

CORRELACIONES GENÉTICAS EN ARVEJA (*Pisum sativum* L.) TIPO AFILA

Marcela Elizabeth Riascos-Delgado^{1/*}, Oscar Eduardo Checa-Coral²

Palabras clave: Líneas; tutorado; variedades; componentes de rendimiento; coeficiente de sendero.

Keywords: Lines; system of tutoring; varieties; yield components; path coefficient.

Recibido: 10/01/2020

Aceptado: 25/02/2020


RESUMEN


Introducción. La arveja es un cultivo rentable en el departamento de Nariño el cual representa el 43% de la producción de arveja en Colombia involucrando alrededor de 8000 personas agricultoras dedicadas a su producción en vaina verde. Los agricultores utilizan variedades con altos costos de producción, lo que requiere buscar una mejor rentabilidad del cultivo. El grupo de investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño obtuvo 21 líneas avanzadas de arveja con gen *afila* (*af*). Estas líneas presentan características fenotípicas apropiadas para mejorar la eficiencia de los actuales sistemas de tutorado. **Objetivo.** Determinar los efectos directos e indirectos que están presentes en las correlaciones genéticas entre el rendimiento y sus componentes, para aportar a la selección por rendimiento en genotipos de arveja con gen *afila*. **Materiales y métodos.** Las 21 líneas fueron evaluadas en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, la parcela principal fueron las densidades y la subparcela los genotipos. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y se determinaron las

ABSTRACT

Genetic correlations in afila pea (*Pisum sativum* L.). Introduction. The pea is a profitable crop in Nariño-department which represents approximately 43% of pea production in Colombia and involves around 8000 farmers dedicated to its production in green pod. The farmers use varieties with high production costs, thus an improvement in profitability of this crop is necessary. The University of Nariño's Andean Crops research group, obtained 21 advanced pea lines with *afila* (*af*) gene. These lines present appropriate phenotypic characteristics to efficiency optimize of actual tutoring system. **Objective.** To determine the direct and indirect effects that are present in genetic correlations between the yield and its components, to contribute to the selection by yield of genotypes peas with *afila* (*af*) gene. **Materials and methods.** The 21 lines were evaluated in a splits plot design, where the main plot was the densities and the subplot were the genotypes. The results were subjected to analysis of variance and the genetic correlations between yield components were determined. To establish the direct and

* Autora para correspondencia. Correo electrónico: meriascos@agrosavia.co

¹ Agrosavia C.I. Obonuco, Nariño, Colombia.
 0000-0003-0573-2748.

² Universidad de Nariño, GRICAND, Facultad de Ciencias Agrícolas, Nariño, Colombia.
 0000-0002-6929-7717.

correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento. Para establecer los efectos directos e indirectos de los diferentes componentes sobre el rendimiento, se efectuó un análisis de Sendero. **Resultados.** El 73% de las correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento fueron significativas. Peso de cien granos verdes (PCGV) y número de vainas por planta (NVP) correspondieron a las variables con mayor efecto directo. **Conclusión.** El análisis de correlaciones genéticas indicó que es posible seleccionar genotipos con mayor peso de vaina a partir de la longitud de sus vainas. Los efectos directos NVP Y PCGV fueron los de mayor aporte y confirman su utilidad en la selección por rendimiento.

indirect effects of the components over yield, Path coefficient was made. **Results.** 73% of the genetic correlations between yield components were significant. The weight one hundred green grains (PCGV) and number of pods per plant (NVP) corresponded to the variables with the greatest direct effect. **Conclusion.** Genetic correlations analysis indicates that is possible to select genotypes with higher weight pod from the length of their pods. The direct effects NVP and PCGV were the most important, confirming their usefulness in selection by yield.

INTRODUCCIÓN

El fitomejoramiento, requiere de poblaciones evaluadas en diferentes ambientes y por generaciones para lograr la entrega de variedades adaptadas a las necesidades de los productores. En este proceso, uno de los pasos obligados es la selección de líneas promisorias, el cual puede ser complejo cuando se evalúan diversas variables. La identificación de correlaciones entre los caracteres puede facilitar la selección de genotipos; estas pueden ser de tipo fenotípico, genotípico o ambiental. Las de mayor confiabilidad son las correlaciones genéticas (rG) por ser las únicas de naturaleza heredable, mientras que el uso de correlaciones fenotípicas puede ser riesgoso, pues en ellas se incluye la asociación entre caracteres de naturaleza genética y ambiental (Checa y Blair 2005 y Espitia *et al.* 2008).

