo-limoso	Arcillo-limoso
Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	1.28	1.26
CHS (%)	35.0	42.0

CE = conductividad eléctrica; MO = materia orgánica; CHS = contenido de humedad en el suelo; a capacidad de campo (%).

**Clima**

Las condiciones del clima en que se desarrolló el cultivo, durante el periodo de siembra y hasta antes de floración, fueron: temperatura máxima promedio de 35.3 °C, 5.7 °C temperatura mínima promedio y

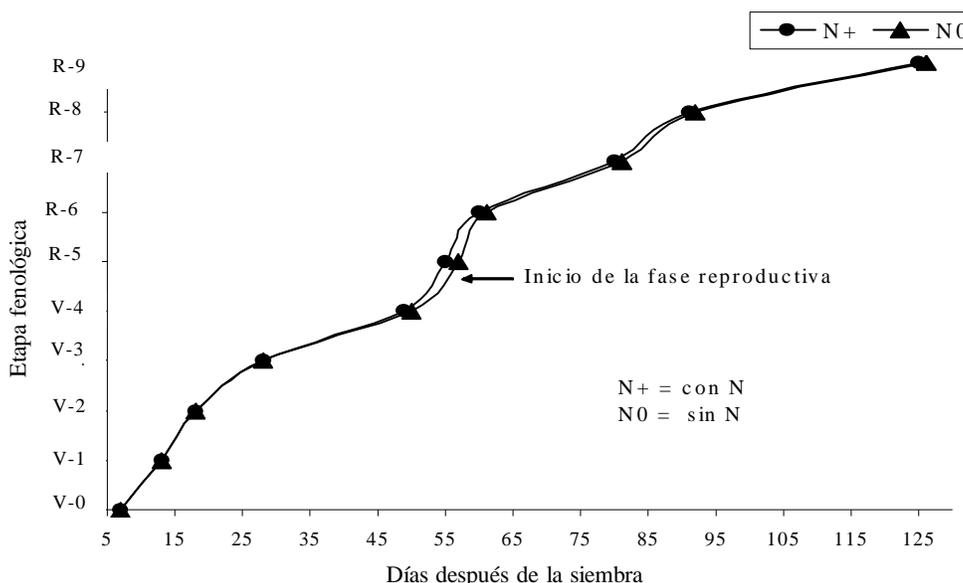
precipitación acumulada de 206 mm. Durante la etapa reproductiva, el promedio de temperatura máxima fue de 31.3 °C y el de mínima de 7.2 °C, la precipitación acumulada fue de 166 mm. La precipitación total durante el ciclo del cultivo fue de 372 mm.

**Fenología**

La fenología del cultivo no se afectó por el N, lo que confirma los resultados previos en otros cultivos, como girasol (Escalante, 1995; Olalde *et al.*, 2000; Vega *et al.*, 2001) y frijol (Escalante *et al.*, 1999). Así, la emergencia (V1) ocurrió a los 13 días después de la siembra (DDS), la floración (R5) a los 60 DDS y la madurez fisiológica (R9) a los 125 DDS (Figura 1).

**Biomasa Total (BT)**

La BT a la cosecha (150 DDS) mostró incrementos significativos (28%) por efecto del N, debido a una mayor acumulación de materia seca en tallo, hojas y semilla (Cuadro 2). El haba con N mostró una BT de 700.2 g m<sup>2</sup> y el testigo (sin N) de 576.7 g m<sup>2</sup>. Respuestas similares reportaron Escalante *et al.* (1999), en frijol "Michoacán 12 A3" tipo II, sembrado en un clima cálido subhúmedo.



**Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de haba cultivar Cochinera en función del nitrógeno aplicado. Montecillo, México, 1998.**

V-0 = emergencia; V-1 = aparición de primeras hojas verdaderas; V-2 = presencia de al menos dos hojas compuestas; V-3 = presencia de al menos tres hojas compuestas; V-4 = presencia de al menos cuatro hojas compuestas; R-5 = aparición de los botones florales; R-6 = floración; R-7 = desarrollo de vainas; R-8 = inicio de madurez fisiológica; R-9 = fin de la madurez fisiológica.

