

**EVALUACIÓN Y CORRELACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN
LÍNEAS AVANZADAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) CON GEN AFILA¹**

DARÍO PANTOJA GUEVARA

KEILY MUÑOZ ZAMBRANO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SAN JUAN DE PASTO

2014

**EVALUACIÓN Y CORRELACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN
LÍNEAS AVANZADAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) CON GEN AFILA¹**

DARÍO PANTOJA GUEVARA

KEILY MUÑOZ ZAMBRANO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero agrónomo**

Asesor:

Dr. Oscar checa coral

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SAN JUAN DE PASTO

2014

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, noviembre de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFIA.....	20

EVALUACIÓN Y CORRELACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LÍNEAS AVANZADAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) CON GEN AFILA¹

EVALUATION AND CORRELATION OF YIELD COMPONENTS IN ADVANCED LINES OF PEA (*Pisum sativum* L) WITH GENE AFILA

Darío Pantoja G.², Keily Muñoz Z.² Oscar Checa C.³

RESUMEN

En el departamento de Nariño las variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) de uso mas frecuente presentan plantas de porte alto y abundante ramificación, que requieren sistemas de tutorado costosos para evitar el volcamiento y la proliferación de enfermedades. Producir cambios en la arquitectura de la planta utilizando variedades con gen afila que reemplaza hojas por zarcillos, puede contribuir a desarrollar sistemas de tutorado mas simples y a disminuir el uso de fibras de polipropileno para el amarre reduciendo los costos de producción del cultivo. Esta investigación se realizó en la granja Lope perteneciente al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Pasto-Colombia, con el objetivo de evaluar genotipos de arveja (*P. sativum*) y contribuir a la obtención de nuevas variedades con gen afila para mejorar la competitividad de la leguminosa en el departamento de Nariño. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con tres repeticiones y 22 tratamientos, durante el semestre A del 2013. Los tratamientos consistieron en 20 líneas F5 de arveja voluble semiafilas obtenidas en la Universidad de Nariño y dos variedades testigo no afilas (Andina y Sindamanoy). Se obtuvo diferencias entre genotipos en las variables número de granos por vaina, peso de vaina verde, peso de grano verde por vaina y rendimiento. El rendimiento correlacionó genotípicamente con número de granos por vaina, peso de vaina verde y peso de grano verde por vaina. En el análisis de sendero, el peso de vaina verde mostró efecto alto, positivo y directo sobre el rendimiento. El peso de grano verde por vaina presentó un efecto directo negativo. La mayor contribución indirecta positiva fue el peso de grano por vaina verde vía peso de vaina verde, por lo tanto las variables peso de vaina verde y peso de grano por vaina verde se usaron como criterio de selección que permitió identificar como promisorias a las líneas UDENAR11, UDENAR12, UDENAR14, UDENAR19 y UDENAR20.

Palabras clave: arveja, análisis de sendero, correlación genotípica.

ABSTRACT

In the department of Nariño, Colombia, varieties of pea (*Pisum sativum* L.) which are more frequently used are those with tall plants and abundant branching. However these varieties require expensive tutoring systems to prevent tipping and the spread of diseases. The introduction of the semileafless gene into pea varieties may lead to changes in the architecture of the plant, replacing leaves by tendrils. This genetic change may help developing simpler tutoring systems and decreasing the extensive use of polypropylene fibers commonly used to tie the plant. Thus it is expected to reduce production costs of the crop. This research was realized in Lope farm belonging to Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Pasto-Colombia, with the goal of evaluate advanced lines of pea (*Pisum sativum* L.) with gen semileafless, and contribute to the development of new varieties to improve the competitiveness of the legume in the Nariño department. A randomized complete block design with 22 treatments and 3 replications was used, in the first season of 2013. The treatments were constituted by 20 lines of climbing semileafless peas in F5 generation obtained in the Nariño University and 2 controls varieties not semileafless (Andina and Sindamanoy). We observed differences for genotypes in terms of the variables: number of grains per pod, green pods weight, weight per green pod and grain yield. The yield was correlated genotypically with the number of grains per pod, green pod weight and grain weight per green pod. In the path analysis, the trait that showed high positive direct effect was the green pod weight and the weight of green peas per pod showed negative direct effect. The highest positive indirect contribution was the weight of grain per green pod through green pod weight, therefore variable green pod weight and grain weight per green pod were used as selection criteria identified as promising to the lines UDENAR11, UDENAR12, UDENAR14, UDENAR19 and UDENAR20.

Keywords: pea, path analysis, genotypic correlation.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la arveja (*P. sativum*), después del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), es la leguminosa de mayor importancia. Esta ha sido un factor estabilizador de la economía de los pequeños productores de las zonas andinas, y ha contribuido a su seguridad alimentaria. Se estima que de este cultivo dependen más de 26.000 productores y genera alrededor de 2,3 millones de jornales (FENALCE, 2010). Se cultiva en catorce departamentos, y su producción se concentra en Nariño con 48264 toneladas

(55.2% de la producción nacional), seguido de Cundinamarca (20.4%) y Boyacá (12%) (ENA, 2013).

Las características importantes a tener en cuenta para la elección de variedades apropiadas de arveja son la productividad y la tolerancia varietal al volcamiento. Previamente a la consideración de la altura de la variedad, es imprescindible conocer el tipo de hoja. Se puede encontrar variedades con folíolos abundantes y zarcillos poco desarrollados, afilas (sin folíolos y

zarcillos muy desarrollados) o variedades semiafilas (intermedio entre los dos) (ITGA, 2003). En general se puede decir que a mayor desarrollo del zarcillo, la resistencia al volcamiento es mayor (Wang, 2003). El gen afila es recesivo y conduce a la expresión fenotípica solamente si se presenta en combinación homocigota recesiva (*af af*). Se expresa con la transformación de hojas en zarcillos (Kujala, 1953; Goldenberg, 1965; Davies, 1977; Hedley y Ambrose, 1981; Marx, 1987; Prohens y Nuez, 2007; Singh *et al.*, 2013). En el mundo se han reportado varios lanzamientos de variedades de arveja con gen afila: Solara en 1986, Alex y Choque en 1989, Amadeus en 1992, Charleston y Astuce en 1993 (Mera, 1998), Rampart y Stampede en 1990 (Department of Horticultural Science, 1999), Brisca-INIA en 1996 (Mera *et al.*, 1996), Golijat en 2001 (Djordjevic *et al.*, 2001) entre otras. Gracias a su follaje con gen afila, las plantas resisten al volcamiento temprano que afecta las variedades de follaje convencional. La ausencia del volcamiento temprano es importante porque mantiene la aireación (Giacconi, 2004), lo cual favorece la sanidad del follaje (Mera *et al.*, 1996). Además, estas variedades tienden a incrementar su productividad respecto a las variedades no afilas (Jannink *et al.*, 1996; Mihailovic, 2008) y a ser más eficientes en el uso del agua puesto que hay menos pérdida por transpiración al tener menos superficie foliar, haciéndolas más tolerantes a la sequía (Cousin *et al.*, 1986; Martin *et al.*, 1994).

