

EVALUACIÓN DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA EN SIETE LÍNEAS PROMISORIAS DE ARVEJA ARBUSTIVA (*Pisum sativum* L.)

EVALUATION OF FOUR DENSITIES OF SOWING IN SEVEN PROMISSORY LINES OF BUSH PEA (*Pisum sativum* L.)

Liliana Casanova E.¹, Johana Solarte L.¹, Oscar Checa C.²

Fecha de recepción: Octubre 15 de 2011

Fecha de aceptación: Enero 30 de 2012

RESUMEN

La investigación se realizó en la granja LOPE del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA ubicada en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño; el objetivo fue evaluar el efecto de cuatro densidades de siembra sobre el periodo vegetativo y los componentes de rendimiento de siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. La parcela principal correspondió a las líneas de arveja arbustiva y las subparcelas a las densidades D1= 666666; D2= 333333; D3= 250000 y D4=200000 plantas por hectárea. No se observó un efecto significativo de las densidades de siembra evaluadas sobre las variables altura de la planta, días a cosecha en vaina verde y días a cosecha en grano seco. La densidad de 200000 plantas por hectárea superó en rendimientos en vaina verde a la densidad de 666666 plantas por hectárea. Las densidades de 333333, 250000 y 200000 plantas por hectárea mostraron mayores rendimientos en grano seco con respecto a la densidad de 666666 plantas por hectárea. Las variables número de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento en vaina verde, rendimiento en grano seco y peso de 100 semillas, fueron afectados negativamente por la mayor densidad de siembra.

Palabras claves: Crecimiento determinado, componentes de rendimiento, período vegetativo, población, interacción, producción.

¹ Ingenieras Agrónomas, Universidad de Nariño. Grupo de Investigación en Cultivos Andinos., Pasto, Colombia lilicase@yahoo.com
² Profesor Asociado I.A. Ph. D Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Grupo de Investigación en Cultivos Andinos. Pasto, Colombia. ocheca@udenar.edu.com

ABSTRACT

This investigation was carried out in the Lope farm of the National Service of Learning, SENA, located in the Municipality of Pasto, department of Nariño, with the aim of evaluating the effect of four densities of sowing on the vegetative period and the yield components of seven promissory lines of bush pea (*Pisum sativum* L.). A design of complete randomized blocks with an arrangement of split plots was used, corresponding to the main plots the lines of bush pea, and the sub-plots to four densities of plants by hectare: D1 = 666666; D2 = 333333; D3 = 250000 and D4 = 200000. According to the analysis of results it was not observed a significant effect of the densities of sowing on the variables: height of plants, days to green pod harvest and days to dry grain harvest. Density of 200,000 pl/ha (D4) showed a higher performance of green pod yield than the density of 666,666 pl/ha (D1). Densities of 333,333 (D2), 250,000 (D3) y 200,000 (D4) pl/ha showed higher yield of dry grain respect to density of 666,666 pl/ha. The variables: number of pos per plant, number of grains per pod, green pod yield and dry weight of 100 seeds were negatively affected by the highest density 666,666 pl/ha.

Key words: determinate growth, yield components, vegetative period, population, interaction, production of peas.

INTRODUCCIÓN

La viabilidad de la arveja arbustiva como cultivo alternativo, ha sido demostrada en otros países de Suramérica, entre ellos Chile y Argentina y en los últimos años se observan cultivos de arveja arbustiva en Ecuador en regiones agroecológicas similares a las de Nariño (Colombia). Este tipo de arveja tiene la posibilidad de ser evaluada para producción en vaina verde y en grano seco, siendo esta última, una interesante opción para sustituir importaciones, ya que la cosecha nacional está orientada a satisfacer la demanda de producto en fresco y la demanda del producto seco se cubre mediante importaciones. Según Fenalce (2010a), las importaciones de arveja seca para el año 2010, ascendieron a 32707 toneladas y proceden principalmente de Canadá siendo aun de baja calidad.

En el país, la arveja es la segunda leguminosa de mayor importancia, además ha sido un factor estabilizador de la economía de los peque-

ños productores de la zona andina, y ha contribuido a su seguridad alimentaria. El cultivo de la arveja es generador de empleo, pues requiere una cantidad importante de mano de obra, dado el número de labores culturales que se deben realizar para su producción. Se estima que este cultivo del cual depende más de 26000 productores, genera alrededor de 2,3 millones de jornales y 15000 empleos directos (Fenalce, 2010b).

