

TASA DE CRECIMIENTO DE BIOMASA Y RENDIMIENTO DE FRIJOL EN FUNCIÓN DEL NITRÓGENO

J. Alberto S. Escalante-Estrada¹; Ma. Teresa Rodríguez-González¹; Yolanda I. Escalante-Estrada²

¹Postgrado en Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mpio. de Texcoco, estado de México. México. ²Instituto de Investigación Científica. Área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo, Guerrero, México.
Autor para correspondencia: jasee@colpos.mx Recibido: Abril 12, 2014 Aceptado: Junio 11, 2014

RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo básico por sus propiedades nutricionales y medicinales, ya que su consumo ayuda a reducir el riesgo de enfermedades como algunos tipos de cáncer, diabetes tipo II, corazón y otras del sistema sanguíneo. Por lo tanto, el estudio de la dinámica de crecimiento del cultivo y sus índices son importantes para generar estrategias que conduzcan a incrementos en el rendimiento. El objetivo del estudio fue determinar cómo influye el suministro de nitrógeno (N) sobre la dinámica de producción de biomasa (materia seca, BT), tasa de crecimiento (TCC) y rendimiento de grano (RG) de cultivares de frijol con diferente hábito de crecimiento. La siembra del frijol Cacahuete 72 de crecimiento determinado y Michoacán 12-A-3 y Bayo Madero de crecimiento

indeterminado arbustivo, que se hizo el 20 de junio en un clima templado y condiciones de lluvia, consistió de 24 plantas/m², aplicación de 100 kg ha⁻¹ de N y testigo (sin N). Se observaron diferencias entre cultivares en días a floración y madurez fisiológica. La BT (gm⁻²), TCC (gm⁻² día⁻¹) y RG (g m⁻²) fueron diferentes entre cultivares y se incrementaron con el N. El patrón de BT y TCC fue semejante entre cultivares y niveles de N. Los cambios en BT están en función de la TCC. Esto indica que el suministro de N estimula la tasa de crecimiento que se refleja en una biomasa y rendimiento mayores.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., hábito de crecimiento, fenología, condiciones de lluvia, clima templado.

ABSTRACT

The bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a staple crop for its nutritional and medicinal properties, as their consumption helps reduce the risk of diseases as some types of cancer, diabetes type II, of the heart and others of the blood system. Therefore, the study of the dynamics of crop growth and its indexes are important for generating strategies leading to yield increases. The aim of the study was to determine how it affects the supply of nitrogen (N) on the dynamics of biomass production (dry matter, BT), the crop growth rate (TCC) and grain yield (GY) of bean cultivars with different growth habit. Bean planting Cacahuete 72 determinate, and Michoacán 12-A-3 and Bayo Madero indeterminate bush was on June

20 to 24 plants/m² in temperate and rainy conditions, with 100 kg ha⁻¹ of N and a control treatment (without N). Differences between cultivars in days to flowering and physiological maturity were observed. The BT (g m⁻²), TCC (gm⁻²day⁻¹) and RG (gm⁻²) were different between cultivars and increased with N level. The pattern of BT and TCC was similar between cultivars and N levels. BT changes are a function of the TCC. This indicates that the supply of N fertilization stimulates the growth rate is reflected in a higher biomass and grain yield.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., growth habit, phenology, rainy conditions, temperate climate.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo básico para la dieta alimenticia por sus propiedades nutricionales y medicinales, ya que su consumo ayuda a reducir el riesgo de enfermedades como algunos tipos de cáncer, diabetes tipo II, enfermedades del corazón y sistema sanguíneo

(Bennink, 2005). En México, el frijol como cultivo ocupa el segundo lugar por la superficie destinada, 1.7 millones de hectáreas, de las cuales 377,227 unidades de producción (UP) son menores de 5 ha, que representa 61% de las UP dedicadas a este cultivo (Robles, 2013). El 87% de la superficie sem-

