



ESTUDIO DE LA PLASTICIDAD FENOTÍPICA EN CULTIVARES DE FRIJOL ARBUSTIVO INDETERMINADO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Enrique Quevedo G¹, Martha Esperanza Arévalo G², Giovanni Orlando Cancino E³

¹ Departamento de Agronomía, Universidad de Pamplona.

² Bióloga Universidad Nacional de Colombia. fresiazucena@hotmail.com

³ Departamento de Biología y Química, Universidad de Pamplona, Norte de Santander

Resumen

Un experimento fue establecido en el centro investigación de Corpoica – Tibaitata para evaluar el efecto de tres distancias de siembra sobre tres genotipos de frijol tipo II de crecimiento indeterminado. Una distancia de siembra entre surco (0,60 m) y tres distancias de siembra entre plantas fueron utilizados (0,1, 0,20 y 0,30m), las cuales resultaron en poblaciones comprendidas entre 55'556 hasta 166'667 plantas. ha⁻¹. El objetivo del estudio fue analizar el efecto de la densidad de siembra sobre los componentes de rendimiento y los rendimientos agronómico y biológico para establecer cuál de ellos es plástico. El diseño experimental fue el de parcelas divididas con tres repeticiones. Los genotipos fueron ubicados en las parcelas principales y en las subparcelas las distancias de siembra. La densidad de siembra influyó sobre los componentes de rendimiento número de vainas peso de 100 granos y el índice de cosecha. La interacción genotipo y distancias de siembra fue significativa para los rendimientos. El número de semillas por vaina no fue modificado por las distancias de siembra. El número de vainas, el peso de 100 granos y los rendimientos variaron por efecto de las distancias de siembra en forma lineal positiva en forma significativa demostrando que son plásticos y pueden ser usados para selección de genotipos. El rendimiento agronómico y biológico difirieron estadísticamente para los genotipos L34213, L (Diacol Andino x 31605) y cv ICA Tundama.

Palabras clave: *P. vulgaris*, componentes de rendimiento, densidad de siembra.

STUDY OF PHENOTYPIC PLASTICITY OF COMMON BUSCH BEAN INDETERMINATED (*P. vulgaris* L.)

Abstract

An experiment was established in the research center Corpoica - Tibaitata to evaluate the effect of three planting distances on three genotypes of bean indeterminate type II. One distance between row (0.60m) and tree distances between plants (0.1, 0.20 and 0.3 m), which resulted in populations from 55'556 to 166'667



69

plants. ha⁻¹ Objectives of the study were analyze plant density and yours its effect on yield components, agronomic and biological yield. Effects of genotypes x distances were significantly by agronomic and biological yield. The experimental design randomized complete blocks in a split plots arrangement, with three replications, was used. Genotypes used whole plots and planting density treatments in strips across the whole plots. The population density influenced plant pods number, 100 grain weight and Harvest Index. A negative lineal effect of the distances between plants on yield was found ($P \leq 0.01$). Number of seeds per pod not modified by the effect of the distances between plants. The number of pods, weight of 100 grain weight and the yield varied by the distances between plants (positive lineal effect $P \leq 0.01$), were plastic and they used for better genotypes selection. The agronomic and biological yield was not statistically the same for the lines: L 34213, L (D. A. x 31605) and cv ICA-Tundama.

Key words: *P. vulgaris*, yield components, plant density.

*Para citar este artículo: Quevedo G E, Arévalo G ME, Cancino E GO. Estudio de la plasticidad fenotípica en cultivares de frijol arbustivo indeterminado (*Phaseolus vulgaris* L.). Bistua.2014.12 (1):68-80

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Cancino Escalante GO. Departamento de Biología y Química, Universidad de Pamplona, Norte de Santander. email: gcancino@unipamplona.edu.co

Recibido: Octubre 30 de 2013 Aceptado: Abril 30 de 2014



INTRODUCTION

Las producciones de frijol en América Latina y África son bajas, debido a factores ambientales, como la sequía y culturales como las densidades de siembra como en el nordeste del Brasil, la costa peruana, el norte de la zona montañosa de México y en algunas partes de África. Es fuente de proteína en la dieta de setecientos millones de personas en el mundo (Balamaze *et al.*, 2008), una apropiada densidad de cultivo puede incrementar las habilidades competitivas del frijol por los efectos sobre PW y PSPS (Moniruzzaman *et al.*, 2009; Pawar *et al.*, 2007). En este aspecto la plasticidad fenotípica, juega un papel importante ya que es la aptitud de un genotipo dado, para variar fenotípicamente bajo diferentes ambientes, esta variación consiste en cambios morfológicos sobre NOVA, PS100S, IC (Sadras *et al.*, 2009). La plasticidad es específica para un carácter y la relación de influencia de un medio ambiente (Sadras *et al.*, 2009). Dentro de los componentes de rendimiento en frijol, NOSE es poco plástico, en cambio, otros como NOVA, son plásticos, cuando se impone un estrés por alta densidad poblacional (Sadras *et al.*, 2009). El presente estudio abre un campo nuevo de conocimiento, para la selección en frijol de genotipos arbustivos de clima frío de crecimiento indeterminado estableciendo su conocimiento con la plasticidad fenotípica, bajo el efecto de un factor externo de agobio como es la densidad, evaluando cambios en los componentes primarios de