En los procesos de evaluación y selección de genotipos mejorados es necesario identificar caracteres que tienen importancia sobre el rendimiento y que puedan ser utilizados como criterios de selección. El análisis de sendero, es la técnica estadística utilizada para examinar las relaciones causales entre un conjunto de variables independientes y la variable dependiente, (Hazard, 2005; Moses, 2006; Garson, 2012; Sarutayophat, 2012) ayudando a los fitomejoradores a la selección de genotipos de mejor desempeño.

Las variedades mejoradas de arveja de mayor uso en Nariño (Colombia), son de porte alto con follaje normal, que requieren la implementación de tutorado vertical y horizontal, para evitar el volcamiento y la proliferación de enfermedades foliares, aumentando los costos de producción que ascienden a \$ 8'300.000 por hectárea (2014) de los cuales el 52% corresponden a los gastos por tutorado (Checa, 2014). Encontrar genotipos de arveja voluble con gen afila que logren igualar o superar los rendimientos de las variedades de mayor uso en la región, pueden ser una nueva alternativa productiva, que permita reducir el acame de las plantas y disminuir los costos por tutorado, mejorando la competitividad del cultivo.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de 20 líneas de arveja volubles con gen afila y determinar el grado de asociación que existe entre sus componentes de rendimiento, para

contribuir al mejoramiento genético de la arveja (*P. sativum*) en el departamento de Nariño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El trabajo se desarrolló en la Granja Lope perteneciente al servicio nacional de aprendizaje (SENA), Pasto- Colombia, ubicada a 2633 msnm 1°12' latitud N y 77°15' longitud W con una temperatura promedio de 13°C y una precipitación promedio anual de 700 mm.

Material y diseño experimental

El programa de mejoramiento genético del cultivo de arveja de la Universidad de Nariño, desarrolló líneas avanzadas afila resultantes del cruzamiento de las variedades volubles mejoradas de hojas normales Andina, Sindamanoy y San Isidro con genotipos arbustivos portadores del gen afila ILS3568, ILS3575 y Dove. Teniendo en cuenta la condición recesiva del gen afila, su manifestación fenotípica se observó en la cuarta parte de las plantas de la generación F2. Este material se sembró en F3, seleccionándose 105 plantas individuales que generaron igual número de familias afila en F4, evaluadas cualitativamente por sanidad, carga y rendimiento, lo cual permitió seleccionar 52 líneas afila para la generación F5. Estas líneas se evaluaron preliminarmente por periodo vegetativo y

componentes de rendimiento aplicando un índice de selección que permitió la identificación de las 20 de mejor desempeño constituyendo el material genético de la presente investigación. Las líneas fueron identificadas con un código alfanumérico en el cual las seis primeras letras correspondieron a UDENAR acompañadas de los números del 1 al 20 y como testigos, las variedades regionales no afilas Andina y Sindamanoy. Se evaluaron las variables: altura de la planta (ALT) medida en centímetros (cm), número de vainas por planta (NVP), número de granos por vaina (NGV), peso de vaina llena en verde (PVV) medida en gramos (g), peso de grano verde por vaina (PGVV) medida en gramos (g) y rendimiento en vaina verde (REND) en tha^{-1} . Las líneas fueron evaluadas en un ensayo formal de rendimiento utilizando un diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 2 surcos de 3m de largo con distancia entre surcos de 1m para un área de 6m^2 . El área útil por parcela fue de 5.6m^2 . El manejo agronómico se realizó con base a las recomendaciones de Sañudo *et al.*, (1999).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de comparación de promedios de Tukey usando el programa GENES (Cruz, 2004) y el programa SAS V.8. En el programa GENES, se aplicaron las fórmulas clásicas de correlación genética como

la describe Falconer (1986) y estima Ceballos (2003):

$$r_{G(XY)} = \text{COVG}_{(XY)} / S_{G(X)} \cdot S_{G(Y)}$$

En donde: $r_{G(XY)}$ y $\text{COVG}_{(XY)}$ corresponden a la correlación y covarianza genética entre los caracteres X y Y; $S_{(x)}$ y $S_{(y)}$ son la desviación estándar genética de X y Y. La significancia estadística de los coeficientes de correlación se estableció mediante una prueba de T, dada por el siguiente modelo:

$$T_c = \frac{r \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}$$

La T calculada (T_c): se comparó con una T tabular (T_t), al nivel de significancia seleccionado: 0.05 con $(n-2)$ grados de libertad. La regla de decisión fue: si $T_c \geq T_t$, entonces el valor de ρ es estadísticamente diferente de cero.

Se realizó un análisis de sendero para el sistema REND como variable efecto (Y) en función de las variables causa: NGV (X_1), PVV (X_2), Y PGVV (X_3), empleando la matriz de correlaciones genotípicas entre tales variables para identificar los efectos directos e indirectos que participan en la correlación.

La descomposición de los coeficientes de correlación de cada una de las variables causa con la variable efecto (r_{X_iY}), en sus componentes efecto directo (P_i) y efecto indirecto (E_i), se realizó en base a la metodología usada por Espitia *et al.*, (2008), permitiendo mediante el despeje de las siguientes ecuaciones, estimar los respectivos efectos indirectos de cada variable causa (E_i):

$$r_{X_1Y} = P_1 + E_1 : \text{para NGV}$$

$$r_{X_2Y} = P_2 + E_2 : \text{para PVV}$$

$$r_{X_3Y} = P_3 + E_3 : \text{para PGVV}$$

El coeficiente de sendero (h) debido a los efectos residuales o debido a otras variables no consideradas en el estudio, se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$h = [1 - (P_1 \cdot r_{X_1Y}) - (P_2 \cdot r_{X_2Y}) - (P_3 \cdot r_{X_3Y})]^{1/2}.$$

La regla de decisión para los coeficientes de correlación, se analizaron con base en la regla propuesta por Cohen y Holliday (1996), según los cuales se considera valores mayores en magnitud (alta correlación) cuando ($|r_G| > 0.50$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Tabla 1), presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre genotipos para las variables número de granos por vaina (NGV), peso de vaina verde (PVV), peso de grano verde por vaina (PGVV) y rendimiento en verde (REND). No se observaron diferencias estadísticas significativas entre líneas para las variables de altura de planta (ALT) y número de vainas por planta (NVP).