brada es de temporal; por ello, el frijol es un cultivo altamente dependiente de las condiciones climáticas (SAGARPA, 2007). En la última década, la producción de frijol en México no ha sido suficiente para cubrir el consumo interno. Por tal motivo, se ha recurrido al mercado externo para satisfacer la demanda de la población. Datos del SIAP (2010) señalan que se han importado ca. 138 mil toneladas de frijol y se estima que para reducirla se requiere incrementar 10% el rendimiento y bajar el costo de producción en 20% (Borja y García, 2008). Para aumentar dicho rendimiento se ha recurrido al manejo de las prácticas agrícolas, como la fertilización nitrogenada (Escalante y Rodríguez, 2010). Diversos estudios demuestran incremento en el rendimiento con la aplicación de nitrógeno (N) al suelo, por aumento en número de granos y vainas (Fageria y Santos, 2008; Escalante *et al.*, 2013), además de una mayor acumulación de N y contenido de proteína en el grano (Escalante y Rodríguez, 2010). Sin embargo, la respuesta de frijol a N depende de las características de crecimiento del cultivar, época de aplicación del nutrimento y disponibilidad de agua (Eckert *et al.*, 2009). Así mismo, Escalante (2001) menciona que con N se puede lograr un establecimiento rápido del área foliar debido al estímulo que recibe la expansión foliar, mayor cobertura del suelo, intercepción de la radiación y, en consecuencia, mayor producción de materia seca. Por lo tanto, el estudio de la dinámica de la tasa de producción de hojas, área foliar y materia seca o biomasa (que representa la fotosíntesis neta),

es de importancia para generar estrategias que conduzcan a incrementar el rendimiento de los cultivos. El patrón de crecimiento de ésta dinámica, puede ser descrito mediante modelos matemáticos (Thornley y Johnson, 2000). Estudios previos de Escalante *et al.* (2012a), mencionan que para el frijol Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), y los *P. vulgaris* L. criollo de Tequexquahuac, Bayomex y Canario, la dinámica del número de hojas e índice de área foliar siguió un patrón que responde a un polinomio de segundo grado y la de materia seca fue tipo sigmoide; sin embargo, se tiene que determinar si dicho patrón se observa en otros cultivares. Por otra parte, no obstante que el efecto del suministro de N sobre la biomasa y rendimiento a la madurez fisiológica ha sido documentado (Escalante *et al.*, 2012b; Escalante *et al.*, 2013), la información sobre el patrón y velocidad del crecimiento del dosel, con base a número de hojas, producción de biomasa y su relación con los componentes del rendimiento en cultivares de frijol de diferente hábito de crecimiento, no son abundantes. Los objetivos del estudio fueron determinar en tres cultivares de frijol: a) el patrón de crecimiento y modelo matemático que describan la producción de hojas y biomasa durante el desarrollo del frijol; b) si dicho patrón difiere entre cultivares y niveles de nitrógeno; c) si la tasa de crecimiento del cultivo difiere entre cultivares y es afectada por el suministro de nitrógeno y; d) si existen diferencias en el rendimiento y componentes entre cultivares y nivel de nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de campo y temporal durante 2011 en Montecillo, estado de México, tipo de clima semiárido, el menos seco (Bs1, García 2004). En los primeros 30 cm el suelo es franco-arcilloso, con 50 kg ha⁻¹ de N asimilable, pH de 7.0 y sin problemas de salinidad. La siembra se realizó el 20 de junio de los cultivares (CV) de frijol Cacahuate 72 (Cacahuate) de hábito de crecimiento determinado tipo I, color de flor rosa y grano alargado color crema con rayas rojas, Michoacán 12-A-3 (Michoacán) de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, flor morada y color de grano negro y Bayo Madero (Bayo) de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo tipo II, flor blanca y color de grano amarillo. Antes de la siembra

se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de N en forma de urea y un testigo, representado por la fertilidad natural del suelo (0, FN). Además, en ambos tratamientos se aplicaron 100 kg de fósforo (P₂O₅). La densidad de población fue de 24 plantas/m, con distancia de 40 cm entre hileras. El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. Se registró días a emergencia, floración (F) y madurez fisiológica (MF), conforme criterio de Escalante y Kohashi (1993). A los 10, 24, 48, 76, 92, 116 y 122 días después de la siembra (dds), se cosecharon cuatro plantas por unidad experimental para registrar número de hojas/m² (NH) y materia seca o biomasa total (BT, g m⁻²), que se logró con una estufa de aire forzado a 80 °C, hasta

alcanzar peso constante. Mediante el paquete estadístico Curve Expert 1.3, se buscó el modelo para ajustar el patrón de crecimiento. Se calculó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC, g m⁻² día⁻¹) derivando el modelo de ajuste de BT. A MF también se le registró rendimiento de grano (peso seco del grano a 10% de humedad, RG), número de granos normales (NG), tamaño de grano (peso medio de grano, TG), número de vainas con grano (NV), número de racimos (NR) y número de nudos (NN), de acuerdo a Escalante y Kohashi (1993). Además,

se registraron las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo como media estacional de temperaturas máxima y mínima (°C) y la suma estacional de precipitación pluvial (mm) y evaporación (mm). A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza y, en su caso, la prueba de Tukey al 5%, además de análisis de regresión lineal mediante el paquete estadístico SAS y, para el modelo de mejor ajuste, se utilizó el paquete estadístico Curve Expert 1.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y elementos del clima

