

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE OCHO LÍNEAS DE ARVEJA ARBUSTIVA  
EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA EN PASTO Y TANGUA**

**SANDRA MARIBEL RUANO CASTILLO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO**

**2019**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE OCHO LÍNEAS DE ARVEJA ARBUSTIVA  
EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA EN PASTO Y TANGUA**

**SANDRA MARIBEL RUANO CASTILLO**

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

**Asesor:**

**Oscar Checa Coral Ph. D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**SAN JUAN DE PASTO**

**2019**

**Tabla de contenido**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN .....</b>                   | <b>4</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                   | <b>5</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>              | <b>6</b>  |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>       | <b>7</b>  |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>     | <b>9</b>  |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>              | <b>26</b> |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>           | <b>27</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>28</b> |

## **Evaluación agronómica de ocho líneas de arveja arbustiva en tres épocas de siembra en Pasto y Tangua**

Agronomic evaluation of eight shrub pea lines in three sowing seasons in Pasto and Tangua

**Sandra Ruano Castillo<sup>1</sup>; Oscar Checa Coral<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño. Grupo de investigación en cultivos andinos –GRICAND. Pasto, Colombia, ruano.univ@gmail.com.

<sup>2</sup> Profesor titular I.A. Ph. D Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Grupo de investigación en cultivos andinos –GRICAND. Pasto, Colombia, cicagrarias@hotmail.com.

### **RESUMEN**

Esta investigación contribuye en la búsqueda de una variedad de arveja arbustiva como alternativa productiva para la zona cerealista de Nariño. Se realizó en los municipios de Pasto y Tangua, durante tres épocas de siembra correspondientes a los meses de marzo, abril y mayo del año 2017. Se evaluó el comportamiento agronómico de ocho líneas de arveja arbustiva en seis ambientes teniendo en cuenta las variables del ciclo vegetativo, componentes de rendimiento y reacción a enfermedades foliares. Para rendimiento en vaina verde se analizó la adaptabilidad y estabilidad fenotípica de las líneas utilizando el método de Eberhart y Russell (1966). Resaltó por su precocidad la línea GRICAND403; sobresalieron en la mayoría de ambientes, GRICAND404 en número de vainas por planta; en peso de vaina GRICAND406; en rendimiento en vaina verde GRICAND404 y GRICAND405 y en rendimiento en grano seco GRICAND404, GRICAND405 y GRICAND406. Número de granos por vaina presentó interacción localidad por línea donde GRICAND401 se destacó en Pasto y Tangua. El análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica permitió identificar como ambientes favorables a Pasto y Tangua abril; GRICAND407, GRICAND402, GRICAND404, GRICAND406 y GRICAND405 superaron la media general y con valores de  $\beta=1$  y  $S^2=0$ , indicaron buena adaptabilidad y comportamiento predecible, siendo posible recomendarlos para los seis ambientes evaluados. En reacción a enfermedades todas las líneas fueron susceptibles al ataque del

complejo ascochyta observándose la mayor severidad en la época de siembra de marzo. El mayor ataque de oídio se evidenció en la época de menor precipitación (mayo).

**Palabras clave:** adaptabilidad y estabilidad, ciclo de cultivo, componentes de rendimiento, interacción, reacción a enfermedades.

### **ABSTRACT**

The research contributes to the search of a variety of shrub pea as a productive alternative for the cereal zone of Nariño. It was carried out in the municipalities of Pasto and Tangua, during three planting seasons corresponding to the months of March, April and May of the year 2017. The agronomic behavior of eight lines of bush pea was evaluated in six environments taking into account the variables of the vegetative cycle, performance components and reaction to foliar diseases. For green pod yield, the phenotypic adaptability and stability of the lines was analyzed using the method of Eberhart and Russell (1966). The line GRICAND403 stood out for its precocity; excelled in the most environments, GRICAND404 in number of pods per plant; in weight of pod GRICAND406; in green pod yield GRICAND404 and GRICAND405 and in dry grain yield GRICAND404, GRICAND405 and GRICAND406. Number of grains per pod presented interaction locality by line where GRICAND401 stood out in Pasto and Tangua. The analysis of phenotypic adaptability and stability allowed identifying as favorable environments for April in Pasto and Tangua; GRICAND407, GRICAND402, GRICAND404, GRICAND406 and GRICAND405 exceeded the general average and with values of  $\beta = 1$  and  $S_2 = 0$ , indicated good adaptability and predictable behavior, being possible recommendations for the six environments evaluated. In reaction to diseases, all the lines were susceptible to the attack of the ascochyta complex, observing the highest severity at the sowing season of March. The greater attack of powdery mildew was evidenced in the period of lower precipitation (May).