Es posible que por ser la altura de planta (ALT) uno de los criterios de evaluación preliminar, cuando de 52 líneas se llegó a la selección de las 20 mejores con las cuales se realizó el presente estudio, exista poca variación fenotípica en este carácter. En el mismo sentido el no encontrar

diferencias estadísticas en el número de vainas por planta (NVP), puede asociarse con la selección cualitativa por carga realizada en la misma evaluación previa, la cual permitió a las 20 líneas ubicarse entre las de mejor comportamiento.

Los promedios de las líneas oscilaron entre 10 y 21 vainas por planta, siendo estadísticamente iguales a los obtenidos por los testigos Andina y Sindamanoy (sin gen afila) que alcanzaron promedios entre 16.33 y 19.67 vainas por planta.

Tabla 1. Cuadrado medio para las variables altura (ALT), número de vainas por planta (NVP), número de granos por vaina (NGV), peso de vaina verde (PVV), peso de grano verde por vaina (PGVV) y rendimiento (REND).

Fuente de variación	G.L	ALT	NVP	NGV	PVV	PGVV	REND
Genotipo	21	149.06 ^{ns}	20.47 ^{ns}	1.15*	4.35*	1.48*	12.49*
Bloques	21	2409.02 ^{ns}	73.27 ^{ns}	0.17 ^{ns}	2.08 ^{ns}	0.40 ^{ns}	35.62 ^{ns}
Error	21	172.70	18.84	0.21	0.72	0.15	4.32
R²		0.52	0.42	0.74	0.75	0.84	0.65
C.V		9.32	26.45	7.16	12.38	9.46	26.00

*Diferencias significativas ($p < 0.05$)

De acuerdo con estos resultados, no hay evidencia que sugiera que la presencia del gen afila en las líneas evaluadas produzca reducción en el número de vainas por planta, puesto que los testigos no presentan el remplazo de hojas por zarcillos característico en de las líneas con gen afila. En las evaluaciones de Mihailović *et al.*, 2008, se encontró que los cultivares con gen afila se caracterizan por no tener una disminución de la actividad fotosintética y por tener los rendimientos incluso más altos en comparación con los cultivares de tipo hoja normal. Lo anterior sugiere que las diferencias o similitudes entre genotipos con gen afila y sin gen afila para número de vainas, pueden estar más relacionadas con el trasfondo genético de los genotipos evaluados que con la presencia del gen afila. Por otra parte Engels *et al.*, (1991), afirman que el número de vainas por planta para

la especie *P. sativum* puede variar de 10 a 142, valor acorde a los obtenidos. Al respecto, Fierro (2012) encontró promedios de 6.27 hasta 51.73 vainas por planta. Por el contrario, los promedios encontrados por otros investigadores para este rasgo, en materiales afila, varían por debajo de los valores hallados en este estudio. Mera *et al.*, (2007) obtuvo un rango de 8.25 y 9.70 vainas por planta mientras que Ligarreto *et al.*, (2009) en materiales volubles no afila, reportan medias de 6.75 a 11.33 vainas por planta.

El coeficiente de variación para NVP en esta evaluación fue de 26.45%, similar al reportado por Garzón y Gasca (1990) con un valor de 27.4% y Kumar *et al.*, (2013) con 25.82%, quienes lograron obtener diferencias entre los genotipos evaluados. Lo anterior sugiere mayor variabilidad genética entre las líneas evaluadas por dichos autores.

Número de granos por vaina (NGV)

El 86.4% de los genotipos evaluados no presentan diferencias significativas con medias que oscilaron entre 5.70 y 7.11 granos por vaina (Tabla 2). Dentro de este grupo se encuentran los

testigos Andina y Sindamanoy (6.73 y 7.00 granos por vaina respectivamente). Es importante resaltar los genotipos UDENAR15, UDENAR11, SINDAMANOY, UDENAR4, UDENAR10 y UDENAR14 con promedios entre 6.89 y 7.11

Tabla 2. Comparación de promedios de Tukey para las variables: número de granos por vaina (NGV), peso de vaina verde (PVV), peso de grano en vaina verde (PGVV) y rendimiento (REND).

GENOTIPO	NGV		PVV		PGVV		REND	
UDENAR15	7.11	a	6.24	bcdef	3.91	bcdefg	8.72	b
UDENAR11	7.06	a	8.04	abcd	4.99	ab	7.40	b
SINDAMANOY	7.00	a	8.21	abc	5.26	a	15.26	a
UDENAR4	6.99	a	5.29	ef	3.13	fg	7.85	b
UDENAR10	6.97	a	7.24	abcdef	4.20	abcdefg	7.23	b
UDENAR14	6.89	a	8.13	abc	5.24	a	9.37	ab
UDENAR1	6.80	ab	7.46	abcdef	4.66	abc	7.29	b
ANDINA	6.73	ab	8.95	a	5.06	ab	11.50	ab
UDENAR20	6.71	ab	7.93	abcde	4.35	abcde	8.78	ab
UDENAR13	6.71	ab	5.40	def	3.66	cdefg	6.46	b
UDENAR19	6.42	abc	8.77	ab	4.29	abcdef	6.00	b
UDENAR3	6.42	abc	6.00	cdef	3.53	cdefg	6.86	b
UDENAR7	6.37	abc	5.95	cdef	3.77	cdefg	7.88	b
UDENAR9	6.31	abc	5.29	ef	3.44	defg	6.97	b
UDENAR2	6.29	abc	7.46	abcdef	4.51	abcd	8.99	ab
UDENAR6	6.22	abc	5.93	cdef	3.08	g	6.47	b
UDENAR8	6.11	abc	5.18	f	3.17	efg	6.33	b
UDENAR18	5.73	abc	7.26	abcdef	3.71	cdefg	6.49	b
UDENAR5	5.70	abc	6.22	bcdef	3.65	cdefg	7.35	b
UDENAR12	5.40	bc	7.95	abcd	4.55	abcd	7.45	b
UDENAR16	5.24	c	6.00	cdef	3.40	defg	7.77	b
UDENAR17	5.00	c	6.33	abcdef	3.42	defg	7.54	b
Tukey	1.428		2.66		1.19		6.514	