En los días a ocurrencia de las fases fenológicas no se observaron diferencias por efecto de N. Para los cultivares en estudio, la emergencia ocurrió 8 días después de la siembra (dds); la floración (F) para Cacahuete, Bayo y Michoacán inició 42, 50 y 53 dds y; MF se tuvo a 92, 116 y 122 dds, respectivamente. Durante el desarrollo del cultivo, las temperaturas mínima y máxima promedio fueron 8.2 y 28.6 °C, y la suma de precipitación pluvial y evaporación fue 480 y 770 mm, cada una. Esto indica que el cultivo estuvo bajo estrés hídrico, puesto que la evaporación fue 60% superior a la precipitación pluvial en el ciclo.

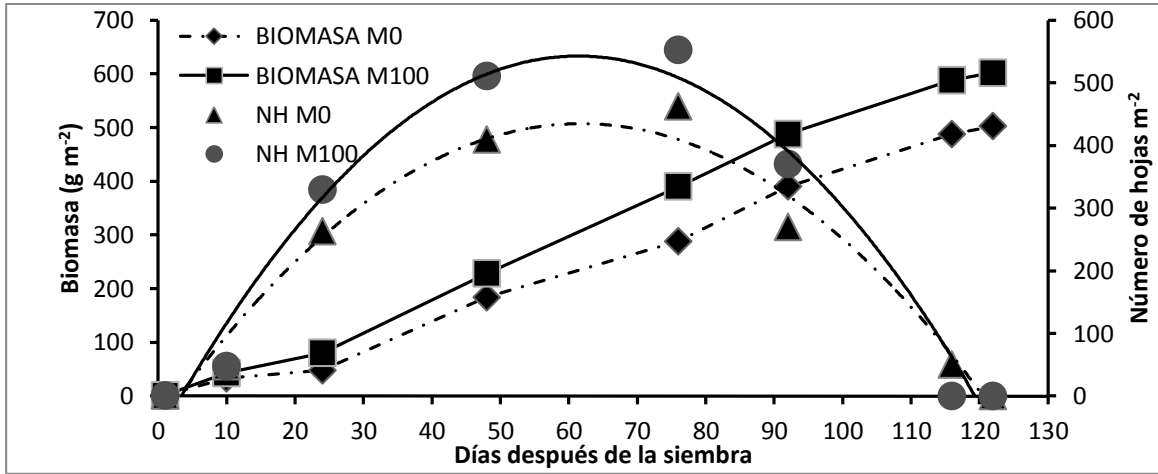
Número de hojas, biomasa (materia seca) y tasa de crecimiento del cultivo

En ambos niveles de N, los cultivares en estudio mostraron un patrón semejante en la dinámica de producción de hojas y biomasa, que se ajustaron a un polinomio de segundo grado [$Y=A+Bx+Cx^2$, donde A, B y C son coeficientes de ajuste para número de hojas, en función del tiempo (x)] y de tipo sigmoide [$Y=A/(1+B e^{-Cx})$, donde A es un valor estimado cercano al máximo de biomasa, B y C son coeficientes de ajuste en función del tiempo (x)], respectivamente, con un R² superior a 0.95 en todos los casos. El frijol fertilizado con N mostró mayor NH y biomasa, particularmente después de 30 dds. En las Figuras 1 a 3, que describen la dinámica del N en hojas para los frijoles Michoacán, Cacahuete y Bayo, respectivamente, se observa que desde la emergencia NH se incrementó conforme avanzó la estación de crecimiento hasta alcanzar un máximo en Cacahuete a 45 dds, que correspondió a la floración (Figura 1), a los 60 dds en Michoacán y