La arveja se constituye en una buena alternativa de diversificación en la zona triguera de Nariño, por su capacidad de adaptación, alto potencial de rendimiento y por la posibilidad de realizar la cosecha en vaina verde o en grano seco, dependiendo de las condiciones del mercado (Sañudo *et al.*, 1999). A partir del año 1995 con la entrega de la variedad mejorada de crecimiento indeterminado ICA Corpoica Sindamanoy para producción en sistemas de tutorado, la arveja en el departamento de Nariño incrementó su área sembrada a 5000 hectáreas, que constituyen el 20,52%

del área dedicada a esta leguminosa en el país (Fenalce, 2010b), representando una importante alternativa productiva en las zonas frías de la región andina. Sin embargo, unos de los aspectos que más dificultan la producción y que inciden directamente con la rentabilidad del cultivo es el establecimiento de tutorados que representan el 40% de los costos totales de la producción, además del problema ambiental debido al requerimiento de varas y postes para su construcción.

En el departamento de Nariño, existe la cultura de la producción de arveja, cuyo cultivo ha mostrado importantes cambios tecnológicos en la última década, con los cuales se ha logrado posicionar el producto en los mercados nacionales de mayor exigencia en calidad. Actualmente, la mayor parte de la producción se realiza con variedades mejoradas de crecimiento indeterminado y utilizando sistemas de tutorado. La arveja arbustiva puede constituirse en una alternativa de producción de esta leguminosa en la zona sur del departamento de Nariño con costos de producción más bajos, ya que no requiere de sistemas de tutorado. En Nariño no se ha estudiado suficientemente las posibilidades de producción de arveja arbustiva y la Universidad de Nariño cuenta con genotipos promisorios, no obstante todavía no se ha establecido las densidades apropiadas para su producción comercial.

El objetivo de la presente investigación fue la evaluación por periodo vegetativo y componentes de rendimiento de cuatro densidades de siembra en siete **líneas promisorias de arveja arbustiva en el Municipio de Pasto**.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo entre los meses de diciembre de 2009 y abril del 2010 en las instalaciones de la granja LOPE, del Servi-

cio Nacional de Aprendizaje SENA ubicada en el municipio de Pasto Departamento de Nariño; a una altura de 2612 msnm, 01°12'28" N, 77°15'06" W, temperatura promedio de 14°C, precipitación promedia anual de 841 mm y humedad relativa de 73%. (Instituto de Hidrología y Meteorología, 2002).

Material genético

Se evaluaron siete líneas de arveja arbustiva (Tab.1), que se encuentran en la colección de trabajo del Programa de mejoramiento genético de arveja.

Tabla 1. Identificación y características del grano de las líneas de arveja arbustiva evaluadas.

Identificación	Color y tipo grano	Procedencia
ILS3566	Verde liso	CorpoicaLa Selva Antioquia
UN7093	Verde rugoso	Universidad Nacional
ILS3558	Verde rugoso	CorpoicaLa Selva Antioquia
ILS3575	Verde rugoso	CorpoicaLa Selva Antioquia
UN5173	Verde rugoso	Universidad Nacional
UN5171	Verde rugoso	Universidad Nacional
UN6644	Verde rugoso	Universidad Nacional

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones, en donde la parcela principal correspondió a las siete líneas de arveja arbustiva y las subparcelas a las cuatro densidades de siembra (Tab.2). El área útil de la parcela para cada una de las unidades experimentales, se calculó descartando los surcos bordes y las plantas extremas de los surcos (Tab.3).

Tabla 2. Distancias y densidades de siembra evaluadas

Densidades	Distancia		Plantas. ha ⁻¹
	Entre surcos	Entre plantas	
D1	15	10	666666
D2	30	10	333333
D3	40	10	250000
D4	50	10	200000

Tabla 3. Dimensión de la unidad experimental y área útil para las cuatro densidades de siembra evaluadas.

Densidad	Tamaño parcela (m ²)	Surcos por parcela	Área útil (m ²)
D1	3 X 3= 9	20	2,7 X 2.8= 7,56
D2	3 X 3= 9	10	2,4 X 2.8 = 6,72
D3	3,2 X 3= 9,6	8	2,4 X 2.8 = 6,72
D4	3 X 3= 9	6	2,0 X 2.8 = 5,6