producción y rendimiento agronómico por planta (Balarezo, *et al.*, 2009). El objetivo del estudio fue analizar el efecto de la densidad de siembra sobre los componentes de rendimiento y los rendimientos agronómico y biológico para establecer cuál de ellos es plástico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El ensayo se efectuó en la granja de Corpoica localizada en Mosquera (Cundinamarca), a 4° 42' de latitud norte y 74 ° 12' de longitud oeste, a una altura de 2543 msnm, temperatura de 14 °C, precipitación media anual de 600 mm, brillo solar promedio de 5,9 horas diarias y humedad relativa del 80%. Las características fisicoquímicas del suelo fueron: textura franco arcillosa; pH 5,50; materia orgánica 4 %; P 33 ppm; CIC 19,40 meq/100g; Ca 14,40 meq/100g; Mg 3,12 meq/100g; K 0,13 me/100g; Na 0,80 meq/100g; Fe 85 ppm; B 0,92 ppm; Cu 2,20 ppm; Mn 35,30 ppm; Zn 24,4 ppm; C. E. 0,96 mmhos/cm.

Genotipos Estudiados

Variedad ICA- Tundama, líneas L 34213 y D. A. x 31605. Las características se describen en la tabla 1.

Diseño Experimental

El diseño experimental empleado fue parcelas divididas con tres (3) genotipos (ICA- Tundama, L 34213 y D. A. x 31605) que se ubicaron en la parcela principal y tres (3) densidades en las subparcelas. Las cuales se dispusieron en diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las densidades de



71

siembra correspondieron a las siguientes poblaciones de plantas:

Tratamiento 1 (T_1): 167000 plantas. ha^{-1} (0,60 m entre surcos por 0,10 m entre plantas).

Tratamiento 2 (T_2): 84000 plantas. ha^{-1} (0,60 m entre surcos por 0,20 m entre plantas).

Tratamiento 3 (T_3): 55556 plantas. ha^{-1} (0,60 m entre surcos por 0,30 m entre plantas).

Se obtuvieron un total de veintisiete unidades experimentales constituidas por tres tipos de parcelas debido a las diferencias entre las densidades de siembra y la cantidad de plantas requeridas para el muestreo: 25,2 m^2 (7 surcos a 1 m x 6 m de largo); 46,2 m^2 (13 surcos a 1 m x 6 m de largo) y 61,2 m^2 (18 surcos a 1 m x 6 m de largo). El área total del ensayo fue de 2159 m^2 .

Siembra

La semilla de frijol se sembró en campo y el manejo de la fertilización se hizo de acuerdo al análisis de suelos, aplicando a los 35 DDE (días después de la emergencia del cultivo) fosfato diamónico $(NH_4)_2 HPO_4$ (21-53-0), a los 40 DDE KCl (0-60-0). En relación al manejo de enfermedades se controlaron los ataques a los 0, 40, 45, 60, 80 y 90 DDE. Se realizó un control de plagas insectiles en los períodos secos que se presentaron durante el ciclo de cultivo a los 7, 70, 90 y 105 DDE. Se controlaron las siguientes arvenses: *Pennisetum clandestinum* Hochst, *Raphanus raphanistrum* L. y *Lolium temulentum* L. a los 0,15, 30 y 60 DDE, con extracción mecánica de Estolones, rizomas, macollas y plántulas de

rábano, y aplicación de fluazipop – butil para el control de *Lolium*.

Variables evaluadas

Componentes del rendimiento

Las componentes fueron peso de cien granos en g (PS100S) o tamaño de las semillas, el número de vainas por planta (NOVA) y número de granos por vaina (NOSE). Las observaciones se efectuaron con base en el promedio de 10 plantas tomadas al azar por parcela al momento de la cosecha. Adicionalmente se asumió como vaina verdadera aquella que represento 2 o más granos completamente formados.

Rendimientos e índice de cosecha

El rendimiento agronómico por planta (PSPS) se obtuvo al muestrear al momento de la cosecha (180 DDE), con 10 plantas en plena competencia por parcela. Se determinó la producción de granos por planta en g., el peso seco de la planta al momento de la cosecha (PW) y el índice de cosecha (IC): se calculó del cociente del PSPS y PW.

