

Producción, crecimiento y calidad nutrimental del garbanzo en función del nitrógeno y fósforo

Maricela Apáez Barrios¹

José Alberto Salvador Escalante Estrada²

Patricio Apáez Barrios^{1§}

Juan Carlos Álvarez Hernández³

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle Mariano Jiménez s/n, Colonia el Varillero, Apatzingán de Constitución, Michoacán de Ocampo, México. CP. 60160. (mary_230488@hotmail.com). ²Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. (jasee@colpos.mx). ³Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parácuaro, Michoacán, México. CP. 60781. (alvarez.juan@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: patrick280485@gmail.com.

Resumen

El garbanzo es rico en proteínas y carbohidratos, de importancia en la alimentación humana. Actualmente su rendimiento es limitado por falta de recomendaciones sobre la fertilización de nitrógeno (N) y fósforo (P). En este sentido, estos nutrientes pueden contribuir a incrementar el rendimiento, acelerar el crecimiento, acumulación de biomasa y la calidad nutrimental. Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de N y P sobre los días a ocurrencia de fases fenológicas, rendimiento de grano, crecimiento del cultivo, acumulación de biomasa y calidad nutrimental del garbanzo. Bajo condiciones de lluvia estacional en Huitzoco, Guerrero., México, se sembró garbanzo el 01 de junio de 2017, con tres niveles de N (0, 75 y 150 kg N ha⁻¹) y P (0, 75 y 150 kg N ha⁻¹); respectivamente). Durante el estudio las temperaturas máximas y mínimas oscilaron entre 31 a 35 °C y 16 a 18 °C respectivamente, con precipitación pluvial de 806 mm. La ocurrencia de las etapas fenológicas fue similar entre tratamientos, así la emergencia ocurrió 10 días después de la siembra (dds), la floración a 55 dds y a 120 dds la madurez fisiológica. Con 150 kg de N y P ha⁻¹ (N150-P150) se presentó el mayor rendimiento de grano (580 g m⁻²), la mayor acumulación de biomasa total (490 g m⁻²), además el grano fue al cual se le modificó la cantidad de biomasa acumulada con un incremento de 3% en relación con los tratamientos sin N. La tasa media de crecimiento del cultivo fue mayor con aplicaciones de N, mientras que con P la tendencia fue similar. Por otra parte, el nutriente que influyó en mayor medida a interceptar radiación fue el N. Con N y P se incrementó la concentración de proteínas y carbohidratos solubles.

Palabras clave: *Cicer arietinum* L., proteínas, rendimiento.

Recibido: mayo de 2020

Aceptado: agosto de 2020

Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es uno de los cultivos con mayor contenido de proteína e importancia económica, por lo cual ocupa el quinto lugar a nivel mundial, donde India aporta 75% de la producción, seguido por Turquía, Pakistán y México, este último ocupa el segundo lugar como exportador y el tercero en producción (FAOSTAT, 2019; SIAP, 2019).

De acuerdo con Grelida *et al.* (1997), el garbanzo contiene en promedio 69% de carbohidratos, 5.3% de ácidos grasos, 3.9% de fibra y 18% de proteína en nitrógeno total. Kaur (2005) menciona que el garbanzo, además de ser importante fuente de proteína y carbohidratos, también aporta minerales como Ca, Mg, Zn, K, Fe y P, así como tiamina y niacina. Además, el almidón, es el carbohidrato más importante en el grano de garbanzo y es considerado un alimento competitivo en la industria alimentaria (Goñi y Gamazo, 2003). Aunado a lo anterior, existen diferentes tipos de manejo del cultivo que contribuyen a incrementar la producción, el más importante es mejorar la nutrición.

En este sentido es necesario determinar la dosis más apropiada de fuente de fertilización que incluyan principalmente nitrógeno y fósforo, nutrimentos más demandados por la planta (Olaleye *et al.*, 2011), cuando dichos elementos son aportados en cantidades apropiadas se favorece mayor producción de biomasa total, incrementan el rendimiento, número de vainas y número de semillas por vaina e incluso existen investigaciones que demuestran que mediante la aplicación de estos nutrimentos podría elevarse la calidad nutrimental, principalmente de proteína con lo que se propiciaría tener un alimento que contribuya en mayor porcentaje con el plato del buen comer pudiendo así sustituir la proteína de origen animal (Aguilar *et al.*, 2005). El mismo autor menciona que el incremento en el rendimiento es el resultado de la radiación interceptada y ésta a su vez del tamaño del dosel vegetal, que representa la maquinaria fotosintética. También favorecen el aumento en el área foliar y duración de ésta, consecuencia mayor crecimiento de la lámina foliar (Escalante y Rodríguez, 2011; Escalante *et al.*, 2014).

El análisis de crecimiento resulta muy útil para poder comprender las causas fisiológicas que determinan el rendimiento de grano por efecto de la fertilización. Además, es necesario cuantificar aspectos importantes como la velocidad con que crece el cultivo, duración del ciclo vegetativo, eficiencia en la producción de biomasa, velocidad de producción de ésta en cada fase fenológica del cultivo y su distribución en cada órgano de la planta. Para lo anterior, se usan índices, tales como la tasa media de crecimiento del cultivo (TCC). Además, estas mediciones son de ayuda para mejorar comprensión de las relaciones entre la fuente y demanda, debido que la TCC estima la velocidad de producción de materia seca por unidad de área sembrada por unidad de tiempo.