Bayo Madero (Figuras 2 y 3, respectivamente), para posteriormente descender debido a la senescencia foliar. La tasa de incremento y senescencia de NH en frijol con N fue superior al testigo sin N, lo que sugiere mayor cobertura del dosel y radiación interceptada desde las primeras etapas de desarrollo y, en consecuencia, incremento en la producción de biomasa. La TCC calculada mediante la derivada del modelo sigmoide mediante la expresión $TCC = ABC e^{-Cx} / (1 + B e^{-Cx})^2$, donde A, B y C son las constantes del modelo en cada tratamiento, mostró un patrón similar entre cultivares y niveles de N (Figuras 4 a 6). El modelo de ajuste de la TCC en función del tiempo fue sinusoidal ($Y=A + B \cos(Cx + D)$), con R²=0.99 en todos los casos. La máxima TCC se observó 55 dds en Cacahuete de hábito determinado (Figura 5) y 65 dds en Michoacán y Bayo de hábito indeterminado arbustivo (Figuras 4 y 6). En los cultivares con N, la TCC fue superior al testigo, particularmente a partir de 30 a 70 dds en Cacahuete y hasta 80 dds en Michoacán y Bayo. La máxima TCC osciló entre 8 y 9 g m⁻² día⁻¹. Esto indica que, para lograr mayor producción de biomasa, las técnicas de manejo del cultivo deben orientarse hacia la búsqueda de mayor tamaño de dosel y tasa de crecimiento del cultivo.

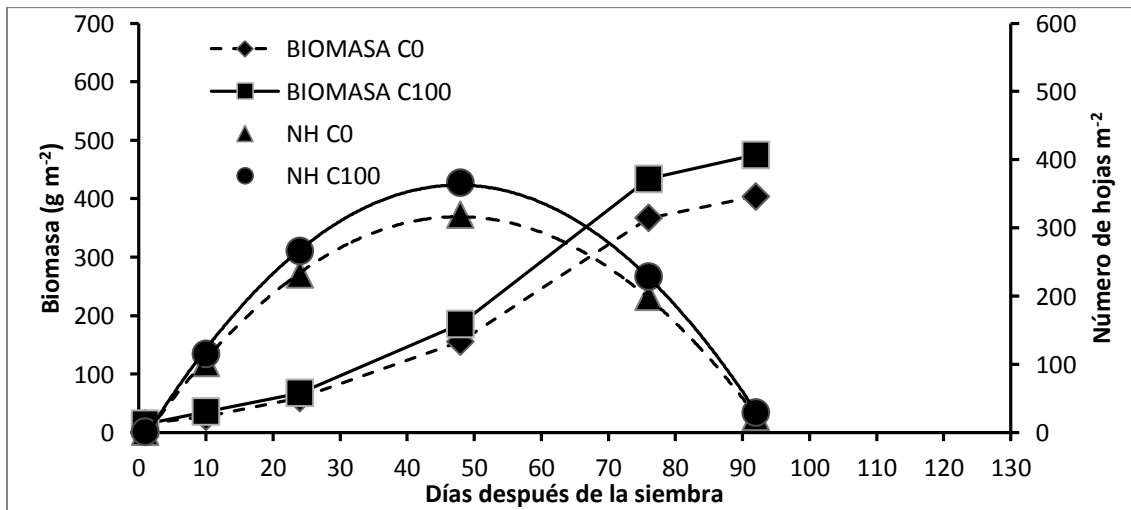
Biomasa, rendimiento en grano y sus componentes

En el Cuadro 1 se observa que la biomasa (BT), rendimiento de grano (RG) y sus componentes, presentaron diferencias significativas por efecto de factores principales (cultivares, CV y nitrógeno, N). El N no ocasionó cambios significativos en el IC; solamente se observaron entre CV, lo que indica diferencias genotípicas en la distribución de MS