Análisis de la Información

La información se analizó estadísticamente mediante un análisis de varianza para determinar diferencias entre genotipos, densidades de siembra tomando y su interacción. Se utilizó el software Statistical Analysis System (SAS) versión 9.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de 100 granos en gramos (PS100S)

No se presentaron diferencias significativas entre los genotipos ni



72

efecto de la interacción GxD (Genotipo por densidad) tal como lo hallado por (Pawar *et al.*, 2007), pero si entre las densidades de siembra como se ha encontrado en otros trabajos (Vidal *et al.*, 2007; Ghadiri y Bayat, 2004) su valor vario con las distancias desde 46,90 g para D₁, 51,90 para D₂ y 54,17 g para D₃, con un efecto exponencial. La disminución en PS100S a D₁ se debió a las presencia de alta densidad poblacional con mayor número de ramas por metro cuadrado, con ese aumento de la competencia y demanda poblacional por fotoasimilados lo que llevo a que se formaron semillas más pequeñas con respecto a las otras poblaciones. Lo anterior indica que una menor densidad propicia una mayor formación de grano, mostrando así, que este componente, para estos genotipos está influenciado por el medio ambiente y es plástico ante cambios del ambiente (Espinoza Montesinos, 2009), esto nos confirmaría que a mayor densidad de siembra en los genotipos causa una reducción en PS100S (figura 1). El incremento logrado en PS100S por el proceso de domesticación en los genotipos analizados es evidente ya que aumentó en 9 veces comparado con los materiales silvestres que los originaron tal como lo hallado por (Lépiz *et al.*, 2010). El arreglo de siembra rectangular pudo generar agobio sobre las plantas, debido a las distancias cortas entre las plantas y al tipo de crecimiento arbustivo II, situación que se expresó en cambios en PS100S y en una positiva y

significante efecto sobre el PSPS debido a su alta heredabilidad como lo encontrado en otros trabajos como se muestra en la tabla 3 (Araméndiz *et al.*, 2011; Farinelli e Borges, 2010; Morales *et al.*, 2008). PS100S puede ser utilizado para escoger accesiones de frijol presentes en bancos de germoplasma (Silva *et al.*, 2011). El PS100S se correlaciono significativamente con el PW, NOVA y PSPS y no se correlaciono con el NOSE que es dependiente en su comportamiento de la información genética de los genotipos.

Número de vainas (NOVA)

NOVA vario a un nivel altamente significativo ($P < 0,01$) con un efecto lineal para las distancias, con valores de 16 vainas para D₁, 39 para D₂ y 63 para D₃. No hubo diferencias estadísticas entre genotipos ni fue significativa la interacción GxD. NOVA al momento de la madurez fisiológica determina el número de granos por planta e indica que el NOVA esta correlacionada con el PSPS y es útil en la selección de líneas superiores de frijol (Medel *et al.*, 2012; Araméndiz *et al.*, 2011; Farinelli e Borges, 2010; Moniruzzaman *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.*, 2009). En materiales silvestres el NOVA es mayor que en los domesticados y es por efecto de compensación entre los componentes de rendimiento; es decir, al aumentar PS100S, se reduce NOVA y NOSE (Lépiz *et al.*, 2010).

Por lo tanto NOVA es uno de los componentes de rendimiento plásticos que determina el PSPS (figura 2 y tabla 2) y se ha



demostrado en otros trabajos (Kazemi *et al.*, 2012; Farinelli e Borges, 2010; Lépiz *et al.*, 2010; Castañeda *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2008). La producción de NOVA disminuye con el aumento de la densidad en plantas de crecimiento tipo I y también en los arbustivos de tipo II, que están sujetos a mayor tensión competitiva (Medel *et al.*, 2012; Castañeda *et al.*, 2009). El genotipo que presenta mayor NOVA, también presenta lo más altos rendimientos pese a que no hubo diferencias estadísticas, indicando que a mayor NOVA el rendimiento se incrementa (Espinoza Montesinos, 2009).

El NOVA se correlaciona positivamente con el PSPS (tabla 3), la caída de las vainas se da al inicio de la floración del cultivo y depende de la duración de esta fase reproductiva y del genotipo (Aguilar *et al.*, 2012). En frijoles de crecimiento indeterminado, continúa la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas (Castañeda *et al.*, 2009). Las flores que aparecen primero tienen menor porcentaje de caída y por lo tanto producen más NOVA, mientras que las flores que se desarrollan después del período de máxima floración presentan mayor porcentaje de caída floral, la demanda de fotoasimilados por las vainas, es mayor que la fuente; en consecuencia, se producirá un aborto de flores y frutos (Chavarin *et al.*, 2008). El frijol arbustivo tipo II

parece que tuvo mecanismos mediante los cuales NOVA fueron llenadas y se ajustó a la provisión de fotoasimilados, asegurando el llenado de los granos que pudiera sostener (Castañeda *et al.*, 2009).

Número de semillas por vaina (NOSE).