Escalante, (1999) reporta que el mayor crecimiento del dosel vegetal aumenta la interceptación de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y por tanto la producción de biomasa total. Por otra parte, las investigaciones que se realizan en la actualidad están enfocadas al efecto del ambiente, manejo en el crecimiento y desarrollo del cultivo, donde se busca incrementar el rendimiento, lo anterior amerita evaluar la composición y calidad nutricional de dicha leguminosa. Este tipo de tecnologías, además de incrementar la producción principalmente de grano pueden mejorar la calidad nutrimental, al aumentar la concentración de proteínas y bajar el contenido de fibras principalmente (Galal *et al.*, 2010; Kozera *et al.*, 2013).

Por ello, en este trabajo toma importancia el estudio y conocimiento la composición proximal del grano de garbanzo ya que es el órgano de interés agronómico, con el fin de cuantificar el efecto de la dosis de nitrógeno (N) y fósforo (P), respectivamente. Así, los objetivos de la presente investigación fueron evaluar el efecto de la dosis de N y P sobre: a) los días a ocurrencia de las etapas fenológicas, rendimiento, acumulación de biomasa, tasa media de crecimiento del cultivo, radiación interceptada y b) calidad nutrimental de grano del garbanzo.

Materiales y métodos

El estudio se estableció en Huitzuco, Guerrero, México (18° 15' N, 99° 09' O y 1 086 m de altitud). El clima de la región se identifica como AW₁ (w) (i) g, que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano. El material genético de garbanzo fue blanco criollo regional. El 01 de junio de 2017 se sembró a la densidad de población de 15 plantas m⁻². Los tratamientos consistieron en la aplicación de 0, 75 y 150 kg de N y P ha⁻¹ (N0, N75 y N150; P0, P75 y P150, respectivamente). La combinación de N y P₂O₅ generó nueve tratamientos. Todo el P y la mitad de N se aplicaron a los 20 días después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. Las fuentes usadas fueron: sulfato de amonio (20.5% N) y superfosfato de calcio triple (46% P).

El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Durante el ciclo del cultivo se registró la temperatura máxima (T_{max}, °C) y mínima (T_{mín.}, °C) y precipitación acumulada (mm), los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica 12115 Huitzuco (DGE)-GRO (18° 30' latitud norte y 99° 32' longitud oeste). También se registraron las fases fenológicas las cuales fueron: días a emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2), final de fructificación (R3). Para obtener el rendimiento de garbanzo (RG, g m⁻²), se realizó la cosecha a los 120 dds.

También se registró la biomasa total (BT, materia seca g m⁻²) de cada órgano de la planta (tallos, hojas, valvas y grano). Para ello, las muestras se secaron a 75 °C en una estufa de aire forzado hasta peso constante. Con estos datos se calculó la tasa crecimiento absoluto (TCC), para los mismos periodos (25, 50, 75 y 100 dds), mediante la ecuación: $TCC = [(PS_2 - PS_1) / (T_2 - T_1)]$, donde: PS₂ y PS₁ indican el peso seco de la planta en los tiempos T₂ y T₁ respectivamente (Hunt, 1990).

Para estimar la radiación interceptada (RI) por el dosel vegetal para los 25, 50, 75 y 100 dds, se utilizó la siguiente ecuación: $RI = RFA (1 - e^{-k \cdot IAF})$, donde RFA es la radiación fotosintéticamente activa incidente en el dosel (MJ m⁻²), e= exponencial, -k= coeficiente de extinción de luz. También se realizó un análisis de regresión para determinar la relación entre la producción de biomasa y RI.

La calidad nutrimental del grano de garbanzo (minerales, carbohidratos solubles, proteínas, grasas, fibra cruda, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), hemicelulosa, lignina y sílice, todas en %) se determinó mediante un análisis químico proximal (Sosa, 1979), en el laboratorio de nutrición animal del departamento de zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Previamente las muestras de grano de garbanzo seco fueron trituradas en un molino eléctrico (Janke and Kunkel Inka Modelo Kb 5/10[®], Germany) con criba de 50 µm.

Las variables se analizaron estadísticamente con el paquete SAS versión 9.0 y a las diferencias entre tratamientos se le aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad (SAS, 2003).

Resultados y discusión

Clima y fenología

En la Figura 1, que presenta la temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$), temperatura mínima ($T_{m\acute{i}n}$) (media decenal) y precipitación estacional (suma decenal), se observa que durante el ciclo de cultivo la $T_{m\acute{a}x}$ osciló entre 31.3 y 35.8 °C y $T_{m\acute{i}n}$ entre 16.1 a 18.2 °C. La $T_{m\acute{a}x}$ más elevada ocurrió en la primera decena después de la emergencia (E), mientras que la $T_{m\acute{i}n}$ más baja se presentó en la decena 12. La precipitación total acumulada de siembra (S) a madurez fisiológica (RH) fue de 806 mm, de la cual, 458 mm (56%) ocurrieron de S a inicio de fructificación (R2).