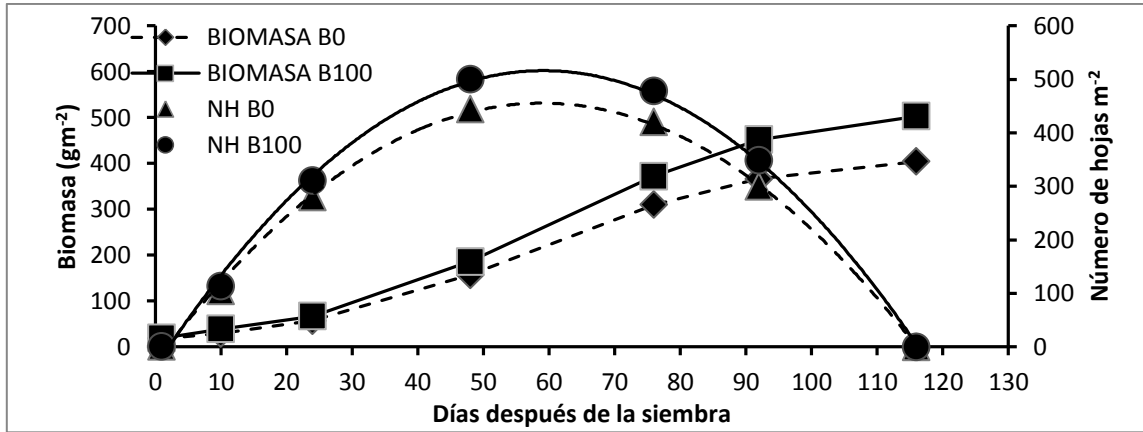
Modelo	R ²
Biomasa M0=547/(1+24.2 e ^{0.045X})	0.98
Biomasa M100=632/(1+22.4 e ^{0.048X})	0.98
NH M0= -46.6 + 15.6 X - 0.126 X ²	0.96
NH M100= -65.6 + 19.8 X - 0.16 X ²	0.96

Figura 1. Dinámica de producción de hojas/m² (NH) y biomasa (gm⁻²) de frijol Michoacán (M), en función de nitrógeno (0, 100). Montecillo, estado de México. Verano 2011. Frijol en floración, 53 dds. R², coeficiente de determinación.



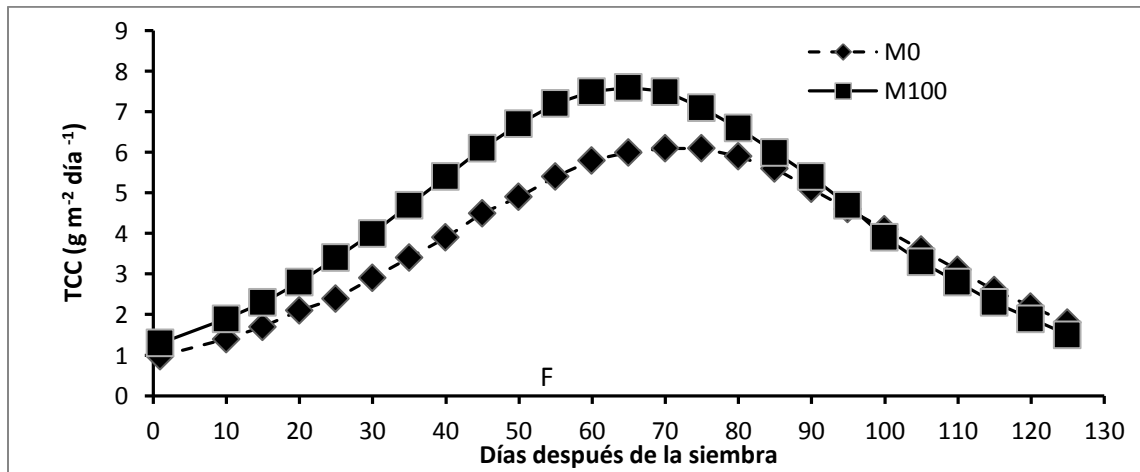
Modelo	R ²
Biomasa C0 = 453 / (1 + 37.6 e ^{0.06X})	0.98
Biomasa C100 = 530 / (1 + 37.7 e ^{0.065X})	0.98
NHC0 = -18.1 + 14.1 X - 0.15 X ²	0.98
NH100 = -21.5 + 16.1 X - 0.17 X ²	0.98

Figura 2. Dinámica de producción de hojas/m² (NH) y biomasa (gm⁻²) de frijol Cacahuatense (C), en función de Nitrógeno (0, 100). Montecillo, estado de México. Verano 2011. Frijol en floración, 42 dds. R², coeficiente de determinación.