Pacheco *et al.* (2011) relaciona que las variables relevantes, en el proceso de selección de genotipos de arveja, son el rendimiento y sus componentes. Debido a que varios factores contribuyen al rendimiento, el conocimiento de las correlaciones simultáneas que aportan, puede optimizar el proceso de selección, sobre todo si la

característica a mejorar se encuentra relacionada con el rendimiento (Siddika *et al.* 2013).

El rendimiento y sus componentes pueden estar correlacionados por efectos genéticos pleiotrópicos, afectándose mutuamente, los cuales responden a asociaciones positivas o negativas (Ceyhan y Avci 2005). El coeficiente de correlación (rG) estima el grado y naturaleza de tales asociaciones, especialmente en procesos de selección de atributos de interés de baja heredabilidad, que son de difícil identificación y de baja respuesta para lograr ganancia genética (Espitia *et al.* 2008, Espitia *et al.* 2008). En arveja se han hecho algunos trabajos relacionados, por ejemplo, Đorđević *et al.* (2004) y Pantoja *et al.* (2014) que evaluaron líneas de arveja tipo afila, en los que encontraron que el rendimiento y sus componentes estaban altamente correlacionados, lo cual les permitió concluir que la ausencia de hojas no influye sobre los valores correlativos simples y que pueden representar importantes indicadores de rendimiento en poblaciones de alta variabilidad. En este sentido, Checa y Blair (2005) hallaron altas correlaciones entre los caracteres que gobiernan los componentes de capacidad trepadora y rendimiento en 84 líneas

de frijol, correlaciones controladas por genes ligados o con efectos pleiotrópicos.

A pesar de la utilidad de los coeficientes de correlación en la cuantificación de la magnitud y dirección de los efectos de las variables correlacionadas, esos coeficientes no indican la importancia exacta que tienen los efectos directos e indirectos. Un coeficiente de correlación alto o bajo entre 2 variables se puede deber, en alguna medida, al efecto de una tercera variable o grupo de variables que contribuyen a que dicha correlación exista. El análisis de sendero es útil al momento de conocer el aporte real de un grupo de variables independientes (componentes de rendimiento) sobre una variable dependiente (rendimiento), por medio de sus efectos directos e indirectos (Vencovsky y Barriga 1992, López y Ligarreto 2006, Abbott *et al.* 2007).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar los efectos directos e indirectos que están presentes en las correlaciones genéticas entre el rendimiento y sus

componentes, para aportar a la selección por alto rendimiento en genotipos volubles de arveja con gen afila.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Pasto - Colombia, a una altura de 2633 msnm, con coordenadas 1°12'40"LN y 77°15'18"LO, temperatura promedio de 13°C, precipitación promedio de 700 mm.año⁻¹ y humedad relativa entre 60 y 80%.

El material genético utilizado correspondió a 21 líneas idóneas afila, obtenidas mediante procesos de selección derivados de retrocruzamiento entre las variedades Andina, San Isidro y Sindamanoy, y los genotipos con gen afila Dove, ILS3575 e ILS3568. Las líneas fueron evaluadas por componentes de rendimiento y se utilizó como comparador las 3 variedades de arveja. La identificación de las líneas y su genealogía se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Genotipos y genealogía de las líneas evaluadas.