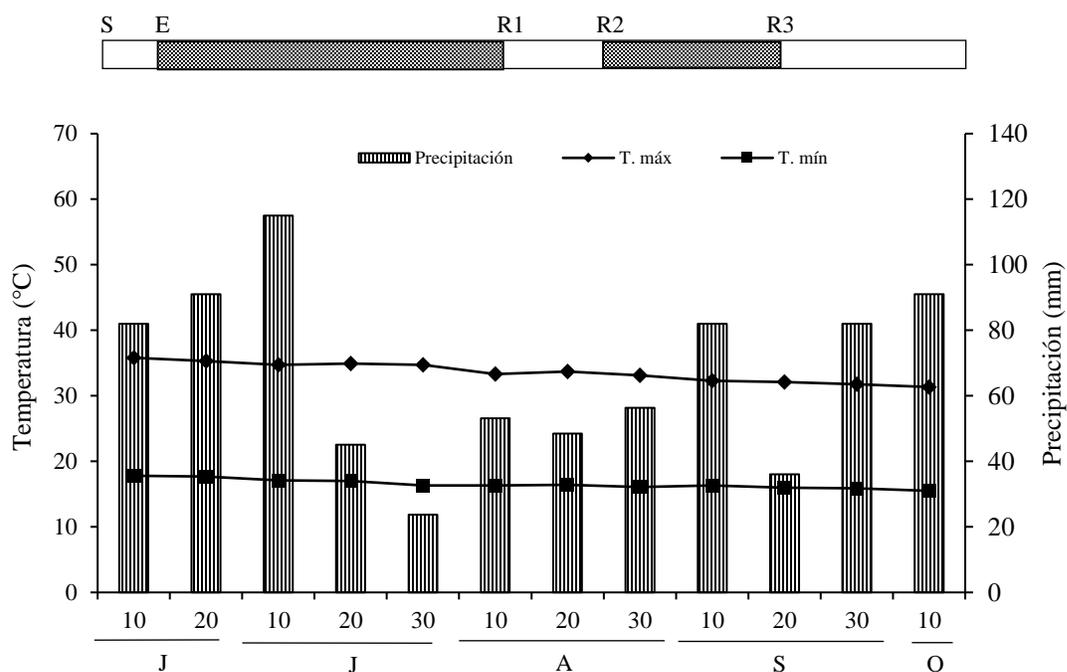


Figura 1. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo del garbanzo y ocurrencia de las fases fenológicas. S= siembra; E= emergencia; R1= inicio de floración; R2= inicio de fructificación; R3= final de fructificación y RH= madurez fisiológica. J= junio; J= julio; A= agosto. Huitzuco, Guerrero. Verano de 2017.

De acuerdo con Bejiga y Van Der Maesen (2006) las condiciones climáticas tanto de temperatura como precipitación ocurrida en este estudio fueron apropiadas para el cultivo de garbanzo ya que el rango de temperatura apropiado va de 10 a 25 °C con un óptimo de 20 °C. La ocurrencia de las fases fenológicas fue similar entre tratamientos. Así, la emergencia (E) se presentó a los diez días después de la siembra (dds), el inicio de floración (R1) y a los 55 dds, fin de fructificación (R3) a los 100 dds y madurez fisiológica (RH) a los 120 dds (Figura 1).

Respuesta similar reportan Apáez *et al.* (2016) donde la ocurrencia de las fases fenológicas no se modificó por efecto de aplicación de nitrógeno. Resultados contrastantes han sido ya reportados en otras leguminosas como el frijol donde de acuerdo con Abayomi *et al.* (2008), con aplicación de N y P el ciclo de cultivo se redujo en 6 días.

Rendimiento de grano

El rendimiento de grano (RG) presentó cambios significativos por efecto de N y P (Figura 2) y la interacción N * P (Figura 3). El mayor RG se logró con el nivel más alto de N (N150), cuyo incremento es de 44% en relación con el testigo (N0). Respecto al P, la dosis alta (P150) generó un incremento de 59% con relación al testigo (P0).

Con relación al efecto combinado, N150-P150, seguido de N75-P150 y N75-P150, los cuales permitieron aumentar en 450, 410 y 403 g m⁻² el RG con relación a N0-P0 (Figura 2). El mayor RG con N150, se atribuye a que la aplicación de este nutrimento retrasa la senescencia foliar con lo cual la duración del área foliar es mayor y por ende la producción de fotosintatos incrementa y se genera mayor rendimiento (Escalante *et al.*, 2014).