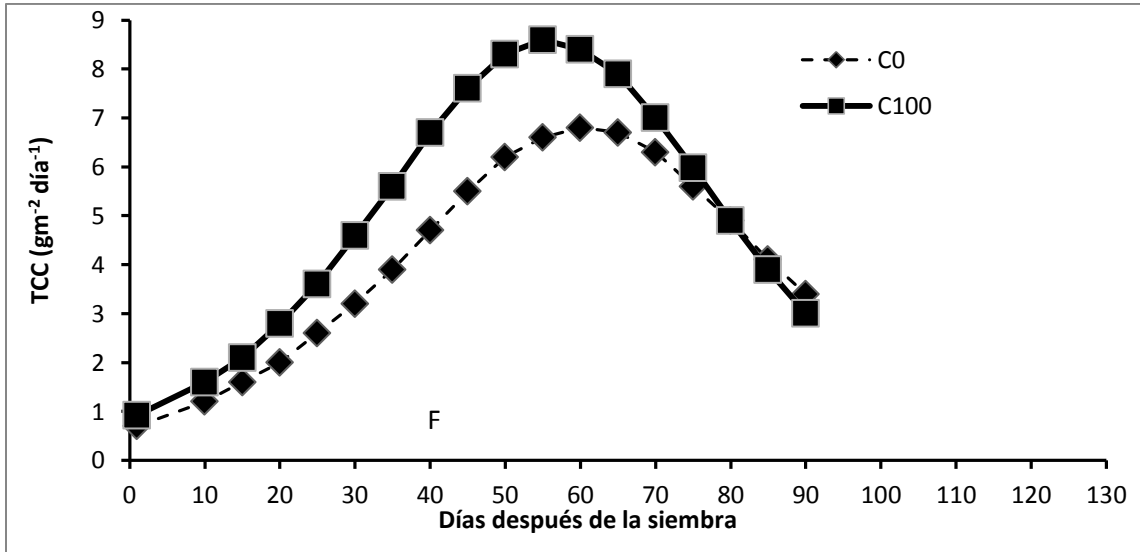
Modelo	R ²
Biomasa B0 = $420 / (1 + 23.8 e^{0.055X})$	0.98
Biomasa B100 = $558 / (1 + 29.2 e^{0.052X})$	0.98
NHB0 = $-30.1 + 16.5 X - 0.14 X^2$	0.99
NHB100 = $-38.4 + 18.7 X - 0.16 X^2$	0.99

Figura 3. Dinámica de producción de hojas/m² (NH) y biomasa (gm⁻²) de frijol Bayo (B) en función de nitrógeno (0, 100). Montecillo, estado de México. Verano 2011. Frijol en floración, 50 dds. R², coeficiente de determinación.



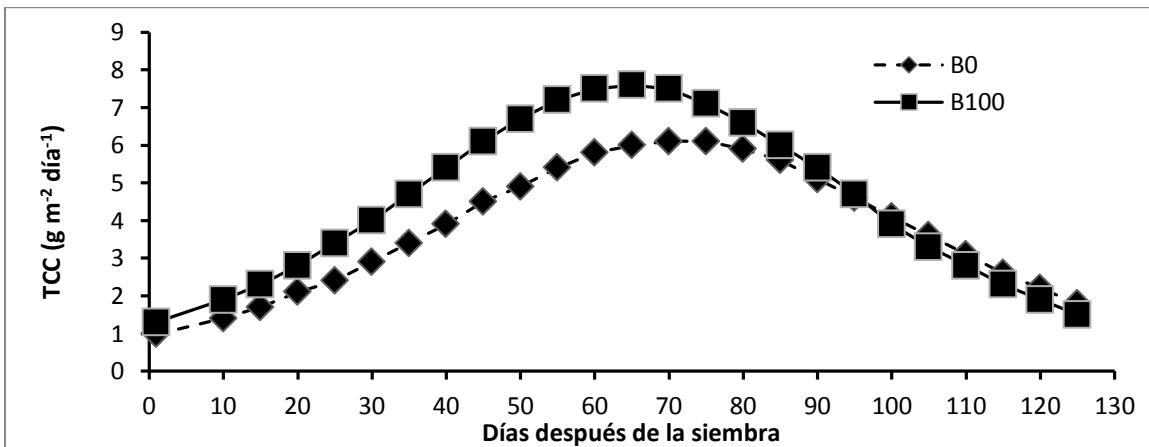
Modelo	R ²
M0 = $3.33 + 2.64 \text{ Cos}(0.042 X - 2.97)$	0.99
M100 = $4.49 + 2.97 \text{ Cos}(0.049 X - 3.19)$	0.99

Figura 4. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC, gm⁻² día⁻¹) de frijol Michoacán (M), en función de nitrógeno (N). Montecillo estado de México. Verano 2011. F, floración. R², coeficiente de determinación.