Línea	Genealogía
SX3568RC17	Sindamanoyx3568 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL17-F4RC1SM
SX3575RC19	Sindamanoyx3575 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL19-F4RC1SM
SX3568RC19	Sindamanoyx3568 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL9-F4RC1SM
SX3568RC11	Sindamanoyx3568 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL1-F4RC1SM
SIXDRC1100	SanIsidroxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL100-F4RC1SM
SX3568RC166	Sindamanoyx3568 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL66-F4RC1SM
SIXDRC166	SanIsidroxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL66 -F4RC1SM
SX3575RC120	Sindmaoyx3575 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL20-F4RC1SM
SX3575RC112	Sindmaoyx3575 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL12-F4RC1SM
SIXDRC154	SanIsidroxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL54-F4RC1SM
SIXDRC151	SanIsidroxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL51-F4RC1SM
AXDRC215	AndinaxDove F1RC1- F1RC2-F2RC2SI-F3RC2SI PL15-F4RC2SM
SXDRC118	SindamanoyxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL18-F4RC1SM
SX3575RC113	Sindmaoyx3575 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL13-F4RC1SM
SX3575RC1X1	Sindmaoyx3575 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PLX1-F4RC1SM
SX3568RC117	Sindamanoyx3568 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI-PL17 F4RC1SM
AXDRC24	AndinaxDove F1RC1- F1RC2-F2RC2SI-F3RC2SI PL4-F4RC2SM
SX3568RC128	Sindamanoyx3568 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL28-F4RC1SM
SX3575RC18	Sindmaoyx3575 F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL18-F4RC1SM
SXDRC156	SindamanoyxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL56-F4RC1SM
SIXDRC183	SanIsidroxDove F1RC1-F2RC1SI-F3RC1SI PL83-F4RC1SM

Las líneas se evaluaron en 2 densidades de siembra para determinar los efectos del rendimiento. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela principal fueron las densidades y la subparcela los genotipos.

Las variables evaluadas: peso de vaina verde (PVV), número de vainas por planta (NVP), largo de vaina (LV), relación grano/vaina (RGV), peso de cien granos verdes (PCGV) y rendimiento (REND).

Los resultados se sometieron al análisis de varianza mediante el programa ExpDes version 1.2.0. Para las variables con diferencias estadísticas del factor genotipo y/o la interacción genotipo x densidad, se determinaron las correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento, por medio del programa GENES (Cruz 2006) y el siguiente modelo:

$$rG(xy) = cov G(xy) / sG(x). sG(y)$$

Donde: $r(xy)$ y $cov(xy)$ corresponden a las correlaciones y covarianza genéticas (rG) entre las variables x y y .

La significancia estadística de la correlación se determinó mediante la prueba de t (Espitia *et al.* 2008). Con el fin de establecer los efectos directos e indirectos de los diferentes componentes sobre el rendimiento en vaina verde de arveja, para las correlaciones genéticas, se efectuó un Análisis de Sendero (Cruz 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza: los resultados mostraron diferencias altamente significativas para genotipos en las variables largo de vaina (LV), peso de vaina verde (PVV), relación grano/ vaina (RGV), peso de cien granos verdes (PCGV) y rendimiento (REND). La interacción densidad por genotipo fue altamente significativa para el número de vainas por planta (NVP) y significativa para rendimiento (REND) (Tabla 2).

Tabla 2. Cuadrados medios para las variables.

Fuente de variación	GL	LV	NVP	PVV	RGV	PCGV	REND
Densidad (FD)	1	0,49702	607,20 *	16,6410	0,000028	80,764	3231955*
Bloque	2	0,72241	10,25	25,3210	0,002928	95,462	15032329
Error a	2	0,14357	6,49	0,3868	0,003517	50,815	42061
Genotipo (FG)	23	141,340**	36,53	58,9531**	0,010436**	308,971**	2925525**
FD x FG	23	0,34609	60,01 **	13,4220	0,003074	59,275	2153343*
Error b	92	0,40984	29,45	11,2350	0,003384	67,940	1083608
CV %		7,55	36,93	14,66	11,24	13,60	37,00
Desvest		0,75	6,24	1,39	6,24	10,27	1321
Mínimo		7,56	8	4,99	0,43	45,38	1433
Máximo		9,28	27	8,76	0,60	71,21	5163
Media		8,48	D1:16,9 D2: 13	7,23	0,52	60,59	D1: 2662 D2: 2962

* = diferencias significativas ($p \leq 0,05$); ** = diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$).

LV = largo de vaina

NVP = número de vainas por planta

PVV = peso de vaina verde

RGV = relación grano/vaina

PCGV = peso de cien granos verdes

REND = rendimiento

Para la variable largo de vaina (LV) los genotipos presentaron un promedio de 8,48 cm, similar al encontrado por Checa y Rodríguez

(2015) en evaluación de genotipos afila (8,03); estos promedios fueron superiores al reportado por Ligarreto y Ospina (2009) en evaluación

de genotipos volubles tipo Isabel (6,5 cm). Se demostró que para esta característica presentan mejores resultados los genotipos tipo afila.