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron: Días a floración (DF): corresponde a los días desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas presentaron la primera flor abierta; días a cosecha en vaina verde (DCVV): corresponde a los días desde la siembra hasta cuando el 75% de la planta presentó llenado de granos; días a cosecha en grano seco (DCGS): se refiere al número de días desde la siembra hasta cuando el 75% de la planta mostró secamiento de la vaina; altura de la planta (AP): se tomó cinco plantas al azar de cada parcela, midiendo la distancia desde la base de la planta hasta el último foliolo y sacando el promedio; número de vaina por planta (NVP): se obtuvo contando las vainas de 10 plantas de la parcela útil tomadas al azar y registrando el promedio; número de granos por vaina (NGV): se obtuvo contando los granos en 20 vainas tomadas al azar de la

parcela útil y registrando el promedio; largo de la vaina (LV): se midió el largo de las 20 vainas en centímetros, obteniendo el promedio; peso de 100 semillas (P100S): se registró el peso de 100 granos secos en gramos con un porcentaje de humedad del 14%; rendimiento en vaina verde (RENVV): se cosechó la mitad de los surcos de la parcela útil se pesó y se llevó el rendimiento a kg.ha⁻¹; rendimiento en grano seco (RENGS): se tomó cuando el 75% de las plantas mostraron secamiento de las vainas, cosechando la mitad de los surcos de la parcela útil para llevar la producción a kg.ha⁻¹ con el 14% de humedad. El ajuste de la humedad del grano se realizó mediante la siguiente fórmula (Aguirre y Peske, 1992):

Donde: R= Rendimiento kg. ha⁻¹;
P= Producción por parcela kg;
H%= Porcentaje de humedad y
AEP= Área efectiva de la parcela

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de comparación de promedios de Tukey ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indica que para la variable DF se observó diferencias significativas entre densidades y en la interacción línea x densidad. En los caracteres AP, DCVV y CGS no se encontraron diferencias significativas para líneas y densidades, ni para la interacción línea x densidad. Por otra parte, en las variables NVP, NGV, RENVV, P100S y RGS se presentaron diferencias significativas para densidades de siembra. Finalmente, para la variable LV solo se obtuvo diferencias entre líneas de arveja, siendo no significativa para densidades y para la interacción línea x densidad. En general, la mayor parte de los componentes de rendimiento de las líneas fueron afectados por la densidad de siembra (Tab.4).

Tabla 4. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables DF, AP, NVP, NGV, LV, DCVV, RENVV, DCGS, P100S y RENGS en la evaluación de siete líneas y cuatro densidades de siembra de arveja arbustiva.

Fuente de Variación	GL	DF	AP	NVP	NGV	LV
REP	2	9,33 ^{NS}	76,54 ^{NS}	8,22 ^{NS}	2,05 ^{**}	3,85 ^{**}
LINEAS	6	31,38 ^{NS}	238,88 ^{NS}	85,55 ^{NS}	0,60 ^{NS}	2,21 [*]
Error a	12	18,66	92,59	71,84	0,27	0,48
DENSIDAD	3	2,71 ^{**}	81,83 ^{NS}	79,98 ^{**}	0,90 [*]	0,48 ^{NS}
LINEA* DENSIDAD	18	2,71 ^{**}	29,91 ^{NS}	17,91 ^{NS}	0,45 ^{NS}	0,53 ^{NS}
Error b	42	0,57	36,81	15,48	0,25	0,28
C.V		1,21	9,36	20,83	7,86	7,76
Fuente de Variación	GL	DCVV	RENVV	DCGS	P100S	RENGS
REP	2	44,33 ^{NS}	30670522 ^{NS}	60,19 ^{NS}	17,74 ^{NS}	104776 ^{NS}
LINEAS	6	37,04 ^{NS}	16489838 ^{NS}	51,04 ^{NS}	32,06 ^{NS}	95054 ^{NS}
Error a	12	36,33	18899777	54,85	11,63	136191
DENSIDAD	3	3,85 ^{NS}	13413216 [*]	6,85 ^{NS}	37,88 ^{**}	1571510 ^{**}
LINEA* DENSIDAD	18	0,85 ^{NS}	4713455 ^{NS}	1,52 ^{NS}	8,85 ^{NS}	23123 ^{NS}
Error b	42	1,28	4735629	2,28	4,81	66316
C.V		1,021	43,53	1,16	9,79	18,93

Gl= Grados de libertad; DF= días a floración; AP=altura de planta; NVP= Número de vainas por planta; NGV= Número de granos por vaina; LV= Largo de vainas; DCVV= Días a cosecha en vaina verde; RENVV= Rendimiento en vaina verde; DCGS= Días a cosecha en grano seco; P100S= Peso de cien semillas; RENGS= rendimiento en grano seco; ns = no hay diferencias; * = diferencias significativas; ** = diferencia altamente significativa

Días a floración (DF). En la Fig.1, se observa que las líneas UN6644, UN5173, ILS3558, IN7093, UN5171, e ILS3575 necesitaron entre 61,33 y 65 días para iniciar la floración, en diferencias entre las densidades dentro de cada línea, mientras que la línea ILS3566 presentó diferente comportamiento en cuanto DF presentando mayor precocidad en la densidad D1 con 56 días; en las densidades D2 y D4 obtuvo una precocidad intermedia con 60 días y en la densidad D3 fue más tardía con 62 días. En consecuencia únicamente en la línea ILS3566 se observó interacción línea x densi-

dad para esta variable. Según González y Ligarreto (2006), tanto el número de vainas como los días a floración son variables susceptibles a la densidad de población del cultivo y a las condiciones ambientales. Lo anterior solo fue observado en la línea ILS3566 de la presente investigación. Posiblemente las demás líneas evaluadas presentan una condición genética que las hace más estables para este carácter, a pesar del cambio en la densidad de población o los cambios ambientales relacionados con la heterogeneidad del suelo.