Modelo	R ²
$C0 = 3.35 + 3.22 \cos(0.051 X - 3.7)$	0.99
$C100 = 4.21 + 4.1 \cos(0.054 X - 3.04)$	0.99

Figura 5. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC, gm⁻² día⁻¹) de frijol Cacaahuete (C) en función de nitrógeno (N). Montecillo estado de México. Verano 2011. F, floración. R², coeficiente de determinación.



Modelo	R ²
$B0 = 3.12 + 2.85 \cos(0.040 X - 2.81)$	0.99
$B100 = 3.81 + 3.56 \cos(0.042 X - 2.72)$	0.99

Figura 6. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC, gm⁻² día⁻¹) del frijol Bayo (B) en función de nitrógeno (N). Montecillo estado de México. Verano 2011. F, floración. R², coeficiente de determinación.

hacia el grano y que el N no altera dicha distribución, puesto que el incremento en BT y RG por N fue proporcional. El CV Michoacán mostró la mayor

producción de BT y RG seguido de Cacaahuete y Bayo, que presentó los valores más bajos. En cuanto a componentes de RG, los cultivares

Cacahuete y Bayo mostraron el TG más alto con 320 y 327 mg, respectivamente. El más bajo correspondió a Michoacán con 269 mg. El tamaño de grano (TG) de frijol fue más alto con el empleo de N. Esto indica que dicho nutrimento influye en el llenado individual del grano. En cuanto a número de

granos (NG), número de vainas (NV), número de racimos (NR) y número de nudos (NN), los valores más altos correspondieron a Michoacán seguido de Bayo y Cacahuete. Dichos componentes se incrementaron con la aplicación de N, tal como lo indican Escalante *et al.* (2001), Eckert *et al.* (2010) y

Cuadro 1. Biomasa, índice de cosecha, rendimiento de grano y sus componentes de cultivares de frijol (*P. vulgaris* L.), en función de nitrógeno. Montecillo estado de México. 2011.

Cultivar	N	BT (gm ⁻²)	IC (%)	RG (gm ⁻²)	TG (g)	NG/m ²	NV/m	NR/m ²	NN/m ²
Michoacán		552 a	42 a	235 a	157 c	1502 a	300 a	157 a	417 a
Cacahuete		439 b	40 a	176 b	293 b	597 b	152 c	128 b	259 c
Bayo		453 b	37 b	170 b	372 a	456 b	180 b	137 b	354 b
	0	437 b	40	175 b	266 b	785 b	196 b	120 b	312 b
	100	527 a	40	213 a	282 a	919 a	225 a	162 a	376 a
Probabilidad de F	CV	*(40)	*(2)	** (31)	*** (18)	*** (174)	*** (26)	*** (19)	*** (55)
	N	*** (24)	NS	*** (9)	** (11)	*** (51)	** (17)	** (25)	*(27)
	CV*N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

BT, biomasa; IC, índice de cosecha; RG, rendimiento de grano; TG, tamaño del grano (mg); NG, número de granos; NV, número de vainas; GV, granos por vaina; NR, número de racimos; NN, número de nudos; CV, cultivar; N, nitrógeno; valor dentro del paréntesis corresponde a la diferencia mínima significativa y valores en la columna con la misma literal, no son significativamente diferentes con Tukey, $\alpha=0.05$.

Escalante y Rodríguez (2010). Así, la fertilización nitrogenada es determinante para incrementar la producción de grano de frijol, dado que el N estimula la producción de flores y vainas de frijol (Escalante *et al.*, 2010).

Relaciones entre biomasa, índice de cosecha, rendimiento en grano y sus componentes

Los cambios en el RG dependieron principalmente de los efectos ocurridos en BT ($R^2=0.83^{***}$), NG ($R^2=0.72^{***}$) y NV ($R^2=0.66^{***}$). A su vez, NG depende

principalmente de cambios en NV ($R^2=0.86^{***}$); NV depende del NR ($R^2=0.83^{**}$) y; NR varía con el NN ($R^2=0.81^{***}$). Estos resultados indican que, para lograr incrementos en RG, se requieren cultivares de frijol y suministro de nitrógeno para generar mayor tasa de crecimiento de frijol y aumentar tamaño de dosel, acompañado de mayor número de nudos para incrementar el número de racimos, vainas, granos y, en consecuencia, rendimiento de grano (Escalante y Rodríguez, 2010).