**Cuadro 2. Acumulación de materia seca a la madurez fisiológica en los órganos de la planta de haba en función del nitrógeno aplicado. Montecillo, México, 1998 (promedio de cuatro repeticiones).**

Tratamiento <sup>†</sup>	Raíz	Tallo	Hojas	Pericarpio	Semilla	Hojas caídas	Total
	----- g m <sup>-2</sup> -----						
N0	29	335	18	41	87.7	66	576.7
N+	34	423	24	55	115.5	48.7	700.2
Probabilidad 0.05	NS	NS	NS	NS	** (11.5)	* (16.5)	** (75.1)

\*, \*\* Significativas a  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente.

<sup>†</sup> N0 = sin nitrógeno; N+ = 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

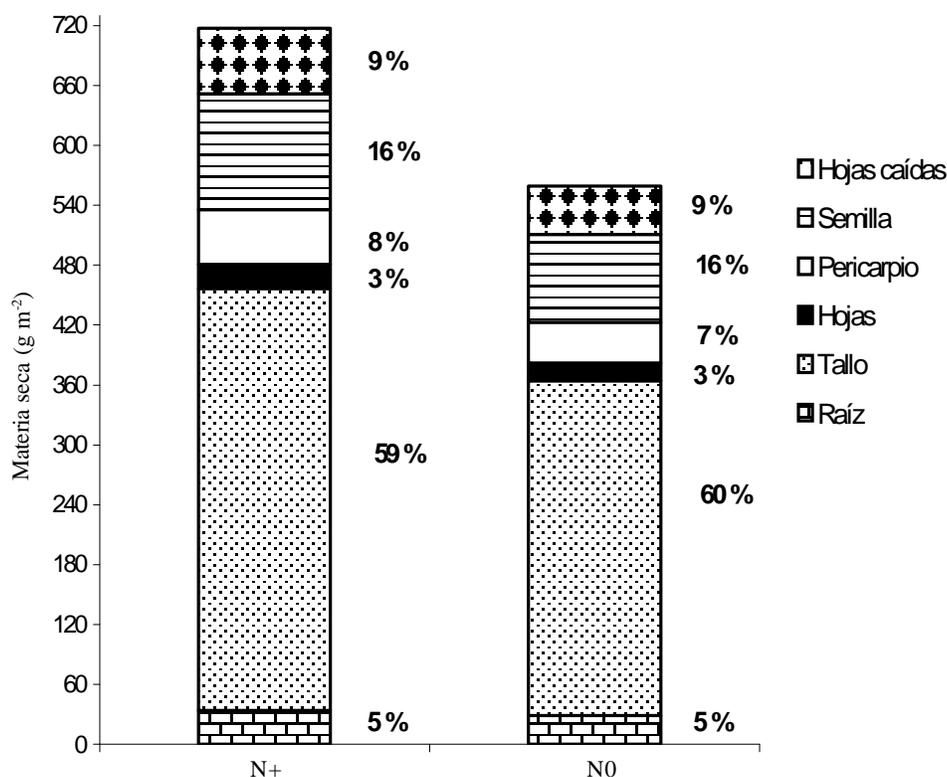
### Acumulación de Materia Seca y su Distribución en los Órganos de la Planta

En el Cuadro 2 se presenta la acumulación de materia seca (g m<sup>-2</sup>) en los órganos de la planta; en la Figura 2, su distribución (%) a la madurez fisiológica. El N ocasionó un incremento significativo en la materia seca de semilla, hojas caídas y biomasa total, en 27.8, 17.3 y 158.3 g m<sup>-2</sup>, respectivamente, en relación con el testigo, pero no afectó su distribución porcentual en los órganos de la planta. Así, en ambos casos, el tallo mostró mayor asignación de materia seca, seguido de semilla,

hojas, pericarpio y raíz (Figura 3). Tendencias similares se reportaron en girasol (Olalde *et al.*, 2000).

### Rendimiento y sus Componentes

El N ocasionó incrementos significativos de 35% en el número de semillas m<sup>-2</sup>, 16% en el número de vainas m<sup>-2</sup> y 32% en el rendimiento (Cuadro 3). Incrementos en el rendimiento por el N también se han reportado en otros cultivares de haba (Ortiz *et al.*, 1984; Jettner *et al.*, 1998; Sánchez-Hernández *et al.*, 2001) para la región de estudio.