En número de vainas por planta (NVP), el promedio general fue de 14,95 vainas. Checa *et al.* (2017) evaluaron líneas arbustivas sembradas en 3 épocas del año, como resultado obtuvieron promedios de 11,95; 35,67; 33,84 vainas por planta, respectivamente. En el primer resultado, las plantas estuvieron sometidas a bajas precipitaciones en el primer mes del cultivo, similar a la temporada de escasas lluvias en que se evaluó este experimento. En condiciones edafoclimáticas óptimas los genotipos afila podrían generar mejores resultados para este atributo. Adicionalmente, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas en la interacción genotipo x densidad. Para la densidad 1 (D1) se presentaron promedios de 16,9 vainas, mientras que para la densidad 2 el promedio fue inferior con 13 vainas. Lo anterior, es explicable teniendo en cuenta que para D2 se duplicó la población de plantas, lo cual generó mayor competencia por espacio y luz.

Para la relación grano vaina (RGV) el promedio entre los genotipos evaluados fue de 0,52, inferior al reportado por Checa y Rodríguez (2015) quienes encontraron un promedio superior de 0,66 en genotipos afila. Las vainas de este experimento presentaron mayor longitud, ya que obtuvieron una distribución del peso de la vaina con grano similar entre las valvas y los granos.

Por otra parte, el promedio entre los genotipos evaluados para peso de 100 granos verdes (PCGV) fue de 60,59 g, similar al reportado en el boletín divulgativo de la variedad INIAP 436 Liliana (Peralta *et al.* 2010) de 60,19 g. Al igual, Anchivilca (2018) evaluó el cultivar

Rondo, en diferentes tratamientos de fertilización obtuvieron un peso promedio para estas variables de 66,9 g. La variedad INIAP 436 Liliana y el cultivar Rondo tienen crecimiento arbustivo, similar a los parentales recurrentes de los genotipos evaluados.

Para rendimiento (Rend) la interacción FD x FG fue altamente significativa, pues se presentaron diferencias entre los genotipos en cada una de las densidades evaluadas; para la densidad 1 (D1) el promedio general fue de 2662 kg.ha⁻¹, mientras que para la densidad 2 (D2) fue de 2962 kg.ha⁻¹. La población D2, al tener el doble de plantas que D1, contrarrestó el menor número de vainas que obtuvieron los genotipos evaluados en esta densidad, lo cual generó promedios superiores, por ello, es la mejor alternativa para el establecimiento de los genotipos afila.

Correlaciones genéticas: se observaron correlaciones significativas entre rendimiento (REND) y las variables número de vainas por planta (NVP) y peso de cien granos verdes (PCGV) con coeficientes de 0,71 y 0,77, respectivamente, lo cual indica que las selecciones por estas 2 variables pueden utilizarse en la selección indirecta por rendimiento (Tabla 3). Estos resultados confirman lo reportado por Ligarreto y Ospina (2009), quienes encontraron, en genotipos de arveja, altas correlaciones entre estas variables. Asimismo, Ceyhan y Avci (2005) reportaron una correlación de 0,69 entre REND y NVP. Iqbal *et al.* (2015) coinciden con una correlación positiva y significativa de 0,70 entre rendimiento y peso de 100 granos. Lo anterior, indica que para lograr aumentar el rendimiento es conveniente buscar genotipos con valores altos de NVP y PCGV.

Tabla 3. Correlaciones genéticas para 5 caracteres en arveja (*Pisum sativum* L.).

	NVP	PVV	RGV	PCGV	REND
LV	-0,1533	0,9555 *	-0,4394 *	0,6479*	0,3408*
NVP		0,0202	0,0766	0,5214*	0,7128*
PVV			-0,236	0,8518*	0,2702*
RGV				0,3683*	0,2997*
PCGV					0,7723*

El rendimiento (REND) también presentó correlación genética con largo de vaina (LV), peso de vaina verde (PVV) y relación grano/vaina (RGV), aunque el grado de asocio con estas variables fue relativamente bajo con valores entre 0,27 y 0,34 (Tabla 3). Mera *et al.* (1989) obtuvieron correlación negativa y significativa para estas variables, que fue explicada por los problemas de vaneamiento que afectaron el rendimiento final de sus ensayos. Por otra parte, Nawab *et al.* (2008) reportaron correlación positiva y baja entre REND y PVV (0,36), similar a la encontrada en este estudio. Maiza *et al.* 2015 hallaron una correlación de 0,83 entre largo de vaina (LV) y rendimiento (REND), superior a la observada en la presente investigación, en la cual los genotipos probablemente presentaron mayor uniformidad para el largo de vaina lo que hace un menor aporte a la correlación con rendimiento.