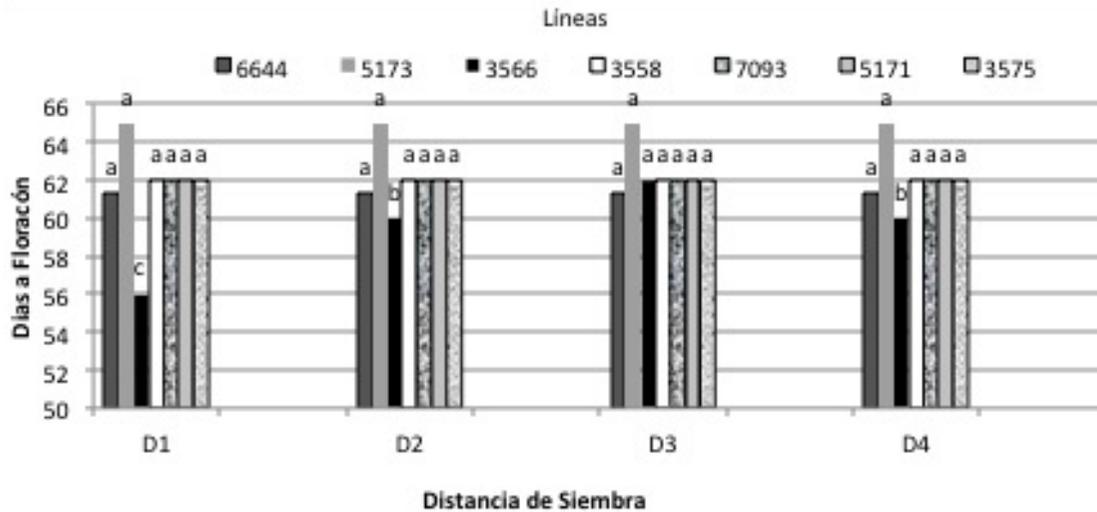


Figura 1. Interacción línea x densidad en la variable días a floración (DF).

Altura de plantas (AP). Para AP no hubo diferencia estadística entre líneas, ni entre las distancias evaluadas, lo cual concuerda con lo reportado por Bourion *et al* (2002), para quienes la expresión de la altura de la planta se atribuye principalmente a efectos genéticos y no tanto a otros factores. De acuerdo a esta afirmación las líneas promisorias de arveja arbustiva evaluadas conservaron su altura a pesar de los cambios en la densidad de siembra (Tab.5).

Según FENALCE (2006), la altura de las plantas arbustivas o de crecimiento determinado está comprendida entre 0,5 a 0,7 m. respecto a esto las siete líneas evaluadas en esta investigación se encuentran dentro de la clasificación de crecimiento determinado, por lo tanto es una característica propia de las plantas arbustivas que las hace semejantes.

Marín (1986), menciona que el genotipo es relativamente constante si se compara con la variabilidad del ambiente; sin embargo la expresión fenotípica es ampliamente influenciada por los cambios ambientales y cualquier variable que sea alterada por el medio, puede producir efectos en el crecimiento. De acuerdo con la presente investigación, el factor gené-

tico que controla la altura de la planta no fue afectada en su expresión por el ambiente que incluye a las densidades de siembra. La uniformidad observada para altura de plantas de las líneas evaluadas, no garantiza que ésta pueda mantenerse en otras localidades con ambientes contrastantes, y sólo mediante una evaluación que incluya diferentes ambientes será posible determinar si hay uniformidad genética para este carácter.

Número de vainas por plantas (NVP). Las densidades D2, D3 y D4 fueron estadísticamente similares de estas sobresalieron las densidades D3 y D4 con promedios de 20,1 y 20,25 vainas por planta, superando significativamente a D1 que alcanzó 16,05 vainas por planta. (Tab.5). Lo anterior sugiere que el incremento del número de plantas por unidad de área produjo una reducción del número de vainas por planta, lo cual es comprensible si se tiene en cuenta que a mayores densidades hay una mayor competencia por luz y nutrientes que afectaron la expresión de esta variable.