granos por vaina, los cuales mostraron diferencias significativas respecto a las líneas UDENAR 12, UDENAR 16 y UDENAR 17 (5.40, 5.24 y 5.00 granos por vaina). La variedad Andina, mostró una media de 6.73, estadísticamente similar al 91% de los genotipos evaluados, con diferencias ($p < 0.05$) sobre las

líneas UDENAR16 y UDENAR17 que obtuvieron 5.24 y 5.00 granos por vaina. Lo anterior demuestra que entre las líneas con gen afila evaluadas, existen genotipos promisorios para este caracter que logran igualar estadísticamente el promedio de NGV de los testigos no afila Andina y Sindamanoy. Los

resultados sugieren que hay independencia entre los genes que controlan la expresión del carácter afila y los que corresponden al número de granos por vaina, pues tener o no la presencia de hojas transformadas en zarcillos por efecto del gen afila no implica una reducción o un aumento en el número de granos por vaina. Al respecto, Tulcán y Castillo (1998) sugieren que el número de granos por vaina es un carácter cuya expresión depende en alto grado de la composición genética del material. El comportamiento de las medias para este rasgo fue similar al reportado por Khan *et al.*, (2013) donde las variaciones estuvieron entre 4.0 y 8.5 granos por vaina.

El NGV, es uno de los componentes de rendimiento más importantes en el mejoramiento genético de arveja para el caso de Colombia, donde más del 90% 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, pero la mejora genética es difícil dado que hay mecanismos de compensación en los componentes de rendimiento, de tal forma que si se aumentan las semillas por vaina, se puede disminuir el número de vainas por planta o el peso de la semilla (Tiemerman *et al.*, 2004; Ligarreto *et al.*, 2009).

Cuando el NGV se sitúa entre tres y cuatro, se considera bajo, medio entre cinco y seis y alto mayor de seis (Biddle *et al.*, 1988). Según lo anterior, 22.7 % de los materiales genéticos evaluados tuvieron un NGV medio y el 77.3 %

alto. Los genotipos que se encontraron en rango alto fueron: UDENAR1, UDENAR2, UDENAR3, UDENAR4, UDENAR6, UDENAR7, UDENAR8, UDENAR9, UDENAR10, UDENAR11, UDENAR13, UDENAR14, UDENAR15, UDENAR19, UDENAR20, Andina y Sindamanoy, constituyendo un grupo de materiales fenotípicamente deseables para este carácter. En estudios realizados por Rea (2012), los promedios para esta variable fluctuaron entre 6 y 10 granos por vaina mostrando mayor variabilidad para este rasgo, respecto a los observados en la presente evaluación que estuvieron entre 5.00 y 7.11 granos por vaina lo cual se explica por bajo número de progenitores y su similitud genética.

Peso de vaina verde (PVV)

Teniendo en cuenta que las 20 líneas evaluadas provienen de cruzamientos entre variedades volubles mejoradas de vaina grande, con genotipos que aportaron el gen afila (ILS3575, ILS3568 y Dove) los cuales son de vaina pequeña, entonces la obtención de líneas afila que conserven el tamaño de vaina comercial es uno de los objetivos de la selección. Las líneas con gen afila que se destacaron para este carácter fueron UDENAR19, UDENAR14 y UDENAR11 con promedios entre 8.77 y 8.04 g las cuales logran igualar estadísticamente a las variedades Andina y Sindamanoy (8.95 y 8.21 g). Al respecto, Valencia y Timaná (2013), reportaron para las variedades Andina y

Sindamanoy promedios de 7.36 g y 8.06 g respectivamente.

Independientemente de la presencia del gen afila en las líneas evaluadas, la variación observada en el PVV, depende de la constitución genética que para este rasgo tienen los parentales que dieron origen a estas líneas. Al revisar la genealogía de estas líneas, se observó que en UDENAR19 uno de sus parentales fue la variedad San Isidro, mientras que para UDENAR14 y UDENAR11 uno de sus parentales fue la variedad Sindamanoy. Estos progenitores contribuyeron a aportar genes que influyeron positivamente en el tamaño de la vaina. En contraste, los padres que aportaron el gen afila y que fueron usados para la obtención de estas líneas como son Dove e ILS3575, presentan vainas pequeñas que contribuyen negativamente a la expresión de este carácter. En consecuencia, no fue posible superar a los testigos en el peso de vaina verde, pero sí acercarse a sus promedios.

Desde el punto de vista comercial, el peso de vaina verde incluyendo el grano en fresco, es muy importante para los compradores de la producción de arveja, quienes buscan y pagan mejor las vainas grandes y de mayor peso porque las asocian con mayor tamaño y peso de los granos. Sin embargo, hay agricultores y comerciantes que sostienen que cuando las variedades de arveja se siembran en las zonas altas por encima de 2800 msnm, las vainas pueden presentar mayor peso debido al aumento

en el grosor de sus valvas pero que ello no significa mayor tamaño y peso de sus granos.

En tales circunstancias, es necesario determinar hasta que altura puede sembrarse las diferentes variedades de arveja sin perder sus características óptimas de vaina y grano.

Peso de grano verde por vaina (PGVV)

La variedad Sindamanoy y la línea UDENAR14 con promedios de 5.26 y 5.24 g, superaron al 54.5% de las líneas evaluadas que mostraron un PGVV inferior a 3.92 g (Tabla 2). Por otra parte, la variedad Andina y la línea UDENAR11 (5.06 y 4.99 g) superan al 50% de las líneas evaluadas que tuvieron promedios por debajo de 3.78 g. El 36.4% del material evaluado con promedios entre 5.24 y 4.20 g (UDENAR1, UDENAR2, UDENAR10, UDENAR11, UDENAR12, UDENAR14, UDENAR19 y UDENAR20) igualaron estadísticamente a la variedad Sindamanoy. Además, la línea UDENAR15 (3.91g) no presentó diferencias estadísticas con la variedad Andina. Esta variable es importante puesto que representa la parte útil para el consumo de esta leguminosa. En general son muy apreciadas en el mercado las variedades con mayor peso de grano por vaina porque se asocian con mayor número de granos por vaina y con granos de mayor tamaño.