Se presentó una correlación alta y significativa (0,64) entre peso de cien granos verdes (PCGV) y largo de vaina (LV), similar a lo reportado para estas variables por Nawab *et al.* (2008) y Siddika *et al.* (2013), quienes encontraron una correlación de 0,49 y 0,48, respectivamente. Lo anterior, sugiere que la selección de genotipos con vainas grandes conduce a obtener materiales genéticos con mayor peso en sus granos. De igual forma, El PCGV correlacionó significativamente con peso de vaina verde (PVV=0,85), lo que indica que los genes que controlan el peso del grano pueden ser también responsables en alta proporción del peso de la vaina.

La correlación genética significativa entre REND y las variables de PVV y PCGV,

y la correlación entre las variables PCGV y PVV obtenidas en este estudio, concuerdan los resultados de Pantoja *et al.* (2014) en la evaluación realizada con 20 líneas de arveja afila y 2 testigos de hoja convencional. Por su parte, Dordevic *et al.* (2004), en una evaluación de arvejas afila y tipo convencional, obtuvieron correlaciones entre rendimiento y las variables peso de vaina, peso de grano y relación grano/vaina con valores superiores a 0,82. Además, observaron que todos los genotipos estudiados (afila y de hojas normales) no produjeron cambios en el valor de correlación para rendimiento y sus componentes, confirmando que la reducción de la superficie de la hoja en los genotipos afila no tiene efecto sobre el rendimiento como lo reportó Cousin (1997).

Por otra parte, la correlación genética fue significativa y positiva entre el PCGV y RGV (0,36); sin embargo, el valor de esta correlación no fue alto, lo que sugiere una leve influencia del peso de la semilla en RGV. En consecuencia, un bajo peso de grano contribuye a la reducción de RGV en cuyo caso el mayor peso de la vaina estaría dado más por los tejidos de las estructuras de las “valvas” que por el grano en sí mismo.

Se presentó una correlación alta y significativa entre LV y PVV (0,95), lo cual es posible si se tiene en cuenta que, en vainas más largas, las plantas pueden presentar un número de granos mayor, un tamaño más grande de sus granos o un mayor peso de sus valvas, lo anterior, conduce a incrementar el peso de las vainas.

Esta correlación genética tan alta sugiere que en la expresión de los 2 caracteres estén involucrados los mismos factores genéticos o que los genes que los controlan presentan alto grado de ligamiento, lo cual es favorable en el proceso de selección. Es importante tener en cuenta que, si 2 caracteres muestran una correlación genética favorable, entonces, es posible avanzar para uno de ellos mediante la selección indirecta del otro (Zambrano y Baldin 2017); sin embargo, es necesario establecer si existen otras variables que estén contribuyendo a la correlación entre estos 2 caracteres.

La variable de LV presentó correlación negativa con RGV, que puede explicarse por los espacios entre los granos y por el peso de las valvas que son frecuentes en las vainas grandes, en contraste con las vainas pequeñas que presentan valvas delgadas y granos más constreñidos.

Análisis de sendero: la variable largo de vainas (LV) logró una correlación genética de 0,34 con rendimiento; sin embargo, su efecto directo fue el más alto con 14,48, lo cual coincide con los reportado por Garima y Lavanya (2012) quienes relacionaron un efecto positivo y directo entre rendimiento y LV en genotipos de arveja. No obstante, el efecto directo hallado en este estudio fue compensado por los efectos indirectos negativos de PVV (-13,84), NVP (-0,32), RGV (-1,074) y un leve efecto indirecto positivo de PCGV (1,11) (Tabla 4). Lo anterior, indica que la variable peso de la vaina verde (PVV) fue la que más influyó en la reducción de la correlación entre LV y REND, lo cual sugiere que el largo de vainas por sí mismo no fue determinante en el rendimiento en vaina verde, debido a la presencia de variables que contrarrestaron su efecto directo.