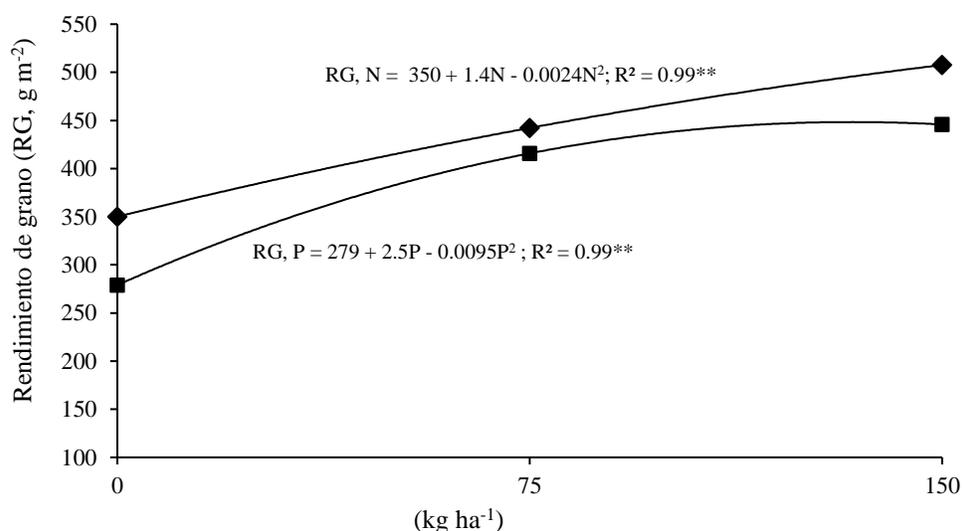


Figura 2. Rendimiento de grano (RG) de garbanzo para factores principales: nitrógeno (N) y fósforo (P). Huitzucó, Guerrero. Verano de 2017.

Por otra parte, Caliskan *et al.* (2008), señalan que este nutrimento aumenta la tasa de fotosintatos y pigmentos de clorofila y por ende el área foliar. Con lo anterior, se logra un mejor aprovechamiento del agua por la planta, esto es importante bajo condiciones de lluvia estacional en donde este recurso es limitante. Además, al tener mayor área foliar es más eficiente el uso de la radiación solar (García *et al.*, 2002). Con relación al efecto del P, Muhammad *et al.* (2008), reportan que la adición de P genera mayor área foliar en cultivos como soya, frijol chino y mungo.

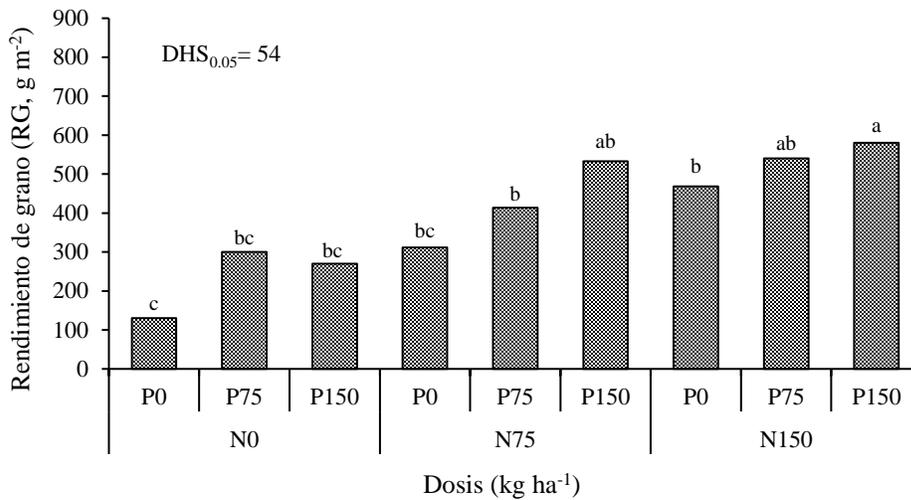


Figura 3. Rendimiento de grano (RG) de garbanzo en función del efecto combinado del nitrógeno (N) y fósforo (P). $DHS_{0.05}$ = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad. Huitzuko, Gro. Verano de 2017.

Biomasa total y su distribución en la planta

La producción de biomasa total (BT) presentó cambios significativos por efecto del N, P y la interacción N*P, mientras que la distribución a los órganos de la planta solo se afectó por el N (Figura 4). La mayor BT se generó con N75-P150 y N150-P150, con incrementos de 26 y 45% respecto al testigo (N0-P0). Respuesta similar encontraron Bernal *et al.* (2007) en frijol común encontraron incrementos de 46 a 66% en la BT con fósforo.