Rendimiento (REND)

Los rendimientos oscilaron entre 15.26 y 6.00 tha^1 . Las líneas con gen afila UDENAR14, UDENAR2, UDENAR20 con promedios entre

9.37 y 8.78 igualaron estadísticamente a las variedades comerciales Andina y Sindamanoy de follaje normal (Tabla 2), mientras que las demás líneas evaluadas mostraron un rendimiento estadísticamente igual a la variedad Andina ($P < 0.05$). La variedad Sindamanoy (15.26 tha^{-1}) superó al 77.27 % de los genotipos evaluados. Tanto en la variedad Sindamanoy como en Andina, el excesivo follaje y abundantes ramas laterales obliga a los agricultores a utilizar el sistema de tutorado vertical y el de encanastillado u horizontal, para evitar el acame y el deterioro de las vainas por el ataque de patógenos como *Ascochyta pisi* y *Colletotrichum pisi*, lo cual representa un incremento en los costos de producción por tutorado que alcanza hasta el 52% de los costos totales del cultivo (Eraso y Cuaran, 2010). Encontrar líneas de arveja, menos exuberantes que las variedades Sindamanoy y Andina, pero con rendimientos similares, contribuirá a reducir los costos de producción por tutorado. Las líneas UDENAR14, UDENAR2, UDENAR20, que lograron rendimientos estadísticamente similares a Sindamanoy y Andina ($P < 0.05$), pueden seleccionarse para futuras investigaciones en las que se verifique su comportamiento en sistemas de tutorado más sencillos, debido a la presencia en ellas del gen afila que favorece el mantenimiento de plantas erguidas, al permitir mejor agarre de sus zarcillos sobre los hilos de polipropileno que se usan como tutores. Además entre las plantas contiguas de un mismo surco los zarcillos se juntan dándole mayor firmeza al

sistema de tutorado e impidiendo el acame. Por otra parte en estas líneas afila, es conveniente hacer estudios de densidades de plantas para explotar mejor su potencial productivo, considerando que al reducir el follaje es posible establecer más plantas por unidad de área.

La reducción del follaje puede disminuir el ataque de enfermedades foliares tal como lo afirman Mera *et al.*, 1996; Giaconi, 2004; Gonzáles, 2001; Prieto, 2011. Por otra parte, es posible que al reducir su área foliar, estas líneas puedan soportar una mayor densidad de siembra lo cual puede contribuir a aumentar el rendimiento.

Se encontró un elevado coeficiente de variación para este rasgo (26.00%), similar al reportado por Muñoz (2013) que fue de 27.63% al evaluar 15 cultivares de arveja entre los cuales habían volubles y no volubles y al obtenido por Sultana *et al.*, (2002) con un valor de 37.84% según el cual se debe al efecto ambiental.

Análisis de correlación

Los coeficientes estimados de correlación fenotípica (r_F), genética (r_G) y ambiental (r_E) están registrados en la Tabla 3. Los caracteres que acusaron alto grado de correlación fenotípica ($p < 0.05$) ($|r_i| > 0.50$) fueron: PVV x PGVV (0.88), PVV x REND (0.70) y PGVV x REND(0.63); Por otra parte se obtuvieron altas correlaciones genotípicas para PVV x PGVV (0.91), PVV x REND (0.88) y PGVV x REND (0.76), mientras que las correlaciones

ambientales (r_E) significativas estuvieron dadas por NGV x PVV (0.65), NGV x PGVV (0.73), PVV x PGVV (0.59).

Los coeficientes de correlación genética que acusaron mayores valores en magnitud ($|r_G| > 0.50$) con respecto al rendimiento de arveja en vaina verde (REND) fueron: peso de vaina verde (PVV: 0.88) y peso de grano verde por vaina (PGVV: 0.76). Estas correlaciones implican que dichos caracteres pueden ser importantes indicadores de rendimiento en poblaciones de alta variabilidad y revela que la selección de uno o ambos rasgos se puede

traducir en un rendimiento superior, lo cual tiene explicación desde el punto de vista genético por la existencia de una acción conjunta de genes que gobiernan o determinan dichos rasgos tal como lo afirman Pandey y Gritton (1975). Según Bedell (2006), la correlación genotípica puede ser debida a la acción pleiotrópica de un gen o debida al ligamiento de genes. El mismo autor indica que si la asociación entre dos rasgos (ya sea positiva o negativa) sigue siendo la misma en poblaciones parentales así como en poblaciones segregantes, significa que la asociación es resultado de la pleiotropía.

Tabla 3. Correlaciones fenotípicas (r_F), genéticas (r_G) y ambientales (r_E) para 4 caracteres en arveja (*P. sativum*): Número de granos por vaina (NGV), peso de vaina verde (PVV), peso de grano verde por vaina (PGVV) y rendimiento (REND).

	r 's	PVV	PGVV	REND
NGV	r_f	0.28	0.44*	0.33
	r_G	0.22	0.40*	0.37*
	r_E	0.65*	0.73*	0.26*
PVV	r_f		0.88*	0.70*
	r_G		0.91*	0.88*
	r_E		0.59*	0.14
PGVV	r_f			0.63*
	r_G			0.76*
	r_E			0.26*

*Correlación significativo ($P < 0.05$)

Este tipo de correlación es más importante para lograr el mejoramiento genético de un carácter mediante la selección de otro carácter genéticamente correlacionado. Las correlaciones genotípicas encontradas presentan resultados similares a los reportados por Ahmad, 2011; Rasaei *et al.*, 2011; Kosev y Mikic, 2012.

Para el número de granos por vaina (NGV) no se encontró correlación fenotípica respecto al

rendimiento (REND). Sin embargo, al descartar el efecto ambiental se obtuvo una correlación genética significativa baja entre estos dos caracteres (0.37) lo cual indica que en un reducido grado el número de granos por vaina estuvo asociado con el rendimiento; resultado similar al obtenido por Avci y Ceyhan, (2006). Por su parte, Sultana *et al.*, (2002), reportaron elevados coeficientes de correlación genotípica

(0.97) y fenotípica (0.89) entre número de granos por vaina y rendimiento, al igual que en las investigaciones de Avci y Ceyhan, (2001), donde el valor de correlación fenotípica permitió tomar al número de granos por vaina como criterio de selección y cuyos resultados se pueden ver en poblaciones de Ceyhan *et al.*, 2008, 2012.