**Keywords:** adaptability and stability, crop cycle, yield components, interaccion, reaction to diseases.

## INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una leguminosa originaria de Asia; presenta diversos destinos para su uso: industrial, alimentación animal, mercado fresco y semilla. La arveja arbustiva es un renglón poco explotado en Colombia. Según FENALCE (2018) las importaciones de arveja en Colombia para el año 2016 fueron de 37.868 ton/año, las cuales son en su mayor parte de segunda a cuarta categoría, provenientes principalmente de Canadá y Estados Unidos. En la búsqueda de nuevas opciones de producción para la zona andina del Departamento de Nariño, la arveja arbustiva puede constituirse en una importante alternativa agrícola que contribuya a incrementar los ingresos de los productores.

Las condiciones agroecológicas de la zona cerealista de Nariño, ubicada entre los 2000 y 2800 msnm, son apropiadas para este cultivo, existiendo variedades de tipo voluble que requieren un sistema de tutorado que representa el 52% de los costos de producción. Debido a la baja capacidad económica de los agricultores de la zona cerealista de Nariño, las siembras de arveja voluble se realizan al voleo o en surcos sin tutor. Las plantas al no contar con la estructura adecuada, se postran sobre el suelo, factor que posibilita la proliferación de patógenos causantes de enfermedades foliares como ascoquita (*Ascochyta pisi*), antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y oídio (*Erysiphe pisi*), reduciéndose drásticamente los rendimientos y la calidad del producto. Los agricultores de la zona cerealista no cuentan con opciones de rotación que les permita mejorar sus ingresos (Checa *et al.*, 2017); es posible encontrar materiales de arvejas arbustivas adaptados a la zona cerealista con una adecuada época de siembra, que podrían ser una nueva opción productiva que permita al productor participar en el mercado en fresco de esta especie con un buen margen de beneficio, de igual manera la producción de grano seco puede contribuir en parte a la sustitución de importaciones que se realizan para satisfacer la demanda nacional. La evaluación de materiales en diferentes localidades, a lo largo del tiempo, es una importante medida para estimar las respuestas fenotípicas diferenciales en distintas condiciones ambientales.

En este sentido la presente investigación se realizó con el fin de contribuir a la búsqueda de una nueva alternativa productiva para la zona cerealista de Nariño a través de la evaluación

del comportamiento agronómico de ocho genotipos de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en tres épocas de siembra para los municipios de Pasto y Tangua; su adaptabilidad y estabilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La investigación se llevó a cabo entre los meses de marzo y septiembre del año 2017, en dos municipios de la zona cerealista de Nariño, correspondientes al municipio de Pasto en las instalaciones del Centro Internacional de Producción Limpia Lope SENA ubicado a 01°12'28" N, 77°15'06"O, a 2.612 msnm, temperatura promedio de 13,5°C y precipitación anual de 815,4 mm y en Tangua, ubicado a 1°06'26,6"N, 77°23'20,8"O, a 2.403 msnm, temperatura promedio de 14°C y precipitación anual de 950 mm.