Lo anterior concuerda con Gonzáles y Ligarreto (2006), quienes afirman que el número de vainas es una variable susceptible a la densidad de población del cultivo, ya que se presenta competencia intraespecífica, de manera que

a mayor densidad habrá menor producción de vainas por planta. De igual manera los resultados de esta investigación confirman lo expuesto por Mera (1989), quien encontró que la densidad poblacional está altamente correlacionada con la variable NVP, teniendo un valor negativo, es decir que al aumentar la densidad el número de plantas por área disminuye el NVP.

Al respecto Mera *et al.* (1989), afirman que bajo condiciones favorables y dependiendo de la variedad, las plantas de arveja pueden producir hasta cuatro ramificaciones basales cuando las plantas están espaciadas, esto hace que tenga más área foliar para producir vainas, aumentando el NVP.

Número de granos por vaina (NGV). La densidad D3 con 6,66 mostró mayor número de granos por vaina (NGV) respecto a la mayor densidad D1 que alcanzó un promedio de 6,19. No se observaron diferencias entre las densidades D2, D3 y D4, cuyos promedios variaron entre 6,41 y 6,66. En general se observa una ligera tendencia a reducir el número de granos

por vaina a medida que aumenta la densidad de siembra, que se cumple para las densidades D3, D2 y D1 (Tab.5)

Páez *et al.* (2000), mencionan que la menor producción de frutos se da por competencia de nutrientes, espacio y radiación, generada por el más alto número de plantas por unidad de área. Es posible que en esta evaluación de las líneas de arveja, las mayores densidades de siembra redujeran la cantidad de nutrientes tomados por las plantas, lo cual a su vez produjo en las vainas la reducción en el número de óvulos que lograron su desarrollo, afectando finalmente el número de granos por vaina. Se confirman los resultados obtenidos por Mera (1989), quien afirma que al aumentar la densidad en el cultivo de arveja hay una marcada reducción en el número de vainas por planta, al igual que el número de granos por vaina. Además esto es corroborado por Gritton y Eastin (1968), quienes encontraron que la producción por planta en término del número de vainas por planta y número de granos por vaina disminuía a medida que la población aumentaba.

Tabla 5. Días a floración (DF), altura de plantas (AP), número de vainas por planta (NVP), número de granos por vaina (NGV), largo de vainas (LV), peso de 100 semillas (P100S), días a cosecha en vaina verde (DCVV), días a cosecha en grano seco (DCGS), rendimiento en vaina verde (RENVV) y rendimiento en grano seco (RENGS).

Densidades	DF	AP	NVP	NGV	LV
D1	61,47 b	62,73 a	16,05 b	6,19 b	6,78 a
D2	62,04 ab	63,56 a	19,12 a b	6,41 a b	6,78 a
D3	62,33 a	66,87 a	20,25 a	6,66 a	6,70 a
D4	62,04 a b	66,05 a	20,09 a	6,57 a b	6,97 a
DMS Tukey ($P \leq 0,05$).	1,64	5,0	3,24	0,41	1,15
Densidades	DCVV	DCGS	RENVV	P100S	RENGS
D1	110,33 a	128,61a	4076,90 b	20,61 b	955,4 b
D2	111,19 a	129,75 a	4725,56 a b	23,50 a	1435,3 a
D3	111,19 a	129,75 a	5224,80 a b	22,11 a b	1499,1 a
D4	111,19 a	129,75 a	5968,61 a	23,35 a	1549,2 a
DMS Tukey ($P \leq 0,05$).	0,93	1,24	1795,02	1,80	212,41

Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El NGV es uno de los componentes de rendimiento más importantes en el mejoramiento de la arveja para el caso de Colombia, donde más de 95% de la producción de arveja se destina al mercado de vaina verde. Lo deseable es un número igual o superior a seis granos por vaina, sin embargo hay mecanismos de compensación de los componentes de rendimiento que dificultan el mejoramiento genético de la especie, y si se aumentan las semillas por vaina, se puede disminuir el número de vainas por planta y el peso de la semilla (Ligarreto y Ospina, 2009).

Largo de vaina (LV). No se presentó diferencias estadísticas entre las densidades de siembra, pero sí entre las líneas. Las líneas UN5173 y ILS3558 con 7,38 cm y 7,45 cm respectivamente superaron estadísticamente a la línea ILS3566, la cual presentó un menor tamaño de vaina de 6,32 cm. Las líneas UN6644, UN7093, UN5171, ILS3575 presentaron un comportamiento intermedio sin diferencias entre sí (Tab.6).

Acorde con la longitud, la planta presenta un número de óvulos guardando un espaciamiento necesario para el desarrollo posterior de los granos. Este espaciamiento se define según el crecimiento potencial de los granos, aunque posteriormente algunos óvulos pueden abortar (Galindo y Clavijo, 2007).