Las diferencias en los coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento, reportados por distintos autores, pueden relacionarse con diferencias en variabilidad genética y condiciones ambientales. Es importante considerar que las correlaciones fenotípicas tienen poco valor práctico, son riesgosas y pueden conllevar a errores, pues incluyen la asociación entre caracteres tanto de naturaleza genética como ambiental (Ceballos, 2003).

El coeficiente de correlación ambiental es debido a los efectos ambientales y a las causas genéticas no aditivas (Dabholkar, 1999). En otras palabras, está asociado con un error de varianza. Siendo de menor importancia, por no ser heredable ni estable. Si el coeficiente de correlación genotípica es mayor que el coeficiente de correlación fenotípica, entonces existe una fuerte asociación genética entre esos dos caracteres, pero el valor fenotípico puede ser disminuido por la interacción significativa del ambiente (Bedell, 2006). Lo anterior fue observable en las correlaciones PVV x PGVV, PVV x REND y PGVV x REND (Tabla 3).

En algunas circunstancias, los coeficientes fenotípicos y genotípicos entre dos caracteres pueden ser similares, indicando que no existe efecto significativo de los factores ambientales sobre el nivel de asociación real de los caracteres en estudio (Espitia *et al.*, 2008). En otros casos como en la correlación NGV x PVV de la presente investigación en donde la correlación fenotípica es ligeramente superior a la genética, se puede deducir un efecto del medio, el cual se confirma por el mayor valor del coeficiente de correlación ambiental (0.65).

Análisis de sendero

Los resultados del análisis de coeficiente de sendero indican que para alcanzar una correlación genotípica entre NGV y REND de 0.37 (Tabla 3), la variable NGV aportó con un efecto directo de 0.32 y las variables PVV y PGVV con unos efectos indirectos de 0.30 y -0.25 respectivamente. Es de resaltar que a pesar de que la correlación genotípica entre los dos caracteres (NGV x REND), es relativamente baja, la misma depende en alto grado del efecto directo del NGV (Tabla 4; Figura 1). Lo anterior no significa que la variable no se deba tener en cuenta en otras investigaciones, puesto que sería muy probable que se destaque en poblaciones de alta variabilidad genética. En contraste, Kumar *et al.*, (2013), obtuvieron un efecto bajo pero negativo (-0.23), mientras que Sonali *et al.*, (2009), encontraron que esta variable se debe tener en cuenta para los programas de

mejoramiento de arveja en sus materiales sobre la variable rendimiento. evaluados debido a su elevado efecto directo

Tabla 4. Descomposición de las correlaciones genóticas (r_g) en efectos directos (diagonal) e indirectos (fuera de la diagonal), mediante análisis de sendero, para el rendimiento de arveja, en función del número de granos por vaina (NGV), peso de vaina verde (PVV) y peso de grano verde por vaina (PGVV).

Variables	NGV	PVV	PGVV
NGV	0.32	0.30	-0.25
PVV	0.07	1.4	-0.59
PGVV	0.13	1.27	-0.64

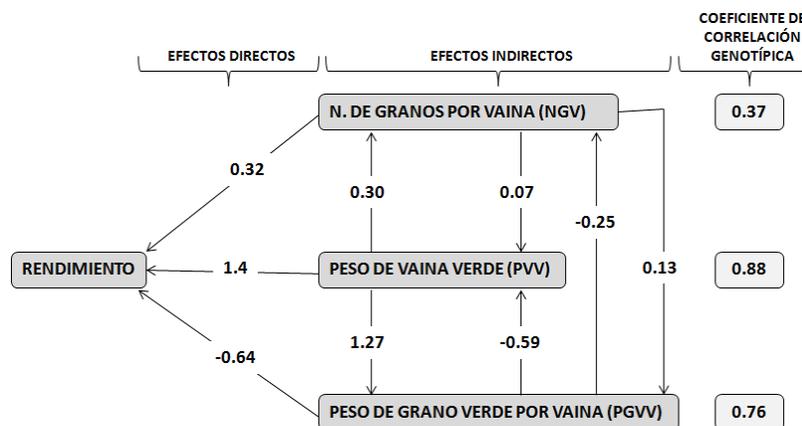


Figura 1. Diagrama de sendero mostrando los coeficientes de sendero del rendimiento en líneas de arveja (*P. sativum* L.) con gen afila.

Para la correlación genotípica entre PVV y REND que fue de 0.88, la variable PVV contribuyó con un efecto directo de 1.4, mientras que los caracteres NGV y PGVV aportaron los efectos indirectos de 0.07 y -0.59. Lo anterior sugiere que el efecto directo de PVV fue determinante para lograr la alta correlación de esta variable con el rendimiento (REND). Por lo tanto es claro que el peso de vaina verde (PVV) es una variable a través de la cual es posible

realizar la selección de los genotipos por rendimiento.

La correlación genotípica entre PGVV y REND fue de 0.76 (Tabla 3). El efecto directo de PGVV que contribuyó a esta correlación fue de -0.64 y los efectos indirectos de las variables NGV y de PVV que aportaron a la misma, fueron de 0.13 y de 1.27. El valor negativo del efecto directo de PGVV (-0,64) enfrentado al alto valor positivo del efecto indirecto aportado por PVV (1.27),

sugiere que la correlación genotípica obtenida entre PGVV y REND (0.76) está más soportada en los efectos indirectos en especial el de PVV, en consecuencia, no es posible utilizar la variable PGVV para la selección por rendimiento.

A pesar de que con el análisis de sendero, es posible identificar variables a través de las cuales se puede realizar selección indirecta por rendimiento o por otro rasgo de interés, es necesario tener en cuenta que los resultados obtenidos en esta investigación, solo son aplicables al grupo de líneas evaluadas, puesto que ellas fueron seleccionadas y no representan una muestra aleatoria de los genotipos de arveja existentes en una colección de amplia base genética.