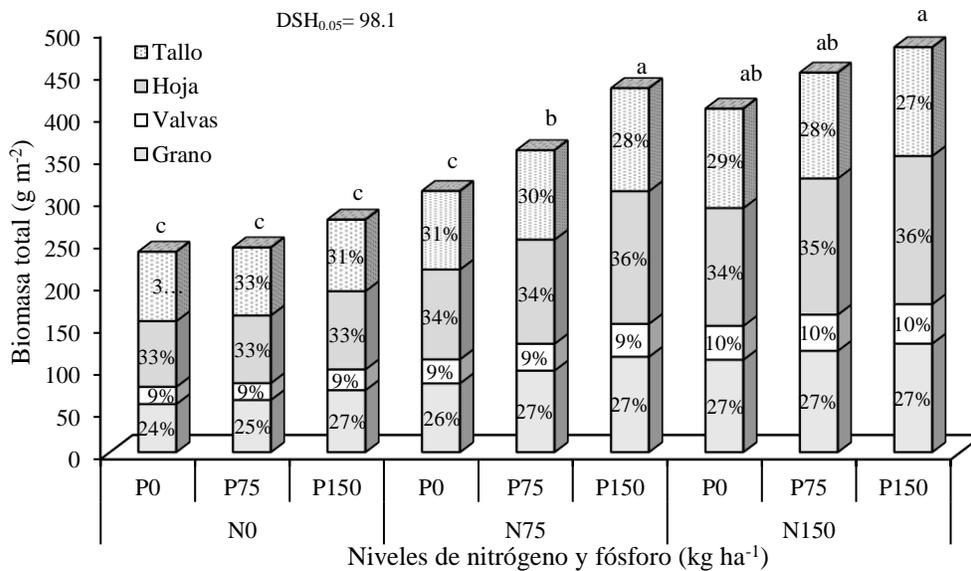


Figura 4. Biomasa total y su distribución en los órganos del garbanzo en función de niveles de nitrógeno y fósforo. N0 = 0, N75 = 75 y N150 = 150 kg de N ha⁻¹, P0 = 0, P75 = 75 y P150 = 150 kg P ha⁻¹. $DMS_{0.05}$ = diferencia mínima significativa. Huitzuko, Guerrero. Verano de 2017.

La aplicación de N modificó la distribución de BT en la planta, al reducir la acumulación de MS en el grano conforme se incrementó la dosis de N. Con la aplicación de N150 se observó aumento de 3% de MS hacia el grano en comparación con el tratamiento testigo (N0). Dicha respuesta se atribuye a que el N favoreció en gran medida al crecimiento del dosel vegetal y que por tanto existe una mayor fuente de fotosintatos (Fageria y Baligar, 2005). La aplicación de N75 y N150 disminuyó en 7 y 6% la biomasa hacia el tallo con relación al testigo (Figura 4).

Tasa media de crecimiento del cultivo

En general, la mayor acumulación de biomasa por día se presentó a los 75 dds. El N estimuló significativamente la tasa de crecimiento absoluto (TCC), al presentar los valores más altos con N150 ($6.7 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), seguido de N75 ($5.2 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) y los más bajos con el testigo (N0, $3.3 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). De acuerdo con el modelo de regresión, la mayor acumulación de BT se logró con N150 con producción de 0.32 g m^{-2} , mientras que a N0 generó la TCC más baja (0.17 g m^{-2}) (Figura 5).

Por otra parte, el P también estimuló significativamente la TCC, al presentar los valores más altos con P150 ($5.8 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), seguido de P75 ($5.2 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) y los más bajos con el testigo (P0, $4.3 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). De acuerdo con el modelo de regresión, la mayor acumulación de BT se logró con P150 con producción de 0.29 g m^{-2} , mientras que a P0 generó la TCC más baja (0.24 g m^{-2}) (Figura 5). El aumento en la TCC con el N se relaciona con mayor tamaño del dosel vegetal medido a través del número de hojas verdes, índice de área foliar y mayor duración del área foliar y en consecuencia una mayor RI.

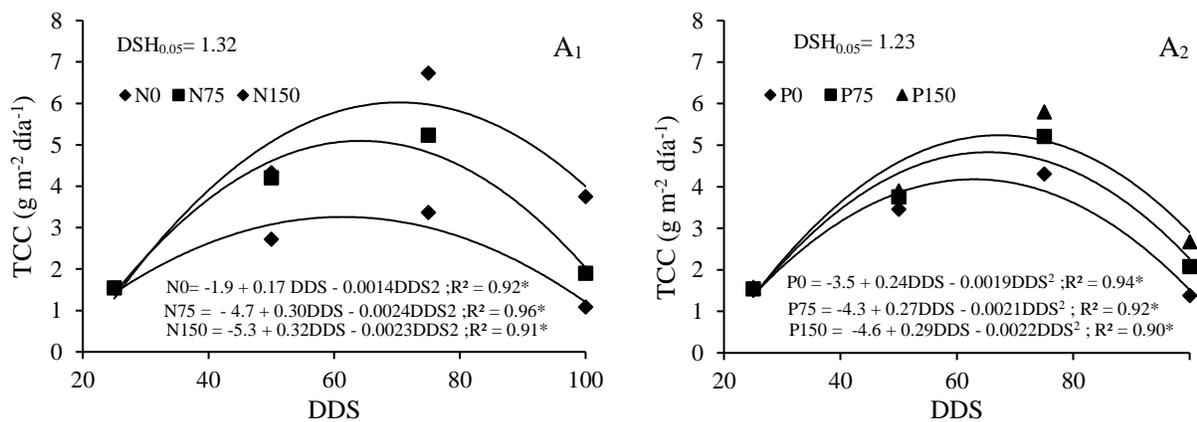


Figura 5. Dinámica de la tasa media de crecimiento del cultivo (TCC) en garbanzo en función del nitrógeno (A₁) y fósforo (A₂). DSH_{0.05} = diferencia mínima significativa. Huitzucó, Guerrero. Verano de 2017.

Tendencias similares reportan Apáez *et al.*, 2014 en frijol chino al presentar los valores más altos para la TCC con la aplicación de N150 y P150 (0.31 y $0.29 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, respectivamente). Por otra parte, Escalante y Rodríguez (2014) en frijol con aplicación de N100 y P100 la TCC fue superior al testigo, a partir de 30 y hasta 80 dds, similar a lo encontrado en este estudio. Lo cual indica que, para lograr mayor producción de biomasa, se debe buscar mayor tamaño de dosel y tasa de crecimiento del cultivo.