En consecuencia, es de esperar que vainas de mayor longitud permitan un mayor número de granos; sin embargo en el presente estudio no se obtuvo diferencias entre líneas suficientemente amplias en LV, como para permitir un aumento significativo en el número de granos por vaina para las líneas con mayor longitud de vaina.

Los resultados obtenidos para LV sugieren muy poca variabilidad genética entre las líneas evaluadas, por lo tanto es probable que

las líneas en estudio compartan los mismos genes para este carácter.

Ney *et al.* (1993), definen tres eventos clave en el desarrollo del grano de arveja: la fertilización, la terminación de la fase abortiva de la semilla, la cual corresponde tanto al final de la división celular como al comienzo de la acumulación de reservas en el grano, y la madurez fisiológica. Durante la fase susceptible al aborto, la vaina se elonga para dejar el espacio necesario para el futuro desarrollo de los posibles granos.

Tabla 6. Comparación de promedio de Tukey para la variable largo de las vainas en siete líneas de arveja arbustiva (cm).

Línea	Largo de la vaina
UN6644	6,68 ab
UN5173	7,38 a
ILS3566	6,32 b
ILS3558	7,45 a
UN7093	6,75 ab
UN5171	6,77 ab
ILS3575	6,46 ab

DMS Tukey ($P \leq 0,05$). = 0.99; Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Días a cosecha en vaina verde y grano seco (DCVV Y DCGS). No se presentaron diferencias entre líneas, densidades ni en la interacción línea x densidad. El comportamiento relacionado con el período vegetativo en las especies cultivadas, está altamente influenciado por la constitución genética de las plantas, existiendo genotipos precoces y genotipos tardíos. Los resultados obtenidos con respecto a los días a cosecha en verde y a los días a cosecha en grano seco, sugieren que las líneas en estudio pueden compartir la misma constitución genética para este carácter y la

interacción no significativa para línea x densidad, indica que los cambios en la densidad de plantas no produjeron ningún efecto importante en el periodo vegetativo de las diferentes líneas. En general, los promedios para días a cosecha en verde fueron de 110 días y para cosecha en grano seco de 129, 8 días (Tab.5)

Rendimiento en vaina verde (RENVV).

Se presentó diferencias significativas entre densidades respecto al rendimiento. Las densidades D4, D3 y D2 obtuvieron los rendimientos más altos sin diferencias significativas entre ellas (4725,56 – 5968,61), de las cuales la D4 superó significativamente en rendimientos promedio a D1 que fue de 4076.90 kg.ha⁻¹(Tab.5).

El resultado indica que al aumentar la densidad de la población en arveja se presenta una reducción en el rendimiento de vaina verde, que se evidencia de manera significativa entre las densidades D1 y D4. El menor rendimiento alcanzado por la densidad D1 puede relacionarse con el menor número de vainas por planta obtenida para esta misma densidad, como consecuencia de la mayor competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes.

Martínez y Martínez (1997), estudiaron el comportamiento agronómico de 20 líneas de arveja arbustiva en el municipio de Pasto (Nariño), concluyendo que al aumentar la densidad de población los rendimientos en vaina verde disminuyen. Esto concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio en el cual los rendimientos se incrementaron al disminuir la densidad de siembra.

Lo anterior, confirma que las altas densidades generan competencia, y se produce una reducción de un factor esencial para el crecimiento, donde el rendimiento de los cultivos resulta ser afectado (Radosevich *et al.*, 1997). La competencia entre plantas varía según las

especies involucradas y las condiciones ambientales, debido a esto las plantas pueden responder al fenómeno de competencia con el incremento de la mortalidad en el tamaño o capacidad reproductora individual (Marín, 1986). Por otra parte es importante considerar que la arveja es una especie de baja habilidad competitiva como lo mencionan Díaz y Zapata (1990), por lo que mayores pérdidas de rendimiento se encuentran en las más altas densidades.

Uno de los factores que más afectan la producción es el número de plantas por unidad de superficie, donde los mayores rendimientos suelen encontrarse con niveles altos de población aunque se reduce el rendimiento por planta. Pero se debe tener en cuenta que para cada especie de plantas se presenta una densidad poblacional óptima, en la cual se tiene el máximo número de plantas por unidad de área con los mayores rendimientos, en donde al exceder o disminuir dicha densidad se ve reflejado en una baja en el rendimiento. (González y Ligarreto, 2006; Pacheco, Vergara y Ligarreto, 2009).

Según González y Ligarreto (2006), existe una correlación positiva entre el rendimiento y las variables: número de vainas por planta, ramas secundarias, altura del primer nudo y días a floración. Este grado de asociación se encuentra constantemente en evaluaciones de arveja, ya que el rendimiento depende de la compensación de sus componentes siendo el número de vainas el de mayor incidencia.