**Factores evaluados y diseño experimental.** La evaluación incluyó dos localidades, tres épocas de siembra y ocho líneas de arveja arbustiva. Las localidades fueron Pasto y Tangua y las tres épocas de siembra establecidas en cada localidad correspondieron a la primera semana de marzo, abril y mayo de 2017. En cada época y localidad se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a ocho líneas de arveja arbustiva seleccionadas para la evaluación (Tabla 1). Estas líneas pertenecen a la colección de trabajo del programa de mejoramiento genético de esta leguminosa desarrollado por el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos GRICAND de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

**Tabla 1.** Identificación y origen de las líneas de arveja arbustiva evaluadas en el presente estudio.

| Nombre     | Origen y genealogía    | Característica del grano |
|------------|------------------------|--------------------------|
| GRICAND401 | ILS 3585               | Verde lisa               |
| GRICAND402 | UN 6651                | Verde rugosa             |
| GRICAND403 | ILS 3572               | Crema lisa               |
| GRICAND404 | ILS 3566               | Verde lisa               |
| GRICAND405 | Sx3575 RC1-F2-20-P1    | Verde rugosa             |
| GRICAND406 | SIxD RC1-F2-L100-SI-P3 | Verde rugosa             |
| GRICAND407 | Sx3575-F6-L1-SI-P5     | Verde rugosa             |
| GRICAND408 | Sx3575-F6-1-SI-P3      | Verde rugosa             |

La unidad experimental estuvo constituida por seis surcos de tres metros de largo, separados entre sí a 0,5 m y a 0,1 m entre sitio, colocando una semilla por sitio y dejando una calle de 1 m para facilitar el manejo agronómico, obteniendo una densidad de 150000 plantas.ha<sup>-1</sup>. La parcela útil correspondió a los cuatro surcos centrales, descartando los surcos borde y las plantas extremas de cada uno. Dos de los surcos del área útil se utilizaron para evaluación en vaina verde y los dos surcos restantes para cosecha en seco. Los datos de precipitación mensual que se utilizaron para contrastar con la respuesta obtenida de las líneas en cada época de siembra fue facilitada por el servicio de información del IDEAM y la base de datos meteorológicos del SENA.

**VARIABLES EVALUADAS.** Días a floración (DAF): desde la fecha de siembra hasta cuando el 50% de las plantas presentaron la primera flor abierta; días a cosecha en verde (DCV): desde la fecha de siembra hasta cuando el 75% de las plantas presentó las vainas con madurez de cosecha en fresco; Días a cosecha en grano seco (DCS): número de días desde la siembra hasta que el 100% de las plantas presentaron vainas para cosechar en seco; número de vainas por planta (NVP): se contabilizó el total de vainas en las plantas de la parcela útil y se dividió entre el número de plantas cuantificadas; peso de vaina con grano en verde (PVCG): tomado del promedio de 15 vainas; número de granos por vaina (NGV): se contó los granos de las 15 vainas y se obtuvo el promedio; rendimiento en vaina verde (RTOVV): se obtuvo tomando la producción obtenida en la parcela útil llevándola a t.ha<sup>-1</sup>; rendimiento en grano seco (RTOGS): tomado de los dos surcos restantes del área útil de la parcela. El grano seco cosechado se llevó al 12% de humedad y los resultados se transformaron a ton.ha<sup>-1</sup>.

La reacción a enfermedades como el complejo ascoquita (*A. pisi* y *M. pinodes*) y oídio (*E. pisi*) se hizo en la última repetición de cada ensayo en la cual los patógenos foliares no fueron controlados. Esta evaluación se realizó con base en las escalas utilizadas por Valencia *et al.* (2012) para el complejo ascoquita y Checa y Rodríguez (2015) para oídio.

**Análisis estadístico.** Para las variables DAF, DCV y DCS se analizó los datos de manera descriptiva e igualmente se hizo con la reacción a enfermedades foliares. Los datos obtenidos en las variables restantes fueron sometidos a un análisis de varianza combinado,