Para NOSE la interacción densidad por genotipo no fue significativa tal como lo hallado por (Pawar *et al.*, 2007), permitió observar diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$) entre L_1 con respecto a T y L_2 . NOSE para T varío desde 2,60 a D_1 , 2,73 a D_2 y 2,70 a D_3 , para la L_1 varío de 3,20 a D_1 , 3,20 a D_2 y 3,12 a D_3 y para la L_2 varios de 2,93 a D_1 , 3,02 a D_2 y 2,92 a D_3 . NOSE no fue significativo para las tres distancias de siembra lo cual nos indicó que este componente no es plástico (figura 3). y está asociado a la información de los genotipos y poco nos dice respecto al comportamiento fisiológico del rendimiento agronómico ante cambios de la densidad y concuerda con lo hallado en otros estudios (Ghadiri and Bayat, 2004). Comparando el valor de NOSE entre frijoles de dos hábitos de crecimiento diferentes, plantas con el crecimiento tipo II producen más semillas por vaina que los de tipo I, pero estas sin embargo, no compensan el efecto que producen en el PSPS una mayor densidad de plantas por hectárea (Lépiz *et al.*, 2010). El NOSE no se correlaciona con algún componente de rendimiento, lo cual indica que este componente no es útil para explicar



las diferencias entre densidades para los tres genotipos.

Materia seca total de la planta (PW)

El análisis de varianza mostró diferencias entre las distancias y los genotipos. El mayor PW lo obtuvo el L₁ con respecto a L₂ y T (figura 4). PW vario para T desde 41g a D₁, 110 a D₂ y 184 g a D₃, para L₁ vario de 49g a L₁, 116 a D₂ y 200 g a D₃ y para L₂ vario desde 35g a D₁, 144 a D₂ y 164 g a D₃. PW siguió la misma tendencia que PSPS, donde L₁ tuvo mayor PW, siendo también el genotipo de mayor PSPS (figura 5). PW se incrementó a medida que la densidad de siembra decreció, ajustándose a la habilidad de la planta para habitar diferentes sitios en la población, tendencia encontrada en otras leguminosas (Kazemi *et al.*, 2012; Kouass and Zoro, 2010; Pawar *et al.*, 2007) y puede ser usado como criterio de selección por ser una variable plástica del cultivo (Firincioğlu *et al.*, 2010). Se observó una estrecha relación entre la disminución de la distancia entre planta y PW, es decir hubo interacción entre ambos factores GxD, lo que indicaría la posibilidad de identificar genotipos con mayor adaptabilidad a las distancias de cultivo envueltas en el estudio usando este rendimiento (Ribeiro *et al.*, 2009). El PW cambio bajo los efectos de la densidad de siembra y está asociado a la variación de los genotipos (figura 4), manteniendo relación directa con PSPS (Firincioğlu *et al.*, 2010; Kouass and Zoro, 2010).
Rendimiento por planta (PSPS)

El análisis de varianza mostró diferencias en PSPS entre las líneas T, L₁ y L₂ y para las distancias de siembra hubo un efecto lineal (figura 5). Este resultado tiene una significancia en el comportamiento y expresión del PSPS en plantas con hábitos de crecimiento II (Medel *et al.*, 2012; Kazemi *et al.*, 2012; Eckert, *et al.*, 2011; Kouass and Zoro, 2010). Vario para T desde los 22 g a D₁, 53 a D₂ y 87 a D₃, para la L₁, vario desde los 26 g a D₁, 55 g a D₂ y 113 g a D₃ y para L₂ vario desde los 18 g a D₁, 58 g a D₂ y 86 g a D₃. Se observó una estrecha relación entre la disminución de la distancia entre planta y PSPS, es decir hubo interacción entre ambos factores, lo que indicaría la posibilidad de identificar genotipos con mayor adaptabilidad a las distancias de cultivo envueltas en el estudio (Ribeiro *et al.*, 2009). En otras especies semestrales se ha encontrado que el factor más importante que incide sobre PSPS es la densidad de siembra (Kouass and Zoro, 2010).

El genotipo L₁ rindió más por planta y por hectárea a D₃, con 55'556 plantas/ha debido a su efecto compensatorio por un mayor valor en PS100S y NOVA, contrastando con los otros dos genotipos en donde PSPS no presento diferencias estadísticas para las poblaciones T y L₂ (figura 5). Existe una alta correlación entre PW y PSPS (tabla 3 y Figuras 4 y 5) lo que concuerda con lo hallado por (Firincioğlu *et al.*, 2010).



Los cultivares determinados están sujetos a bajo estrés competitivo y pueden llegar a producir entre 10,4 a 15,5 t ha⁻¹ (Vidal *et al.*, 2007), en contraste los de hábito de crecimiento indeterminado a altas densidades en el ensayo produjeron de 4,78 a 6,28 t ha⁻¹. PSPS decrece a bajas poblaciones de genotipos de crecimiento determinado, no así en los genotipos indeterminados evaluados en el ensayo, lo que indica que los componentes y la arquitectura de la planta diferencian los genotipos de crecimiento determinado de los de crecimiento indeterminado que presentan mayor plasticidad (González *et al.*, 2008; Esquivel *et al.*, 2006).