Tabla 4. Efectos directos e indirectos de la correlación genética entre rendimiento y sus componentes en la evaluación de 21 líneas de arveja afila.

	LV	NVP	PVV	RGV	PCGV
Correlación genética con rendimiento (REND)	0,34	0,71	0,27	0,29	0,77
Efecto directo sobre el rendimiento (REND)	14,48	2,14	-14,49	2,44	1,71
Efecto indirecto					
LV		-2,21	13,83	-6,36	9,38
NVP	-0,32		0,43	0,16	1,11
PVV	-13,84	-0,29		3,42	-12,33
RGV	-1,07	0,18	-0,57		0,90
PCGV	1,11	0,89	1,46	0,63	

La variable NVP alcanzó alta correlación genética con rendimiento (0,71). En esta correlación el efecto directo de NVP fue de 2,14, y las variables PCGV y RGV aportaron con efectos indirectos positivos de 0,89 y 0,18 a la mencionada correlación; estos valores fueron contrarrestados por los efectos indirectos negativos de LV (-2,21) y PVV (-0,29). Los resultados sugieren que esta correlación depende en gran medida de los efectos directos de NVP, pues los

efectos indirectos se compensan unos con otros. En consecuencia, el valor alto de la correlación permite confirmar que la variable NVP puede ser de utilidad para la selección de genotipos por rendimiento. Ceyhan y Avci (2005) reportaron resultados similares, al encontrar una correlación genética entre vainas por planta y rendimiento en grano de 0,72 y un efecto directo superior de 11,92. Jeberson *et al.* (2016) analizaron el efecto de 5 componentes sobre el

rendimiento en grano de arveja y encontraron mayor efecto positivo y directo en vainas/planta seguido de longitud de vaina. Singh (2010) menciona que el número de vainas por planta es uno de los caracteres más importantes para mejorar el rendimiento de arveja y obtener mayor ganancia genética.

La correlación genética del peso de vaina verde (PVV) y rendimiento (REND) fue de 0,27, resultante del efecto directo negativo de PVV con -14,49, valor que fue compensado por el efecto indirecto de la variable LV con 13,83 y en menor medida por los efectos indirectos de NVP y PCGV que aportaron 0,43 y 1,46, respectivamente; mientras que la variable RGV contribuyó de forma indirecta y negativa con -0,18. Los resultados indican que las variables PVV y LV son antagónicas y cada una de ellas afecta de manera contraria la correlación genética de la otra con el rendimiento. En consecuencia, PVV no es una variable que pueda usarse con seguridad para selección indirecta de genotipos por rendimiento. En contraste, Pantoja *et al.* (2014) observaron que la correlación genética entre PVV y REND (0,88) estaba más relacionada con los efectos directos de PVV, por lo que permitía utilizar esta variable en la selección de genotipos por rendimiento, argumento que difiere con lo encontrado en este estudio, lo cual se atribuye a que, en la investigación realizada por dichas personas autoras, no se tuvo en cuenta la variable largo de vainas (LV), cuyos efectos indirectos en la presente investigación impidieron que la correlación entre PVV y REND fuera alta.

La correlación genética entre la variable relación grano/vaina (RGV) y rendimiento fue de 0,29. Aunque el aporte directo de RGV fue de 2,44 y los efectos indirectos de las variables NVP, PVV y PCGV fueron de 0,16; 3,42 y 0,63; el efecto indirecto de LV de -6,36 contrarrestó los efectos anteriores, lo que indica que la relación grano/vaina (RGV) no es un carácter determinante en la selección de genotipos por rendimiento.