Los resultados de correlaciones genéticas encontrados entre las variables peso de vaina verde (PVV) y peso de grano verde por vaina (PGVV) frente a rendimiento (REND) (0.88 y 0.76 respectivamente), sugieren que es posible seleccionar para rendimiento (REND), a través de las variables PVV y PGVV, en tal sentido se espera que los genotipos UDENAR11, UDENAR12, UDENAR14, UDENAR19 y UDENAR20 que lograron igualar al menos a uno de los testigos Andina y/o Sindamanoy, los igualen también en rendimiento, lo cual se confirmó en la comparación de promedios realizada para esta variable (Tabla 2).

CONCLUSIONES

- Las líneas con gen afila evaluadas no mostraron efecto en las variables altura de planta (ALT) y número de vainas por planta (NVP) respecto a los testigos de hojas normales Andina y Sindamanoy.
- El peso de vaina verde (PVV) y el peso de grano por vaina verde (PGVV) presentaron alta correlación genética con el rendimiento (REND).
- Las líneas con gen afila UDENAR11, UDENAR12, UDENAR14, UDENAR19 y UDENAR20, sobresalieron para los rasgos peso de vaina verde (PVV) y peso de grano por vaina verde (PGVV)
- En el análisis de sendero el peso de la vaina verde presentó el mayor efecto directo en la correlación genotípica entre los componentes de rendimiento y el rendimiento en fresco.
- Las líneas con gen afila evaluadas, mostraron rendimientos similares a la variedad Andina y constituyen una opción en la búsqueda de alternativas para mejorar la competitividad del cultivo de arveja a través de sistemas de tutorado más simples.

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 por el apoyo recibido para el desarrollo de la presente investigación.

BIBLIOGRAFIA

AHMAD, S. 2011. Character association and path analysis in peas (*Pisum sativum* L.). Breeding and genetics. University of Agriculture. Faisalabad, Pakistan. 3 p.

AVCI, M.A and Ceyhan, E. 2001. Relation among seed yield and some morphological characteristics of pea cultivars (*Pisum sativum* L.) sown in various sowing dates under central Anatolian. *S.U. Ziraat Fakultesi Dergisi*. 15: 173-183.

AVCI, M. and CEYHAN, E. 2006. Correlations and genetic analysis of pod characteristics in pea (*Pisum sativum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. Turkey. 5: 1-4.

BEDSELL, P. 2006. Tree breeding for genetic improvement of tropical tree species. 25-429.

BIDDLE, A.J., KNOTT, C.M. and GENT, G.P. 1988. The PGRO pea growing handbook. Processors and Growers Research Organization, England. 264p

CEBALLOS, H. 2003. Genética cuantitativa y fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 524 p.

CEYHAN, E.; KAHRAMAN, M.K. and KARADAS. 2008. Line X tester analysis in pea (*Pisum sativum* L.). Identification of superior parents for seed yield

and its components. *Africa Journal Biotechnology*.7: 2810-2817.

CEYHAN, E.; KAHRAMAN, M.K. and KARADAS. 2012. Stability analysis on seed yield and its components in peas. *Agriculture Science Bulgarian*. 18: 905-911.

CHECA, O. 2014. Investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño. En: http://www.ucc.edu.co/pasto/prensa/2014/Documents/1Resumen_Proyecto_L%C3%ADneas%20Arveja.pdf; consulta: Octubre 2014.

COHEN, L. and HOLLIDAY, M. 1996. Practical statistics for students. London. Globe graphics. 362 p.

COUSIN R, A.; MESSENGER and VINGERE, A. 1986. Breeding for yield in combining peas. *The pea crop*. 5:56-78.

CRUZ, D. 2004. Programa genes. Versao Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística. Universidade Federal de Vicosa. En: www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm; consulta: enero 2014.

DABHHOLKAR, A. 1999. Elements of bio metrical genetics (revised And Enlarged Edition). Concept Publishing Company. 420-425.

DAVIES, D.R. 1977. Restructuring the pea plant, *Sci. Prog. Oxford*, 64: 201- 214.

DEPARTMENT OF HORTICULTURAL SCIENCE. 1999. Vegetable cultivar descriptions for North America. University Raleigh. North Carolina State. 970 p.

- DJORDJEVIC, R.; MARKOVIC, Z.; PESIC, V. y DJINOVIC, I. 2001. The influence of "afaf" genes on pea (*Pisum sativum* L.) pod formation agricultural Research Institute "Serbia", Smederevska Palanka Yugoslavia. Center for Vegetable Crops. 26(2): 135-140.
- ENGELS, J.; HAWKES, J. y WOREDE, M. 1991. Plant Genetics Resources of Ethiopia: Cambridge University Press. 334 p.
- ERASO, A. y CUARAN, S. 2010. Evaluación de 15 líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en cinco municipios de la zona sur del departamento de Nariño. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño: Facultad De Ciencias Agrícolas. Área Agronomía. 28 p.
- ESPITIA, M.; ARAMÉNDIZ, H y CADENA, J. 2008. Correlaciones y análisis de sendero en algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en el Caribe Colombiano. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 61(1). 4325-4335.
- FALCONER, D. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. Continental. México. 383 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES (FENALCE). 2010. El cultivo de arveja historia e importancia. Disponible en: http://www.fenalce.org/arch_public/arveja93.pdf; consulta: febrero 2014.
- FIERRO, R. 2012. Estabilidad de 20 líneas de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) en cinco municipios del sur del departamento de Nariño. Tesis de Magister en ciencias Agrarias Universidad de Nariño. Maestría en Ciencias Agrarias. Área de Énfasis Producción de cultivos. San Juan de Pasto. 54 p.
- GARSON, G. D. 2012. Path Analysis. Asheboro, North Carolina: Statistical Associates Publishers. 52 p.
- GARZON, M. y GASCA, H. 1990. Comportamiento de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) para uso industrial bajo dos sistemas de siembra y cuatro densidades en las condiciones de la Sabana de Bogotá. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- GIACONI, V. 2004. Cultivo de hortalizas. 15 ed. Santiago de Chile: Editorial universitaria. 120 p.
- GOLDENBERG, J. B. 1965. "Afila" a new mutation in pea (*Pisum sativum* L.). Bol. Genet. 1: 27-28.
- GONZÁLES, M. 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis doctoral. Universidad de Valladolid: Departamento De Producción Vegetal Y Silvopascicultura. 272 p.
- HAZARD, B. 2005. Statistical methods for health Care Research. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 1: 377 p.
- HEDLEY, C.L., and AMBROSE, M. J. 1981. Designing "leafless" plants for improving the dried pea crop, Adv. Agron., 34: 225-227.
- INSTITUTO TÉCNICO Y DE GESTIÓN AGRÍCOLA DE NAVARRA (ITGA). 2003. Guisante proteaginoso en Navarra, campaña 2003-2004. 12 p.
- JANNINK, J.L.; LIEBMAN, M. and MERRICK, L.C. 1996. Biomass production and nitrogen accumulation in pea, oat and vetch green manure mixtures. Agronomy Journal. 88: 231-240.