A altas densidades de siembra en el cultivo de frijol tipo II producirán menores NOVA y PS100S, La explicación de este comportamiento, podría hallarse por lo dicho por Espinoza Montesinos, (2009) quien indica que el uso de la densidad óptima de siembra es aquella que permite obtener el más alto PSPS por unidad de área. Además presento correlaciones positivas y altamente significativas ($P < 0,01$) con el PW, NOVA, PS100S, con el IC presento una baja correlación positiva. La correlación del rendimiento agronómico con la PW se explicó, por qué el rendimiento agronómico, corresponde a altos porcentajes de PW y vario en este ensayo entre el 48% hasta el 56 %. La NOVA presentó una correlación positiva y altamente significativa con el PW, PSPS y PS100S (tabla 3) y se debe a que a un mayor NOVA, hay un mayor

número de semillas por planta y en consecuencia un mayor PSPS como lo encontrado por (Parvizi *et al.*, 2009).

PSPS estuvo asociado con los componentes y rendimiento más plásticos como el PS100S, NOVA, PW e IC (tabla 3). En otras palabras La NOVA, el PS100S, el IC y la PW fueron bastantes plásticas y pueden ser utilizadas en una función que exprese el PSPS ante cambios de la densidad para los tres genotipos (tabla 2). El PSPS se correlaciono en forma significativa con el PW, NOVA y PS100S (tabla 3) y presento una baja correlación con el IC y no se correlaciono en forma alguna con el NOSE, lo que indico que este último componente no vario ostensiblemente al existir cambios de densidad pero si mostro cambios debido a la información genética de los materiales de frijol. Como podemos observar los componentes primarios y rendimientos PW, NOVA y PS100S explicaron mejor la plasticidad, para frijoles de crecimiento indeterminado de clima frío y podrían ser usados como indicadores para escoger materiales promisorios de hábito de crecimiento tipo II (Silva *et al.*, 2011). Estos componentes y el hábito de crecimiento y su influencia sobre PSPS han sido empleados por varios autores para estimar el PSPS (Araméndiz *et al.*, 2011).

Índice de cosecha (IC)

El análisis de varianza para el IC, no fue significativo para el tipo de genotipo, en cambio sí se presentó un efecto de la densidad poblacional a un nivel cuadrático (figura 6), y ha



sido reportado con el mismo comportamiento (Kasemi *et al.*, 2012). Para las tres densidades un aumento en el espaciamiento, produce inicialmente disminución en el IC y luego aumento indicándonos que es plástico ante los cambios poblacionales (figura 6), el menor valor se obtuvo a D₂ con 0,51 y el más alto valor a D₃ con 0,54, esta fue la distancia de mayor PSPS.

El IC se puede utilizar como criterio de selección de genotipos, aunque algunos autores como Daie, 1985 dicen que pese a que el IC integra factores fenológicos y fisiológicos, no provee ayuda en el conocimiento del crecimiento del cultivo. El IC se correlaciona positivamente con PW, NOVA y PSPS (Firincioğlu *et al.*, 2010; Morales *et al.*, 2008). No se correlaciona con el NOSE y presenta un comportamiento diferente ante el efecto ejercido por la densidad (figura 3 y figura 6). Sirvió para establecer una función de producción agronómica al momento de la cosecha y explicar los cambios impuestos por la densidad sobre el PSPS (tabla 2).

El IC de los frijoles tipo II, es mayor que el que presentan los frijoles de crecimiento determinado, ya que al tener un mayor ciclo de cultivo, la radiación interceptada es mayor y por lo tanto, se incrementa la producción de fotoasimilados, los cuales al ser exportados a las vainas contribuyen a incrementar el IC (Morales, *et al.*, 2008). El IC como indicador de distribución de la materia seca puede ser usado para escoger genotipos por PSPS.

CONCLUSIONES

Para los tres genotipos, la densidad de siembra afectó significativamente al número de vainas por planta (NOVA), rendimiento por planta (PSPS) y tamaño de la semilla (PS100S) siendo estos componentes los más plásticos, mientras que el promedio de semillas por vaina (NOSE) no fue afectado.

El rendimiento agronómico se relacionó en forma altamente significativa ($P < 0,01$) con los componentes primarios de producción número de vainas (NOVA), peso de cien granos (PS100S) y materia seca por planta (PW).

Referencias

Aguilar-BG, Peña-Valdivia CB, García-Nava JR, Ramírez-Vallejo P, Benedicto-Valdés SG, Molina-Galán JD (2012) Rendimiento de frijol (*P. Vulgaris* L.) En relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia* 46: 37-50.

Araméndiz -TH, Espitia MC, Sierra CM (2011) Comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí *Vigna unguiculata* L. Walp en el valle del Sinú. *Temas agrarios* 16(2): 9-17.