El peso de cien granos verdes (PCGV) correlacionó genéticamente con rendimiento con un valor de 0,77 y un efecto directo de 1,71. El efecto indirecto de largo de vaina fue el de mayor contribución positiva con 9,38; NVP (1,11) y RGV (0,90) aportaron en menor medida a la correlación. No obstante, estos valores fueron contrarrestados por el efecto indirecto de peso de vaina verde (PVV) que fue de -12,33. Se deduce que la correlación de PCGV y REND está en su mayoría proporcionada por el efecto directo, ya que sus efectos indirectos se compensan entre ellos con valores positivos y negativos, sugiriendo a PCGV como una de las variables útiles para la selección indirecta por rendimiento. Pantoja *et al.* (2014) reportaron, para la misma correlación, mayor aporte de los efectos indirectos, sin embargo, sus resultados no son comparables con la presente investigación, debido a que estas personas autoras no incluyeron las variables LV y NVP en su estudio y, por tanto, tampoco establecieron sus efectos indirectos para la correlación entre PCGV y rendimiento.

En general, se observó que las correlaciones genéticas entre rendimiento y sus componentes (LV, NVP, PVV, RGV y PCGV) fueron principalmente influenciadas por sus efectos indirectos, los cuales contrarrestaron la acción de los efectos directos, que produjeron en algunas variables, coeficientes bajos que limitaron su uso en la selección indirecta por este rasgo. Lo anterior, confirma que el rendimiento no es determinado por un solo componente y que obedece a un carácter de herencia cuantitativa en la cual, diferentes genes y rasgos son responsables de su expresión.

La selección de genotipos en mejoramiento genético de arveja por un carácter puede dificultarse, debido a que su expresión está influenciada por los demás componentes. Al respecto, Timmerman *et al.* (2004) afirman que en arveja los componentes de rendimiento muestran interdependencia o “plasticidad”, que hace que sea muy poco probable, que la selección para el aumento de rendimiento basado en un único componente, tenga éxito.

CONCLUSIONES

El 73% de las correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento fueron significativas. El análisis de correlaciones genéticas indicó que es posible seleccionar genotipos con mayor peso de vaina a partir de la longitud de sus vainas.

Las correlaciones genéticas sugieren que las variables, número de vainas por planta y peso de 100 granos verdes, pueden ser usadas para la selección por rendimiento de genotipos de arveja voluble con gen afila.

En el análisis de sendero, las correlaciones genéticas entre rendimiento y sus componentes fueron altamente afectadas por los efectos indirectos, sin embargo, en las variables, peso de cien granos verdes y número de vainas por planta, los efectos directos fueron los de mayor aporte, lo que confirma su utilidad en la selección por rendimiento en vaina verde.

AGRADECIMIENTOS

Las personas autoras agradecen a la Universidad de Nariño, en especial a los integrantes del Grupo de Cultivos Andinos- Grincand, al Programa de Jóvenes Investigadores de Colciencias y al Centro Internacional de Agricultura Limpia-Lope del SENA.

LITERATURA CITADA

- Abbott, L.; Pistorale, S.; Filippini, O. 2007. Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento de semillas en *Bromus catharticus*. *Ciencia e Investigación Agraria* 34(2):141-149. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000200007>
- Anchivilca, H. 2018. Abonamiento orgánico y fertilización npk en arveja verde (*Pisum sativum* L.) cv. rondo, bajo riego por goteo en tupicocha, huarochiri?. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria de Molina. 84 p.
- Ceyhan, E; Avci, M. 2005. Combining ability and heterosis for grain yield and some yield components in pea (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8(10):1447-1452. DOI: 10.3923/pjbs.2005.1447.1452
- Checa, Ó; Bastidas, J; Narváez, O. 2017. Evaluación agronómica y económica de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en diferentes épocas de siembra y sistemas de tutorado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 20(2):279-288. DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.380>
- Checa, O; Blair, M. 2005. Correlaciones fenotípicas y genéticas entre componentes de capacidad trepadora y rendimiento en frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). *Fitotecnia Colombiana* 5(2):37-46.
- Checa, O; Rodríguez, M. 2015. Resistencia a oidio (*Erysiphe polygoni*) y rendimiento en arveja afila (*Pisum sativum* L.). *Revista Temas Agrarios* 20(2):58-71. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v20i2.759>
- Cousin, R. 1997. Peas (*Pisum sativum* L.). *Field Crops Research* 53(1-3):111-130. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00026-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00026-9)
- Cruz, C. 2006. Programa GENES. Versao Windows. Aplicativo computacional en genética y estadística (en línea). Editorial UFV. Universidad Federal de Vicosa. Consultado 15 ago. 2018. Disponible en http://arquivo.ufv.br/dbg/genes/Genes_Br.htm
- Đorđević, R; Zdravković, J; Zečević, B; Cvikić, D; Ivanović, M. 2004. Correlation of yield and yield components for afila and normal leave pea (*Pisum sativum* L.). Original scientific paper. *Genetika* 36(1):39-45.
- Espitia, M; Aramendiz, H; Cardona, C. 2008. Correlaciones para algunas propiedades físicas y químicas del fruto y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa Degener). *Agronomía Colombiana* 26(2):292-299.
- Espitia, M; Aramendiz, T; 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.
- Garima, T; Lavanya, G. 2012. Genetic variability, character association and component analysis in F4 generation of fieldpea (*Pisum sativum* var. arvense L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 25(2):173-175.
- Iqbal, M; Bashir, I; Iqbal, M; Nadeem, K; Lateef, A; Chishti, S; Niaz, S. 2015. Association pattern among yield and its related attributes in peas (*Pisum sativum* L.). *J. Agric. Res.* 53(2):173-177.
- Jeberson, M; Shashidhar, K; Iyanar, K. 2016. Estimation of genetic variability, expected genetic advance, correlation and path analysis in field pea (*Pisum sativum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding* 7(4):1074-1078. DOI:10.5958/0975-928X.2016.00147.2
- Ligarreto, G; Ospina, A. 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.