Peso de 100 semillas (P100S). Se observa que con las densidades D2 y D4 se obtuvo los mejores resultados con un peso de 23,5 y 23,35 g respectivamente, superando significativamente a la densidad D1 que alcanzó un promedio de 20,61 g. (Tab.5). La densidad D3 presentó un comportamiento intermedio con 22,11 g.

Montezuma y Ruiz (1974), afirman que un aumento en la densidad de siembra trae como consecuencia la disminución en el peso de los granos; lo cual sucedió con la densidad D1. Similares resultados fueron encontrados por Mera (1989), quien determinó que el peso del grano estuvo inversamente correlacionado con densidades poblacionales altas.

Al disminuir las densidades de población el peso de las semillas se incrementa, debido a que a menor competencia intraespecífica por la toma de nutrientes y mayor aireación se favorece el desarrollo fisiológico y reproductivo de las plantas y mayor peso de los granos. Al existir mayor fotosíntesis y translocación de asimilados a las estructuras reproductivas también hay menor afectación por enfermedades, lo cual se refleja de manera directa en el mayor peso de los granos y de las vainas (Forero y Ligarreto, 2009).

Según Yamá y Sánchez (1996), en la variedad Cobrí el mejor peso de 100 semillas lo obtuvieron con el tratamiento 60 kg.ha⁻¹, presentando diferencias estadísticas con aquellos tratamientos donde se empleó mayor cantidad de semilla para la siembra. Lo anterior confirma los resultados obtenidos en la presente investigación. Sin embargo los estudios de Castro (1995), indican que el peso de los granos fue una de las variables menos afectada por el efecto de la distancia de siembra sobre el rendimiento y sus componentes. Es probable que las variaciones en la constitución genética de las líneas o variedades evaluadas por los diferentes investigadores, lleva a obtener resultados distintos, sugiriendo que las conclusiones solo podrán hacerse en cada caso para las líneas en estudio, sin influir para toda la población de arveja.

Rendimiento de grano seco (RENGS). Las densidades D2, D3 y D4 con promedios entre 1435,3 y 1549,2 kg.ha⁻¹ superaron significativamente al rendimiento obtenido por

la densidad D1, que obtuvo 955.4 kg.ha⁻¹. No se observaron otras diferencias entre densidades. El resultado obtenido mantiene coherencia con lo observado en las variables, NVP, NGV, RENVV y P100S, indicando que un alto incremento en la densidad de población por encima del óptimo, afecta los componentes de rendimiento y finalmente el rendimiento en grano seco reduciendo la viabilidad económica del cultivo. Estos rendimientos son similares a los obtenidos en la zona productora de Bolivia y Perú, en donde los promedios oscilan entre 1400 a 1600 kg.ha⁻¹ (Milan *et al.*, 1997).

Según Mera (1989), determinó que el rendimiento para grano seco es un factor fuertemente influenciado por las condiciones ambientales de la temporada. Es importante determinar las densidades poblacionales óptimas para cada cultivo, donde cada planta puede expresar su potencial productivo aprovechando de una forma más eficiente los recursos disponibles. Las bajas densidades utilizadas en este estudio correspondieron a los más altos rendimientos como resultado de haber encontrado una eficiente intercepción de la radiación solar. Arévalo y Ortega (1995), mencionan que la mejor calidad de los frutos se debe a la mayor iluminación que recibe el cultivo, favoreciendo un mejor llenado de vainas.

Utilizando un mayor número de plantas por superficie hay menor área foliar expuesta a la luz que afecta drásticamente la fotosíntesis durante el ciclo vegetativo, lo cual puede traducirse en menor floración y menor formación de vainas y granos y en consecuencia se observa reducción en el rendimiento. En función de una determinada densidad poblacional, se puede lograr modificar y optimizar una serie de características fisiológicas de crecimiento, los cuales van en directo beneficio de los rendimientos (Faiguenbaun, 1981).

CONCLUSIONES

Las diferentes densidades de población evaluadas no mostraron ninguna influencia estadística significativa, sobre las variables altura de la planta, días a cosecha en vaina verde y días a cosecha en grano seco.

El tratamiento con una población de 200000 plantas por hectárea, correspondiente a la distancia de siembra 50 cm entre surcos y 10 cm entre plantas superó en rendimientos en vaina verde a la densidad de 666666 plantas por hectárea. Las densidades de 333333, 250000 y 200000 plantas por hectárea mostraron mayores rendimientos en grano seco con respecto a la densidad de 666666 plantas por hectárea.