Balamaze J, Muyanga JH, Kyamuhangire WM, Kikafunda JK, Nakimbugwe D, Ugen M (2008) Influence of variety, growth location and storage Conditions on development of hard-to-cook defect in Common bean (*P. Vulgaris*. L). *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development* 8(3): 16 p.



77

Balarezo JC, Camarena MF, Baudoin JP, Joaquin AH, Sevillano RB (2009) Evaluación agromorfológica y caracterización molecular de la ñuña (*P. vulgaris* L.). IDESIA 27(1): 29-40

Castañeda-Saucedo MC, Cordova-Tellez I, Gonzalez-Hernandez VA, Delgado-Alvarado A, Santacruz-Varela A, Garcia-De los Santos G (2009) Comportamiento fisiológico, rendimiento y calidad de semilla de frijol sometido a sequía. Interciencia 34 (1): 748-756.

Chavarín Espinoza, Iris Etlvina, Rogelio, Lépiz Ildelfonso y José de Jesús, López Alcocer (2008) Fenología y acumulación de materia seca en variedades de frijol arbustivo de diferente hábito de crecimiento. p 25-30. En: Memorias. XIX semana de la investigación científica. Avances en la investigación científica en Cuba. SP.

Daie J (1985) Carbohydrate Partitioning and Metabolism in Crops. Horticultural Reviews 7: 69 – 08.

Eckert FR, Kandel HJ, Johnson BL, Rojas-Cifuentes GA, Deplazes C, A. J. Vander Wal AJ, Osorno JM (2011) Seed Yield and Loss of Dry Bean Cultivars under Conventional and Direct Harvest. Agronomy Journal 103(1): 129-136.

Espinoza Montesinos, Edgar Amador (2009) Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de frijol canario cv. Centenario (*P. vulgaris* L.) Por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Tesis para optar el grado de: Magíster Scientiae, Especialidad de Producción Agrícola. Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Postgrado. Lima, Perú. 179 p.

Esquivel EG, Acosta GJA, Rosales SR, Pérez HP, Hernández CJM, Navarrete RM, Muruaga MJS (2006) Productividad y adaptación del frijol ejotero en el valle de México. Revista Chapingo Serie Horticultura 12(1): 119-126.

Farinelli R, Borges LL (2010) Características agronômicas de genótipos de feijoeiro cultivados nas épocas da seca e das águas. Bragantia 69(2): 361-366.

Firincioğlu HK, Ünal S, Erbektaş E, Doğruyol I (2010) Relationships between seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa ssp. sativa*) populations sown in spring and autumn in central Turkey. Field Crops Research 116: 30–37.

Ghadiri H, Bayat ML (2004) Effect of Row and Plant Spacings on Weed Competition. Journal of Agricultural Science and Technology 6: 1-9.

González TG, Mendoza HFM, Covarrubias PJ, Morán VN, Acosta Gallegos GJA (2008) Rendimiento y calidad de semilla de frijol en dos épocas de siembra en la región del bajo. Agricultura Técnica en México 34 (4): 421-430

Kazemi E, Naseri R, Karimi Z, Emami T (2012) Variability of Grain Yield and Yield Components of White Bean (*P. vulgaris* L.) Cultivars as Affected by Different Plant Density in Western Iran. American EurAsian journal of Agricultural and Environmental Sciences 12 (1): 17-22.

Kouass NJ, Zoro IA (2010) Effect of sowing density and seedbed type on yield and yield components in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) in



woodland savannas of cote d'ivoire. Experimental Agricultural. 46 (1): 99–110.

Lépiz IR, López JJA, Sánchez JJG, Santacruz FR, Nuño RR, Rodríguez Guzmán EG (2010) Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. Fitotecnia Mexicana 33 (1): 21–28.

Medel CCI, Torres BMJ, Sánchez Hernández MÁH, Parra MLL, Cancino SJ, Gómez AV, Hernández AG (2012) Evaluación de la distancia entre plantas sobre el rendimiento y calidad de semilla de *Clitoria ternatea* L. CV. Tehuana. Tropical and Subtropical Agroecosystems 15: 489 – 497.

Moniruzzaman IM, Halim GMA, Firoz ZA (2009) Performances of French bean as influenced by plant density and nitrogen application. Bangladesh Journal of Agricultural Resource 34(1): 105-111.

Morales-Rosales EJ, Escalante-Estrada JAS, López-Sandoval JA (2008) Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*P. vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). Universidad y Ciencia 24(1):1-10.

Parvizi S, Amirnia, Bernoosi RI, Hasanzadeh GA, Feghnabi F, Saber-Rezaie M, Taheri Asbag F, Eizadkhah M, Rahimi S (2009) Evaluation of Different Plant Densities Effects on Grain Filling Rate and Durantion, Yield and Its Components in Pinto Bean Varieties. Research Journal of Biological Sciencies 4(4): 499-502.