- López, J; Ligarreto, G. 2006. Evaluación por rendimiento de 12 genotipos promisorios de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo Bola roja y Reventón para las zonas frías de Colombia. *Agronomía Colombiana* 24(2):238-246.
- Maiza, B; Siles, M; Ríos, R; Gabriel, J. 2015. Comportamiento de catorce líneas mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) en la zona de Challapata, Oruro. *Journal of the Selva Andina Research Society* 6(1):10-22.
- Mera, M. 1989. Densidad poblacional y espaciamento en arvejas. *Agricultura Técnica (Chile)* 49(1):54-60.
- Nawab, N; Subhani, G; Mahmood, K; Shakil, Q; Saeed, A. 2008. Genetic variability, correlation and path analysis studies in garden pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Agricultural Research* 46(4):333-340.
- Pacheco, C; Vergara, H; Ligarreto, G. 2011. Clasificación de 42 Líneas Mejoradas de Arveja (*Pisum sativum* L.) por Caracteres Morfológicos y Comportamiento Agronómico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 63(2):5543-5553.
- Pantoja, D; Muñoz, K; Checa, O. 2014. Evaluación y correlación de componentes de rendimiento en líneas avanzadas de arveja *Pisum sativum* con gen afilea. *Revista de ciencias Agrícolas* 31(2):24-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.143102.29>
- Peralta, E; Murillo, A; Mazón, N; Pinzón, J; Monar, C. 2010. INIAP-436 Liliana: Nueva variedad de arveja para la provincia de Bolívar. *Boletín Divulgativo* N°. 381. Editorial: Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 4 p.
- Siddika, A; Islam, A; Rasul, M; Mian, M; Ahmed, J. 2013. Genetic variability in advanced generations of vegetable pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Plant Breeding* 7(2):124-128.
- Singh, K. 2010. Selection criteria for improving yield and its components in table pea (*Pisum sativum*). *Current Advances in Agricultural Sciences* 2(1):22-24.
- Timmerman, G; Millis, A; Frew, J; Butler, R; Mccallum, J; Murray, S; Whitfield, C; Russell, A; Wilson, D. 2004. Linkage mapping of QTLs for seed yield, yield components and developmental traits in pea (*Pisum sativum* L.) (en línea). *Crop Science*. Consultado: 24 feb. 2019. Disponible en [http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/3/4/1/519_timmermang.htm](http://www.cropsscience.org.au/icsc2004/poster/3/4/1/519_timmermang.htm)
- Vencovsky, R; Barriga, P. 1992. Genética biométrica no fitomelhoramento. *Sociedade Brasileira de Genética*. Reverso Preto, Brazil. 486 p.
- Zambrano, E; Baldin, J. 2017. Agronomic evaluation and clonal selection of ginger genotypes (*Zingiber officinale Roscoe*) in Brazil. *Agronomía Colombiana* 35(3):275-284. DOI: <https://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n3.62454>