Dichos resultados se atribuyen a que la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) que es considerado un índice de la productividad agrícola, ya que mide la ganancia en peso de una comunidad de plantas por unidad de área de suelo (Castellanos, 2010). Además, Escalante (1999), menciona que el incremento en las tasas de crecimiento se relaciona con mayor acumulación de biomasa y rendimiento de grano más alto.

Por otra parte, el efecto positivo del N y P puede relacionarse en parte al bajo nivel inicial de N-inorgánico (0.11%) y P (14 ppm) en el suelo. Por lo que, al suministrar fertilización con fuentes inorgánicas de N y P, se incrementa el área foliar y en consecuencia la absorción de agua y nutrientes de la solución del suelo. Esto provocó mayor tamaño del dosel vegetal, que de acuerdo con Apáez *et al.* (2014) pudo permitir incrementar la intercepción de radiación solar, actividad fotosintética y en consecuencia un RG más elevado.

Radiación interceptada

Para los tratamientos estudiados la radiación interceptada (RI) por el dosel vegetal durante el ciclo del cultivo presentaron una relación positiva, que respondió a un polinomio de segundo grado (Figura 6). En este sentido Apáez *et al.* (2014) en frijol chino reportan que existe una respuesta positiva a la BT y la RI con la adición de la dosis más alta de N y P (N150 y P150). Con relación a lo anterior, existen datos en otros cultivos como el girasol en donde se ha encontrado alta relación entre la producción de BT y RI (Escalante, 1999). Con el uso de N, la eficiencia en el uso de la radiación fue más alta, como se puede observar en el coeficiente de determinación de las regresiones presentadas.

Tendencias semejantes reportan Morales *et al.* (2007) con la aplicación de N y P. En el presente estudio, también el P ocasionó incrementos en la eficiencia en el uso de la radiación, pero en menor grado que el N (Figura 6). En resumen, estos resultados indican que, con la aplicación de N y P, aumenta la eficiencia en el uso de la radiación lo que se relaciona con una mayor y más temprana cobertura del suelo por el dosel vegetal, atribuible a una más alta TCC.

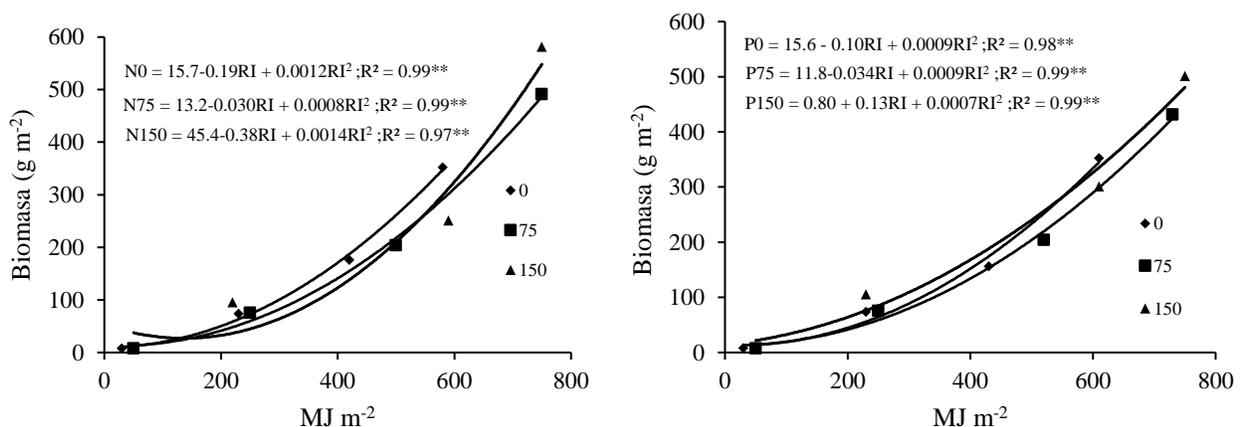


Figura 6. Biomasa total en función de la radiación interceptada para nitrógeno y fósforo. N0 = 0, N75 = 75 y N150 = 150 kg de N ha⁻¹, P0 = 0, P75 = 75 y P150 = 150 kg P ha⁻¹. Huitzucó, Guerrero. Verano de 2017.

Calidad nutrimental del grano de garbanzo

El N provocó cambios significativos en el contenido de minerales, proteína, grasas, fibra cruda (FC), carbohidratos solubles (CS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosa. Mientras que P en grasas, CS, sílice y hemicelulosa. La interacción N*P en minerales, proteínas, grasas, FC, CS, FDN, FDA, sílice y hemicelulosa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de los componentes de calidad nutrimental para grano de garbanzo en función del N y P. Huitzuco, Guerrero. Verano, 2017.

Factor	Minerales	Proteínas	Grasas	Fibra cruda	CS
N	**	**	**	**	**
P	ns	ns	**	ns	**
N*P	**	**	**	*	**
Factor	FDN	FDA	Lignina	Sílice	Hemicelulosa
N	**	**	ns	ns	**
P	ns	ns	ns	*	**
N*P	**	**	ns	*	**

*, ** = $p \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente; ns = no significativo; N= nitrógeno; P= fósforo; CS= carbohidratos solubles; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido.