Pawar SU, Kharwade ML and Awari HW (2007) Effect of Plant Density on Vegetative Growth and Yield

Performance of Different Varieties of French Bean under Irrigated Condition. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 20 (3):684-685.

Peloso EM, De Souza Magaldi C (2012) Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. Bragantia 71 (2):165-172.

Ribeiro EH, Gonzaga MP, De Souza KC, De Paiva SFJ (2009) Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de linhagens endogâmicas recombinantes de feijoeiro comum (*P. vulgaris* L.). Ceres 56 (5): 580-590.

Sadras VO, Reynolds MP, De la Vega AJ, Petrie PR, Robinson R (2009) Phenotypic plasticity of yield and phenology in wheat, sunflower and grapevine. Field Crops Research 110: 242–250.

Silva CPD, Bastos STC, Barcelos LPA, Bastos SJ, Da Silva JA. (2011) Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*P. vulgaris* L.) e seus componentes. Ciência Agrônômica 42 (1): 132-138.

Vidal VL, Junqueira AMR; Peixoto N, Moraes EA (2007) Desempenho de feijão-vagem arbustivo, sob cultivo orgânico em duas épocas. Horticultura Brasileira 25 (1): 10-14.



Tabla 1. Características morfoagronómicas de los genotipos de este estudio

Genotipos	ICA-Tundama	L 34213	L (Diacol andino x 31605)
Hábito de crecimiento arbustivo	tipo II	tipo II	tipo II
Ciclo de vida (días)	170	180	180
Color del grano	Rojo moteado de crema	Rojo moteado de crema	Rojo moteado de crema
No de nudos por planta	15	15	14
Altura del tallo principal (cm)	60	60	60
Días a floración después de la emergencia	80-90	80-90	80-90

Tabla 2. Modelo de la función del Rendimiento Agronómico (PSPS) para los componentes de rendimiento evaluados al momento de la cosecha.

VARIABLE DEPENDIENTE, PSPS (Rendimiento por planta)					
FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F	PR>F
Modelo	3	24148,52	8049,51	4322,79	***
Error	32	59,59	1,86		
Total	33	24208,10			
PSPS	47,23				
R²	0,99				
C. V.	2,89				
Estimación de los parámetros del modelo					
Parámetros (β _i)	Estimación	Error E	Valor de t	Ho: β _i =0	PR> t
Intercepto	-31,96	4,23	-7,56		***
PW	0,33	0,04	9,17		***
PS100S	0,10	0,04	2,77		**
IC	60,39	8,82	6,85		***

***: Altamente significativo; **: Muy significativo. C. V.: Coeficiente de variación; G.L.: Grados de libertad; S.C.: Suma de cuadrados y C.M.: Cuadrado medio.

Tabla 3. Matriz de correlación lineal simple mostrando los valores entre los componentes de rendimiento y el índice de cosecha para los tres genotipos.

	NOVA	PSPS	IC	PS100S
PW	0,78	0,82	0,31	0,97
	0,0001	0,0001	0,068	0,0001
	**	**	*	**
NOVA	1,00	0,98	0,41	0,74
	0,0	0,0001	0,012	0,0001
		**	*	**
PS100S		0,99	0,47	1,0
		0,0001	0,0041	0,0
		**	**	
PSPS		1,00	0,48	0,77
		0,0	0,003	0,0001
			**	**

*: Significativo.

** : Muy significativo.

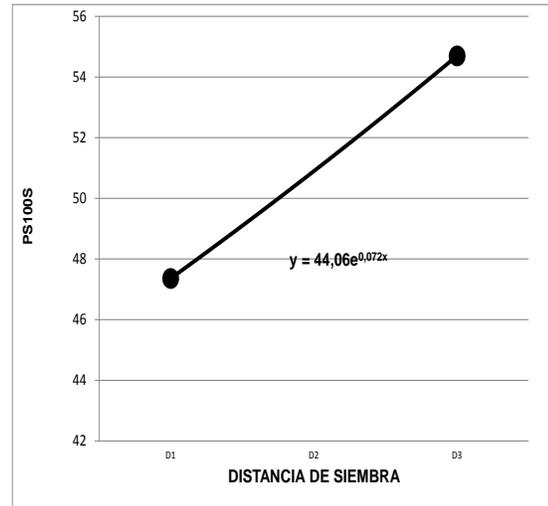


Figura 1. Tendencia del componente de rendimiento peso de 100 granos.

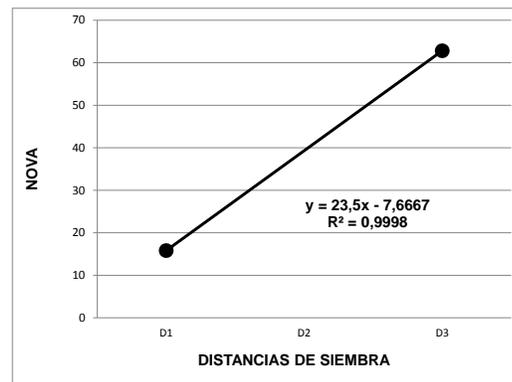


Figura 2. Tendencia del componente de rendimiento número de vainas.