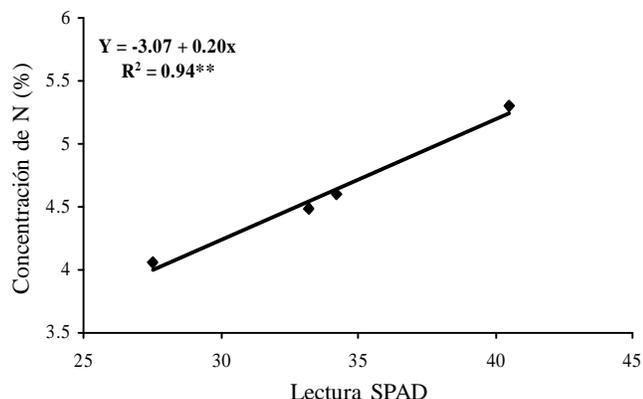
**Figura 2. Acumulación y distribución (%) de materia seca en la estructura de la planta a la madurez fisiológica en función del nitrógeno aplicado. Montecillo, México (promedio de cuatro repeticiones). N+ = 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno; N0 = sin aplicación de nitrógeno.**

**Cuadro 3. Biomasa total, rendimiento y sus componentes en haba cultivar Cochinera en función del nitrógeno aplicado. Montecillo, México, 1998 (promedio de cuatro repeticiones).**

Nitrógeno <sup>†</sup>	Biomasa total	Rendimiento	Semillas	Semilla por vaina	Vainas	PCS <sup>‡</sup>
	----- g m <sup>-2</sup> -----		m <sup>-2</sup>		m <sup>-2</sup>	
N+	700.2 a	115.5 a	3752.0 a	3.5 a	268.0 a	180.0
N0	576.7 ab	87.7 a	2772.0 a	3.0 a	231.0 a	164.0
Probabilidad de F	** (75.1)	** (11.5)	** (91.0)	NS	*** (21.4)	NS

NS = no significativo; P ≤ 0.05 (\*), 0.01 (\*\*), y 0.001 (\*\*\*). El número dentro del paréntesis es el valor de Tukey, α = 0.05.

‡ PCS = peso de 100 semillas. † N+ = 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno; N0 = sin aplicación de nitrógeno.



**Figura 3. Relación entre las lecturas SPAD y la concentración de nitrógeno en hojas de haba, entre los 95 y 150 días después de la siembra en la quinta hoja, a partir del ápice hacia abajo, en función del nitrógeno aplicado. Montecillo, México, 1998 (promedio de cuatro repeticiones).**

**Concentración de Taninos en el Fruto de Haba**

A la madurez fisiológica, la concentración de taninos en el fruto de haba no mostró cambios significativos por efecto del N (Cuadro 4). Estos resultados contrastan con los encontrados por Jansman *et al.* (1993) y Harinder *et al.* (1997), quienes señalan que el N reduce la concentración de taninos, lo cual puede deberse a diferencias en los cultivares utilizados y condiciones ambientales en que éstos se desarrollaron. Por otra parte, en ambos niveles de N, la concentración de taninos más alta (2.8%) se encontró en la testa y la más baja en los cotiledones (0.5%).

**Cuadro 4. Concentración de taninos (%) en pericarpio, testa y cotiledón de haba a 123 y 150 DDS en función del nitrógeno aplicado y densidad de 4 plantas m<sup>2</sup>. Montecillo, México, 1998 (promedio de cuatro repeticiones).**

Nitrógeno <sup>†</sup>	123 DDS			150 DDS		
	Pericarpio	Testa	Cotiledones	Pericarpio	Testa	Cotiledones
N+	2.7	2.1	0.5	2.1	2.4	0.5
N0	3	2.3	0.5	2.1	2.6	0.5
Prob. F	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo; † N+ = 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno; N0 = sin aplicación de nitrógeno. DDS = días después de la siembra.

**Relación entre la Concentración de Nitrógeno Foliar (N foliar) y las Lecturas SPAD**

En el Cuadro 5 se observa que en el haba con N la concentración de N foliar fue más alta, lo cual sugiere mayor actividad fotosintética y, en consecuencia, mayor producción de biomasa (Escalante *et al.*, 1998). Por otra parte, los valores SPAD más altos en las hojas de haba con N indican la existencia de una relación entre las lecturas SPAD y el N foliar (Figura 3), con base en la ecuación:

$$Y = -3.07 + 0.20X;$$

donde: Y es el N foliar y X las lecturas SPAD, con una R<sup>2</sup> = 0.94\*\*.

Lo anterior sugiere que las lecturas SPAD pueden ser un buen estimador de la concentración de N foliar y este último de la producción de biomasa.