En promedio 100 g de grano aportan 3.5% de minerales, 1.6% de grasas, 5.5% de fibra cruda, 59.9% de carbohidratos solubles, 20.5% de FDN, 8.3% de FDA, 8.5% de lignina, 2.1 de sílice y 29.2% de proteínas (Cuadros 2 y 3). Estos valores son superiores a los reportados por Danuta *et al.* (2015). Por lo que es un alimento rico en proteínas superior al frijol común, el cual presenta rangos de 18 a 23% (Abubaker, 2008).

Cuadro 2. Análisis nutrimental (%) de peso seco de grano seco de garbanzo en función del nitrógeno (N) y fósforo(P). Huitzo, Guerrero. Verano 2017.

N	P	Minerales	Proteína	Grasas	Fibra cruda	CS
0	0	3.1 bc	28 c	1.2 d	5.1 d	58.5 ef
	75	3.2 bc	28.2 c	1.2 d	5.1 d	57.8 bcd
	150	3.3 ab	28.5 c	1.4 cd	5.2 cd	57.9 f
75	0	3.3 bc	28.8 bc	1.4 cd	5.4 cd	59.1 def
	75	3.5 b	28.9 bc	1.4 cd	5.4 cd	59.5 cde
	150	3.7 ab	29.7 ab	1.5 c	5.4 cd	60.7 abc
150	0	3.8 ab	29.8 ab	1.8 b	5.6 bc	61.3 ab
	75	3.9 ab	30.2 a	1.8 b	6 a	61.8 a
	150	4.1 a	30.3 a	2 a	6 a	61.8 a
Media general		3.5	29.2	1.6	5.5	59.9
DSH _{0.05}		0.43	1.2	0.12	0.44	1.4
CV		3.83	1.73	3.3	3.35	0.99

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$); DSH_{0.05}= diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad; CV= coeficiente de variación; CS= carbohidratos solubles.

Cuadro 3. Análisis nutrimental (% de peso seco) del grano seco de garbanzo en función del nitrógeno (N) y fósforo (P). Huitzuco, Guerrero. Verano de 2017.

N	P	FDN	FDA	Lignina	Sílice	Hemicelulosa
0	0	18.3 d	7.4 e	8.1 a	1.4 e	14.8 a
	75	19.7 c	7.4 e	8.8 a	1.7 bc	11.1 c
	150	19.8 c	7.6 e	8.4 a	1.4 e	11.7 bc
75	0	20.1 bc	8.1 d	8.7 a	1.4 e	12.2 bc
	75	20.5 bc	8.2 d	8 a	1.5 de	12.2 bc
	150	20.5 bc	8.3 cd	8.5 a	1.7 bc	12.6 bc
150	0	21.2 ab	8.5 c	8.5 a	1.7 bd	13 b
	75	21.5 ab	9 b	8.6 a	1.9 ab	13 b
	150	22.2 a	9.4 a	8.6 a	2.1 a	14.8 a
Media general		20.5	8.3	8.5	1.6	12.2
DSH _{0.05}		1.43	0.32	0.9	0.23	1.44
CV		2.94	1.64	4.51	4.01	4.95

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha= 0.05$); DSH_{0.05}= diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad. CV= coeficiente de variación. FDN= fibra detergente neutro y FDA= fibra detergente ácido.

Con la aplicación de N150-P150 se presentaron los valores más altos de minerales, proteínas, grasas, fibra cruda, CS, FDN, FDA, sílice y hemicelulosa con relación a N0-P0 (Cuadros 2 y 3). Respuesta similar reporta Alajaji y Adawy (2006), con variación de 5.2% en el contenido de proteínas por efecto del N. En otra leguminosa como el frijol común se aumentó en la concentración de proteínas. Por otra parte, la fertilización con N y P disminuyó la digestibilidad del grano, al incrementar el contenido de fibra cruda, FDA y sílice. Tendencias similares se reportan en haba, al incrementarse el contenido de fibra cruda en 0.48% (Galal *et al.*, 2010).

Con la aplicación de N y P se mejoró el contenido de minerales, proteínas, grasas, FC, CS, FDN, FDA, sílice y hemicelulosa (Cuadros 2 y 3). En este sentido, la fertilización con fuentes inorgánicas mejora la calidad nutrimental del garbanzo, principalmente de proteína. Con la combinación N150-P150, N150-P75 se logró el mayor contenido de minerales, proteínas, fibra cruda, grasas, CS, FDN, FDA, sílice y hemicelulosa (Cuadros 2 y 3). Así, con estos tratamientos, además de generarse el mayor RG también se tiene mejor calidad nutrimental.

Conclusiones

El nivel de N y P no modificaron el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas, pero si el rendimiento de grano, acumulación de biomasa, tasa media de crecimiento del cultivo, radicación interceptada y contenido nutrimental. El mayor rendimiento de grano, acumulación de biomasa, tasa media de crecimiento del cultivo y radicación interceptada se logra con la combinación N150-P150. Dosis alta de N y P aumentaron la calidad nutrimental del grano de garbanzo, al incrementar el contenido de minerales, proteínas, fibra cruda, carbohidratos, FDN, FDA y lignina.