- KHAN, T.N.; RAMZAN, G. JILLANI, G. and MEHMOOD. 2013. Morphological performance of peas (*Pisum sativum* L.) genotypes under rainfed conditions of Potowar region. J. Agric. Res., 51: 51-60.
- KOSEV, V and MIKIĆ, A. 2012. Short communication. Assessing relationships between seed yield components in spring-sown field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars in Bulgaria by correlation and path analysis. Spanish Journal of Agricultural Research. 10(4): 1075-1080.
- KUJALA, V.1953. Felderbse, bei welcher die ganz Blattspreite in Ranken umgewandelt ist. Arch. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo, 8: 44-45.
- KUMAR, B.; KUMAR, A. and ROOPA, L. 2013. Selection strategy for seed yield and maturity in field pea (*Pisum sativum* L.). African Journal of Agricultural Research. 8(44): 5411-5415.
- LIGARRETO M.; A. GUSTAVO; OSPINA H. y R. ANDRÉS. 2009. Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. Agronomía Colombiana. 27(3): 333-339.
- MARTIN, I.; TENORIO, J. y AYERBE, L. 1994. Yield, Growth, and water use of conventional and semi-leafless peas in semi-arid environments. Crop Science. 34:76-83.
- MARX, G.A. 1987. A suite of mutants that modify pattern formation in pea leaves. Plant Mol. Biol. Rep 5: 311-335.
- MERA, M.; LEVÍO, J.; ALCALDE, J. MORALES, M. y GALDAMES, R. 1996. Brisca-INIA, primera variedad de arveja áfila obtenida en Chile. Agricultura técnica (Chile): 56 (4): 282-286.
- MERA, M.; J.M. ALCALDE, y S. FERRADA. 1998. Arvejas para congelado en el sur: Sorprendente potencial de rendimiento. Tierra Adentro. 28:23-25.
- MERA, M.; KEHR, E.; MEJIAS, J.; IHL, M. y BIFANI, V. 2007. Arvejas (*Pisum sativum* L.) de vaina comestible sugar snap: Antecedentes y comportamiento en el sur de Chile. Agricultura Técnica (Chile). 67(4): 343-352.
- MIHAILOVIC, V. 2008. Componentes de rendimiento de grano afila (*af*) líneas de guisantes forrajeros (*Pisum sativum* L.). Instituto de Cultivos y Hortalizas, NoviSad, Serbia. 98 p.
- MOSES, E. 2006. A user's Guide to Path Analysis. University Press of America. 4 p.
- MUÑOZ, S.R. 2013. Evaluación agronómica de quince cultivares de arveja (*Pisum Sativum* L.), mediante el apoyo de investigación participativa con enfoque de género en la estación experimental del austro Bullcay. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de ingeniero agrónomo. 118 p.
- PANDEY, S. Y GRITTON, E.T. 1975. Genotypic and phenotypic variances and correlations in peas. Crop Science. 15: 353-356.
- PRIETO, G. 2011. El Cultivo de Arveja. AERINTA Arroyo Seco. 13 p.
- PROHENS.J AND NUEZ, T. 2007. Vegetables II: Liliaceae, Solanaceae, and Umelliferae. Handbook of plant breeding. Springer. 14-17.

- RASAEI, A; EGHBAL, M; GHOBADI, M Y NIYA, A. 2011. The study of traits correlation and path analysis of the grain yield of the peas in semi-dry conditions in Kermanshah. University Kermanshah. Irán. 4 p.
- REA, M. 2012. Evaluación de la aclimatación y rendimiento de 15 cultivares de arveja (*Pisum sativum* L.) a campo abierto, en Macaji, Canton Riobamba, Provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales. Escuela De Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 84 p.
- SAÑUDO, B. CHECA, O. Y ARTEAGA, G. 1999. Manejo agronómico de leguminosas En Zonas Cerealistas. Primera edición. Produmedios, Colombia. 97 p.
- SARUTAYOPHAT, T. 2012. Correlation and path coefficient analysis for yield and its components in vegetable soybean. Sonkglanakarín. Journal of science and technology. Bangkok.34 (3): 273-277.
- SINGH, M; HARI, D y BISTH, S. 2013. Genetic and genomic resources of grain legume improvement. 68-72.
- SONALI G, NIRMLA C, SAROJ D. 2009. Genetic variability, correlation and path analysis studies in pea (*Pisum sativum* L.). Crop Res. 38(1-3):179-183.
- SULTANA, A. K. M. A ISLAM, M. K. HASAN MITUAND M. A. K. MIAN. 2002. Genetic variability And character association in garden pea (*Pisum sativum* L. spp. Hortense) genotypes. Dept of Genetics and Plant Breeding Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University. Bangladesh. 9 p.
- TIEMERMAN, V; MILLS, G.; FREW, T.; BUTLER, T; MCCALLUM, J.; S., MURRAY, C.; WHITFIELD, A.; RUSELL, A y WILSON, D. 2004. Linkage mapping of QTLs for seed yield, yield components and developmental traits in pea (*Pisum sativum* L.). En: 4th Intl. Crop Sci. Congr. Brisbane, Australia.
- TULCÁN, G. Y CASTILLO, C. 1998. Efecto de la labranza y aplicación de herbicidas en el manejo de malezas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en el municipio de Pasto departamento de Nariño. Tesis (Ingeniero Agrónomo).Universidad de Nariño: Facultad De Ciencias Agrícolas. Área Agronomía.
- VALENCIA, A Y TIMANÁ, Y. 2013. Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) Y su reacción al complejo de *Ascochyta*. Revista de Ciencias Agrícolas. 29(2): 2256-2273.
- WANG, F.; FU, J.; DONG L. AND ZHU, Y. 2003. Tendril inheritance in semi-leafless pea and its utilization in breeding. Yi Chuan: Mar; Chinese. PubMed PMID: 25(2): 18 p.