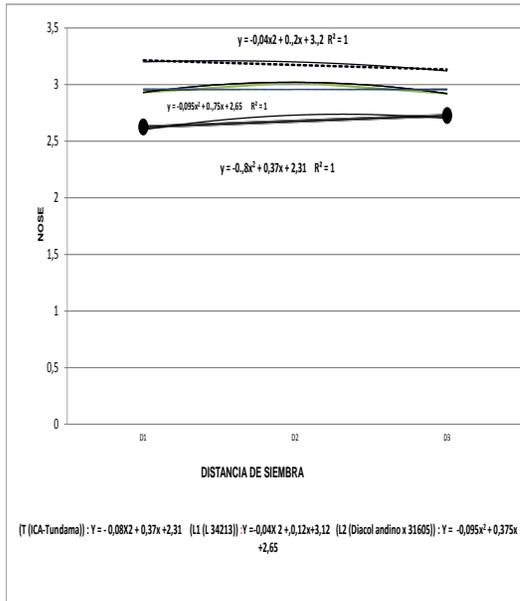


Figura 3. Tendencia del componente de rendimiento número de granos por vaina.

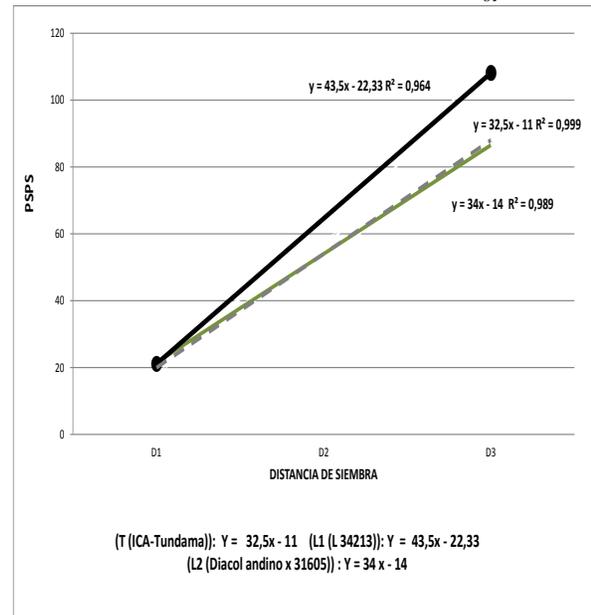


Figura 5. Tendencia del rendimiento agronómico.

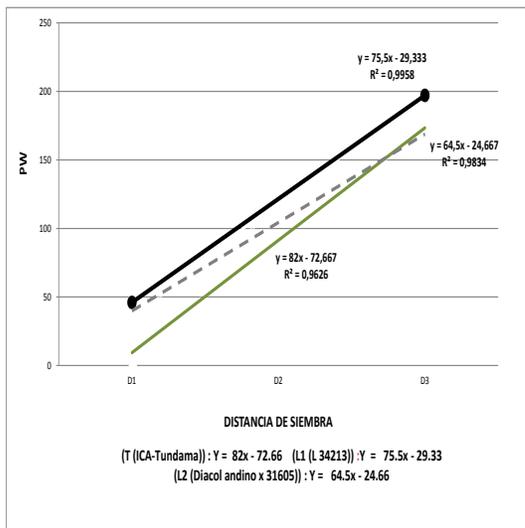


Figura 4 Tendencia del rendimiento materia seca.

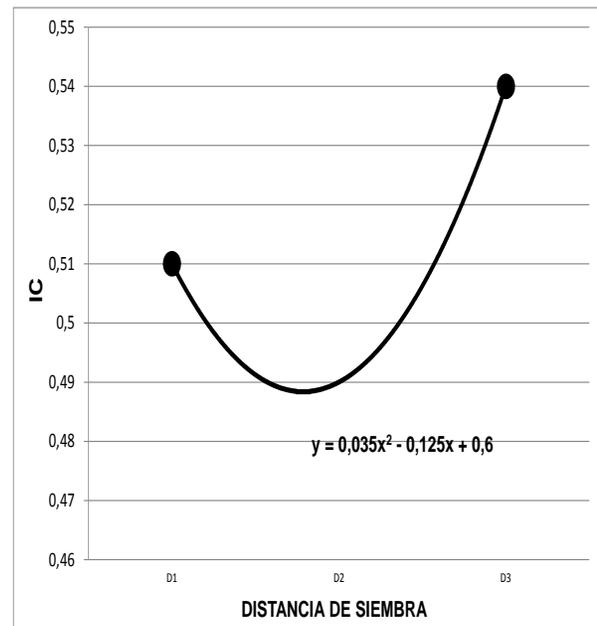


Figura 6. Tendencia del índice de cosecha.