Literatura citada

- Abayomi, Y. A.; Ajibade, T. V.; Sammuell, O. F. and Sa'adudeen, B. F. 2008. Growth and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes to nitrogen fertilizer (NPK) application in the Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Asian J. Plant Sci.* 7(2):170-176.
- Abubaker, S. 2008. Effect of plant density on flowering date, yield and quality attribute of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under center pivot irrigation system. *Am. J. Agri. Biol. Sci.* 3(4): 666-668.
- Aguilar, G. L.; Escalante, E. J. A.; Fucikovskiy, Z. L.; Tijerina, C. L. y Mark, E. E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoam.* 23(3):303-310.
- Alajaji, S. A. and El-Adawy, T. A. 2006. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *J. Food Composition Anal.* 19(8):806-812.
- Apáez, B. M.; Escalante, E. J. A. S.; Rodríguez, G. M. T. y Apáez, B. P. 2016. Distancia entre hileras, nitrógeno y producción de garbanzo en humedad residual. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(2):223-234.
- Apáez, B. P.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T.; González, C. M. C. and Apáez, B. M. 2014. Analysis of growth and production in maize trellis with nitrogen and phosphorous. *Int. J. Agriscience.* 4(2):102-108.
- Bejiga, G. and Van der Maesen, L. J. G. 2006. *Cicer arietinum* L. in Brink, M. and Belay, G. Plant resources of tropical Africa 1: Cereals and pulses. Wageningen/Blackhuys. Leiden/CTA, Netherlands: Prota Foundation. 42-46 pp.
- Bernal, L. Coello, P.; Acosta, J. y Martínez, B. E 2007. Efecto de la deficiencia de fósforo en el metabolismo de carbono de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia.* 41(4):417-423.
- Caliskan, S.; Ozkaya, I.; Caliskan, M. E. and Arslan, M. 2008. The effect of nitrogen and iron fertilization on growth, yield, and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean type soil. *Field Crops Res.* 108(2):126-132.
- Castellanos, M. S.; Abril, M. S. y López, C. E. Ñ. 2010. Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Rev. Facultad Nacional de Agronomía-Medellín.* 63(1):5253-5266.
- Danuta, R. R.; Ewa, N. and Grażyna, B. 2015. Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 55(8):1137-1145.
- Escalante, E. J. A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra Latinoam.* 17(2):149-157.
- Escalante, E. J. A. y Rodríguez G. M. T. 2011. Biomasa y rendimiento de haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. *Cienc. Agríc. Informa.* 20(1):16-25.
- Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T y Escalante, E. Y. I. 2014. Tasa de crecimiento de biomasa y rendimiento de frijol en función del nitrógeno. *Cienc. Tecnol. Agropec.* 2(1):1-8.
- Fageria, N. K. and Baligar, V. C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Elsevier Inc. 88(1):97-185.
- FAOSTAT. 2019. Producción mundial de garbanzo. En línea [http: www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).

- Galal, O. A.; Izzeldin, F. A. and ElHassan, G. A. 2010. Effects of biological and mineral fertilization on yield, chemical composition and physical characteristics of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivar Seleim. *Pakistan J. Nutr.* 9(7):703-708.
- García, M.; Herrera, P.; Birbe, B.; Colmenares, O. y Martínez, N. 2002. Efecto de dos densidades de siembra y cinco edades de cosecha sobre el rendimiento y calidad del heno de follaje de frijol bayo (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Rev. Cient.* 12(2):584-586.
- Goñi, I. and Gamazo, C. V. 2003. Chickpea flour ingredients lows glycemic response to past in healthy volunteers. *Food Chemistry.* 81(4):511-515.
- Greda, A; Farlas Y; Moreno V. J. G; Ma. del R. Falcon V. and Barron H J M. 1997. Isolation and partial characterization of starches from dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.) grown in Sonora, Mexico. *Starch.* 49(9):341-345.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. Unwinn Hyman. London, UK. 112 p.
- Kaur, M. and Singh N. S. 2005. Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *J. Food Eng.* 69(4):511-517.
- Kozera, W.; Barczak, B.; Knapowski, T. and Ralcewicz, M. 2013. Total and fractional contents of proteins in bean seeds under the conditions of varied fertilization with microelements. *J. Cent. Eur. Agr.* 14(1):319-327.
- Morales, R. E. J., Escalante, E. J. A. y López S, J. A. 2007. Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Helianthus annuus* L.)-frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo. *Ciencia Ergo Sum.* 14(2):177-183.
- Muhammad, I. C.; Adu-Gyamfi, J. J.; Saneoka, H.; Tran, N. N.; Suwa, R.; Kanai, S.; Hany, A.; Shemy, E.; Lightfoot, D. and Fujita, K. 2008. The effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate in mashbean, mungbean and soybean. *Acta Physiol Plant.* 30(4):537-544.
- Olaleye, O.; Olajire, F.; Aboido, R. C. and Nnenna, I. 2011. Nitrogen and phosphorus response efficiency in cowpea genotypes. *J. Agric. Sci.* 4(1):81-90.
- SAS. 2003. Statistical Analysis System Institute. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- SIAP. 2019. Avance de siembras y cosechas. <http://www.siap.gob.mx>.
- Sosa, P. E. 1979. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Texcoco, Estado de México. 115 p.