CONCLUSIONES

En los cultivares de frijol y niveles de nitrógeno en estudio, la dinámica de producción de hojas sigue un patrón que se ajusta a un modelo polinomial de segundo grado o cuadrático y la biomasa a un modelo sigmoide logístico. El número de hojas y biomasa fue superior en Michoacán seguida por Bayo y Cacahuete, al cual correspondió el valor más bajo. La tasa de crecimiento durante el desarrollo del

cultivo siguió un patrón que se ajustó a un modelo sinusoidal. El nitrógeno estimuló la producción de hojas, tasa de crecimiento de cultivo, biomasa, rendimiento y sus componentes en los cultivares en estudio. El número de vainas y número de granos son los componentes de mayor importancia para determinar el rendimiento en grano de frijol.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennink M (2005). Eat beans for good health. Annual Report of Bean Improvement Cooperative 48:1-5.
- Borja-Bravo M; García SJA (2008). Políticas para disminuir las importaciones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: un análisis por tipo de variedad. *Agrociencia* 42 :949-958.
- Eckert FR; Kandel HJ; Johnson BL; Rojas CGA; Vander Wal AJ; Deplazes Ch; Osorno JM (2009). Row spacing and nitrogen fertilization effect on architectural traits and yield loss of dry bean varieties under direct harvest. *Ann.Rep. Bean Improvement Cooperative* 52:126-127.
- Eckert FR; Kandel HJ; Johnson BL; Rojas CGA; Vander Wal AJ; Deplazes Ch; Osorno JM (2010). Row spacing and nitrogen fertilization effect on seed yield and yield loss of pinto bean cultivars under direct harvest. *Annual Report of Bean Improvement Cooperative* 53:132-133.
- Escalante-Estrada JA; Kohashi-Shibata J (1993). El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- Escalante Estrada JA; Escalante ELE; Rodríguez GMT (2001). Producción de frijol, en dos épocas de siembra: su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en clima cálido. *Terra Latinoamericana* 19 : 309-315.
- Escalante-Estrada JA; Rodríguez GMT (2010). Biomasa, índice de cosecha y componentes del rendimiento en frijol y nitrógeno. *Revista Ciencias Agrícolas Informa. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México* 19: 5-11.
- Escalante-Estrada JA; Rodríguez González MT; Escalante Estrada YI (2012a). Análisis de crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L. en suelo alcalino. 9 p. En: *Memorias 1er. Congreso Internacional y 3er. Congreso Nacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. DICEA. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 978-968-884-41-20.*
- Escalante-Estrada JA; Rodríguez González MT; Escalante Estrada YI (2012b). Modelos de crecimiento y rendimiento del frijol en función del nitrógeno y densidad de población. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals. Celaya, Gto., México. Vol. 4:817-822. ISSN 1946-5351 Online. ISSN 1948-2353 CD Rom.*
- Escalante-Estrada JA; Rodríguez González MT; Escalante Estrada YI (2013). Modelos empíricos de rendimiento del frijol en función de la densidad de población y nitrógeno. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals. Celaya, Gto., México. Vol 5 :921-926. ISSN 1946-5351 Online. ISSN 1948-2353 CD Rom.*
- Escalante-Estrada JA; Rodríguez González MT; Escalante Estrada YI (2013). Aplicación dividida de nitrógeno, su efecto sobre la eficiencia agronómica, rendimiento y componentes en frijol. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México* 1:52-55.
- Fageria NK; Santos AB (2008). Yield physiology of dry beans. *Journal of Plant Nutrition* 31:983-1004.
- García E (2004). Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª. edición. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Robles BHM (2013). Los pequeños productores y la política pública. *Subsidios al campo en México. México. 30 p. (subsidiosalcampo.org.mx).*
- SAGARPA (2007). <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/discursos/2007/febrero/t230207.htm>.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP) (2010). *Indicadores Básicos del Sector Agroalimentario y Pesquero. Balanza disponibilidad consumo de frijol 2010. SAGARPA. www.siap.gob.mx.*
- Thornley JHM; Johnson IR (2000). *Plant and Crop modeling. A Mathematical Approach to Plant and Crop Phsyology. The Blackbum Press. New Jersey. USA. 669 p.*