Los componentes de rendimiento correspondientes a número de vainas por planta (NVP), número de granos por vaina (NGV), rendimiento en vaina verde (RENVV), rendimiento en grano seco (RENGS) y peso de 100 semillas (P100S), fueron afectados negativamente por la mayor densidad de siembra (666666 plantas por hectárea).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, al Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño y al Centro Internacional de Producción Limpia- Lope SENA Regional Nariño y por el apoyo recibido para el desarrollo de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, R. y PESKE, S.T. 1992. Manual para el beneficio de semillas 2ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 247 p.

ARÉVALO, C. y ORTEGA, V. 1995. Uso de tutores en el cultivo de la arveja. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú. 14 p.

BOURION, V. FOUILLOUX, C. LE SIGNOR, E. LEJEUNEHENAUT. 2002. Genetic studies of selection criteria for productive and stable peas. *Euphytica* 127, 661-273.

CASTRO, M. 1995. Evaluación de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) en diferentes densidades y sistemas de siembra en la región de Simijaca (Cundinamarca). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

DIAZ, J. y ZAPATA, M. 1990. Control de malezas: práctica agronómica fundamental en el cultivo de la arveja. Investigación y progreso agropecuario Carillanca. 9 (4): 28 – 33.

FAIGUENBAUM, H. 1981. Análisis del crecimiento y los rendimientos del frijol con relación a densidades poblacionales. In seminario de leguminosas de grano, Santiago de Chile, pág. 30 – 57.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS (FENALCE). 2010a. El cultivo de la arveja, historia e importancia. 34 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. FENALCE. 2010b. indicadores sectoriales. 52 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE LEGUMINOSAS. FENALCE. 2006. El cultivo de Arveja en Colombia. Primera edición, Produmedios, Bogotá. 29 p.

FORERO, A. y LIGARRETO, A. 2009. Evaluación de dos sistemas de tutorado para el cultivo de la arveja voluble (*Pisum sativum* L.) en condiciones de la Sabana de Bogotá. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 3 (1), 81 – 94.

- GALINDO, J. y CLAVIJO, J. 2007. Área de la hoja compuesta y variaciones de forma en los fitómeros de arveja (*Pisumsativum*L.) en respuesta a diferentes ambientes de Trópico Alto Andino. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8(1), 44-51.
- GONZÁLEZ, F. y LIGARRETO, G. 2006. Rendimiento de ocho genotipos promisorios de arveja arbustiva (*Pisumsativum*L.) bajo sistema de agricultura protegida. Fitotecnia Colombiana 6(2):5 2-61.
- GRITTON, E.T. and EASTIN, J.A. 1968. Response of peas (*Pisum sativum* L.) to plant population and spacing. Agron. J. 60: 482-85.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA (IDEAM). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2002.
- LIGARRETO, G. y OSPINA, A. 2009. Analisis de parametros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. Agronomía Colombiana 27(3), 333-339.
- MARIN, D. 1986. Rendimiento en granos en *canavalia ensiformis* (L.) DC. bajo diferentes arreglos espaciales, épocas y densidades de siembra. Rev. Facultad de Agronomía. 14, 205-219.
- MARTINEZ, J. y MARTINEZ, E. 1997. Evaluación del comportamiento agronómico de veinte líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) de crecimiento determinado en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 115p.
- MERA, M. 1989. Densidad poblacional y espaciamiento en arveja (*Pisum sativum* L.) para grano seco de follaje reducido. Agricultura tecnica. Chile, 49: 148 – 152.
- MILAN, M. ACOSTA, L. y GONZALEZ. 1997. Validación de variedades mejoradas de arveja en zonas de Valle y altura. Cochabamba, Bolivia. IBTA. pp 90-102.
- MONTEZUMA, W. y RUIZ, H. 1974. Efecto de diferentes densidades de poblacion sobre el rendimiento en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 41p.
- NEY B., DUTHION C. y FONTAINE, E. 1993. Timing of reproductive abortions in relation to cell division, water content, and growth of pea seeds. Crop Science 33: 267-70.
- PAEZ, A. PAZ, V y LOPEZ, L. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Rio Grande en la epoca mayo – julio. Efecto de sombreado. Revista facultad de agronomia. (LUZ) 17, 173-184.
- RADOSEVICH, S.R., J.S. HOLT Y C. GHERSA. 1997. Weed ecology: implications for management. Segunda edicion. John Wiley & Sons, Nueva York. 430 p.
- SAÑUDO, B. CHECA, O. y ARTEAGA, G. 1999. MANEJO AGRONOMICO DE LEGUMINOSAS EN ZONAS CEREALISTAS. Primera edición, Produmedios, Colombia. 97 p.
- YAMA, N. y SANCHEZ, L. 1996. Comportamiento de arveja (*Pisumsativum* L) variedad Cobrí a diferentes densidades de siembra en cuatro zonas del departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 105 p.