**Concentración de Proteína en la Semilla de Haba**

En el Cuadro 6 se presenta la concentración de proteína (% Nt\* 6.25) en la semilla de haba (testa y cotiledones) determinada a los 123 y 150 DDS. Los valores más altos se encontraron con la aplicación de N en ambas fechas y la concentración en los cotiledones fue superior a la de la testa; el valor más alto de proteína se registró a los 123 DDS. Tendencias similares reportaron Cubero y Moreno (1983).

**Cuadro 5. Relación entre lecturas SPAD y la concentración de nitrógeno en la quinta hoja de haba a partir del ápice del tallo central hacia abajo. Mediciones a 95, 123 y 150 DDS. Montecillo, México (promedio de cuatro repeticiones).**

Tratamiento <sup>†</sup>	Lectura SPAD DDS			Tratamiento	N foliar (%) DDS		
	95	123	150		95	123	150
N+	40.2	34.8	37.5	N+	5.3	4.1	4.5
N0	39.2	34.0	34.5	N0	4.8	3.7	4.2

<sup>†</sup> N0 = sin nitrógeno; N+ = 100 kg ha<sup>-1</sup> de N; DDS = días después de la siembra.

En resumen, estos resultados indican que la fertilización nitrogenada no afectó la fenología del haba, lo que coincide con la respuesta reportada en otros cultivos como frijol y girasol (Escalante *et al.*, 1999; Vega *et al.*, 2001), pero incrementó la acumulación de materia seca en cada estructura de la planta y, en consecuencia, la total (Figuras 2 y 3; Cuadro 2), probablemente debido a una mayor actividad fotosintética en hojas, promovida por una alta concentración de clorofila y N foliar (Figura 3, Cuadro 5). Resultados similares reportaron Crawford *et al.* (1997), Xia (1997), y Agung y McDonald (1998), en haba de secano, Hocking *et al.* (1997), en colza, y Escalante (1995), en girasol. La distribución de materia seca en la planta no fue afectada por la aplicación de N. El rendimiento más alto en el cultivo con N se relacionó con un mayor número de semillas y vainas m<sup>-2</sup> (Escalante *et al.*, 1999).

Por otra parte, la concentración de taninos en la cosecha, en pericarpio, testa y cotiledones fue similar en ambos niveles de nitrógeno. Los cotiledones mostraron la concentración de taninos más baja (Cuadro 4). Asimismo, las lecturas SPAD pueden ser un indicador de la concentración de N foliar, ya que este último es necesario para la síntesis de clorofila y, por lo tanto, determina el grado de verdor y la eficiencia del proceso fotosintético de la hoja y éste de la producción de materia seca en la planta, como se reporta en girasol (Escalante *et al.*, 1998). Finalmente, los resultados

**Cuadro 6. Concentración de proteína cruda (% nitrógeno total x 6.25) en la testa y cotiledones de haba cultivar Cochinerita a 123 y 150 DDS, en función del nitrógeno aplicado. Montecillo, México (promedio de cuatro repeticiones).**

Tratamiento <sup>†</sup>	123 DDS		150 DDS	
	(Etapa reproductiva)		(Cosecha)	
	Testa	Cotiledones	Testa	Cotiledones
N+	12.4	27.7	7.2	25.1
N0	11.6	25.4	5.9	22.3

<sup>†</sup> N = nitrógeno (N+ = 100 kg ha<sup>-1</sup> y N0 = sin nitrógeno); DDS = días después de la siembra; no se le realizó análisis de varianza.

sugieren que mediante la fertilización nitrogenada pueden lograrse mayor producción de biomasa, rendimiento y concentración de proteína en haba, sin elevar la concentración de taninos en la semilla.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de nitrógeno incrementa la acumulación de materia seca en cada órgano de la planta y la biomasa total, pero no afecta la distribución de materia seca en cada estructura de la planta.
- La aplicación de nitrógeno incrementa el número de vainas, el número de semillas y, en consecuencia, el rendimiento de haba y la concentración de proteína en la semilla. La concentración de taninos en la semilla no es afectada por la aplicación de nitrógeno. Las lecturas SPAD son un indicador de la concentración de nitrógeno foliar y éste de la producción de materia seca.

## LITERATURA CITADA

- Agung, S. and G. K. McDonald. 1998. Effects of seed size and maturity on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Aust. J. Agric. Res. 49: 79-88.
- Crawford, M. C., P. R. Grace, W. D. Bellotti, and J. M. Oades. 1997. Root production of a barrel medic (*Medicago truncatula*) pasture, a barley grass (*Hordeum leporinum*) pasture, and a faba bean (*Vicia faba*) crop in southern Australia. Aust. J. Agric. Res. 48: 1139-1150.
- Cuanalo de la C., H., E. Ojeda T., A. Santos D. y C. Ortiz S. 1989. Provincias, regiones y subregiones terrestres de México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Cubero, J. I. y M. T. Moreno. 1983. Leguminosas de grano (una división de conjunto. Origen, evolución y mejora genética de las leguminosas de grano). Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Escalante E., J. A. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. Agroproductividad 1: 28-32.
- Escalante E., J. A. y J. Kohashi S. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Escalante E., J. A., M. T. Rodríguez, A. de Haro, and E. Fereres. 1998. Acquisition, partitioning and remobilization of nitrogen and their relationship to seed yield in Mediterranean sunflower. Helia 21: 81-94.

- Escalante E., J. A., M. T. Rodríguez y E. Escalante. 1999. Efecto del nitrógeno en la producción y abscisión de órganos reproductivos en frijol. *Agronomía Mesoamericana* 10: 47-53.
- Follett, R. H., R. F. Follett, and A. D. Halvorson. 1992 Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23: 687-697.
- García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Guérin, V., D. Pladya, J. C. Trinchant, and J. Rigaud. 1991. Proteolysis and nitrogen fixation in faba-bean (*Vicia faba*) nodules under water stress. *Physiol. Plant.* 82: 360-366.
- Harinder P. S. Makkar, K. Becker, H. Abel, and E. Pawelzik. 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour-and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *J. Sci. Food Agric.* 75: 511-520.
- Hocking, P. J., J. A. Kirkegaard, J. F. Angus, A. H. Gipson, and E. A. Koetz. 1997. Comparison of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry-matter production, seed yield and seed quality. *Field Crops Res.* 49: 107-125.
- Imsande, J. and B. Touraine. 1994. N demand and regulation of nitrate uptake. *Plant Physiol.* 105: 3-7.
- ISO (International Organization for Standardization). 1988. Sorghum determination of tannin content. International Standard ISO/DIS 9648. pp: 175-215.
- Jansman, J. M., J. Huisman, and A. F. B. van der Poel. 1993. Ileal and fecal digestibility in piglets of field beans (*Vicia faba* L.) varying in tannin content. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42: 83-96.
- Jettner, R., S. P. Loss, K. H. M. Siddique, and L. D. Martin. 1998. Responses of faba bean (*Vicia faba* L.) to sowing rate in south-western Australia. I. Seed yield and economic optimum plant density. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 989-997.
- López R., J. y J. López M. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Olalde G., V. M., J. A. Escalante E., P. Sánchez G., L. Tijerina C., E. M. Engleman C. y A. A. Mastache L. 2000. Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra* 18: 51-59.
- Ortiz C., J., E. Solórzano V. y L. E. Mendoza O. 1984. Comportamiento de caracteres agronómicos y fisiotécnicos de diez colecciones de haba (*Vicia faba* L.) bajo diferentes condiciones ambientales. *Agrociencia* 55: 101-114.
- Sánchez G., I., J. M. Caba, C. Lluch, and F. Ligeró. 1998. Nitrate uptake by *Vicia faba* L. plants: a physiological approach. *J. Plant Nutr.* 21: 2589-2599.
- Sánchez-Hernández, M. A., S. Sánchez-Domínguez y H. Rebolledo Robles. 2001. Fertilización en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) de temporal en Chapingo México. *Revista Chapingo. Serie Ingeniería Agropecuaria* 4: 11-16.
- Schulz, S., J. D. H. Keatinge, and G. J. Wells. 1999. Productivity and residual effects of legumes in rice-based cropping systems in a warm-temperate environment I. Legume biomass production and N fixation. *Field Crops Res.* 61: 23-35.
- Smartt, J. 1984. Evolution of legumens. I. Mediterránea pulses. *Exp. Agric.* 20: 275-296.
- Vega M., R., J. A. Escalante E., P. Sánchez G., C. Ramírez A. y E. Cuenca A. 2001. Asignación de biomasa y rendimiento de girasol con relación al nitrógeno y densidad de población. *Terra* 19: 75-81.
- Xia, M. Z. 1997. Effects of soil drought during the generative development phase on seed yield and nutrient uptake of faba bean (*Vicia faba*). *Aust. J. Agric. Res.* 48: 447-452.