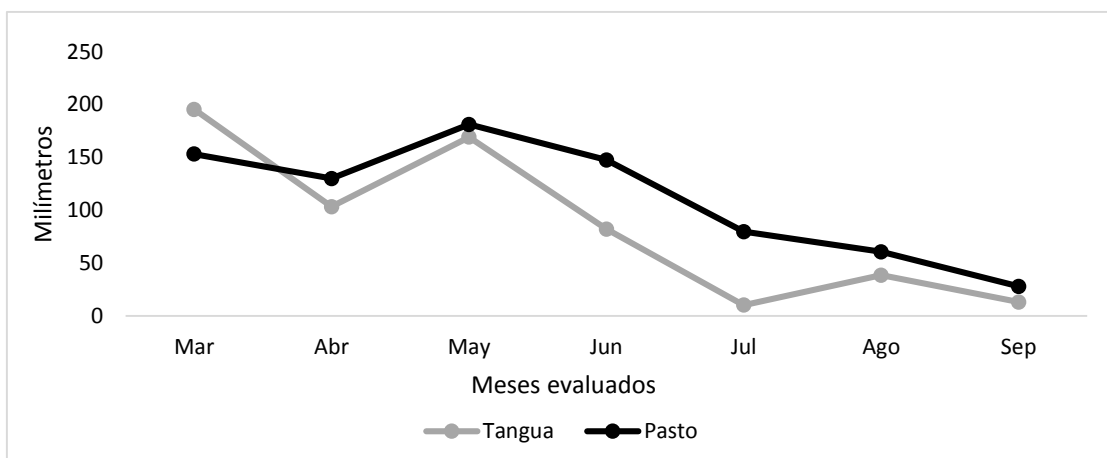
considerando efectos fijos a los genotipos y como efectos aleatorios a localidad y época. Se tuvo en cuenta la significancia de los factores antes mencionados y sus interacciones. Además, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey ( $P < 0,05$ ), para las variables que mostraron diferencias estadísticas en el Andeva.

**Evaluación de adaptabilidad y estabilidad fenotípica:** se utilizó la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966), analizando el comportamiento en rendimiento en vaina verde para ocho líneas y seis ambientes resultantes de la combinación de las dos localidades (Pasto y Tangua) por las tres épocas de siembra (marzo, abril y mayo).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el periodo evaluado, el promedio de precipitación fue variable en las dos localidades y en las tres épocas de siembra estudiadas. Para la época de siembra de marzo en las dos localidades (Pasto y Tangua) se alcanzó el mayor acumulado de precipitación con 691,8 mm y 560.7 mm, respectivamente (Estación meteorológica SENA, IDEAM). Para esta época de siembra las mayores precipitaciones se dieron en el mes de marzo y mayo (Figura 1). Las altas precipitaciones de mayo coinciden con la época de fin de floración e inicio de llenado de grano en donde la planta es más susceptible al ataque de ascoquita (*A. pisi*). En la época de siembra de abril para ambas localidades los acumulados de precipitación fueron de 599,4 en Pasto y 404 mm en Tangua. En esta época de siembra se presentó una precipitación ascendente en el primer mes de cultivo que favoreció la germinación y las primeras etapas de desarrollo de la planta, pero a partir del segundo mes se observó un comportamiento descendente de la precipitación (figura 1), pero suficiente para alcanzar floración y llenado de grano, no obstante esta reducción en precipitación condujo a una menor severidad en el ataque de *Ascochyta pisi*. En la época de siembra de mayo el acumulado de precipitación para el ciclo de cultivo en Pasto fue de 497,4 mm y en Tangua de 313,9 mm. La precipitación a partir de mayo en las dos localidades es descendente llegando a niveles muy bajos para la etapa de floración y llenado de grano lo cual afectó los rendimientos. Para las tres épocas de siembra (marzo, abril y mayo) la disminución de la

precipitación hacia la etapa final de llenado de grano favoreció la presencia de oídio (*E.*



*pisi*).

**Figura 1.** Precipitación promedio para dos localidades en la zona cerealista de Nariño.

**Ciclo vegetativo.** Los resultados para las variables DAF, DCV y DCS están asociados con la precipitación presentada en las diferentes épocas de siembra. En la siembra realizada en el mes de marzo, que se caracterizó por presentar mayor precipitación, se observó la tendencia a prolongar el ciclo de cultivo. Contrastando con los resultados obtenidos en la época más seca del mes de mayo, con promedios de 62 días a floración, 101 días a cosecha en vaina verde y 110 días a cosecha en grano seco.

Las condiciones ambientales pueden influir produciendo una disminución en el tiempo requerido para cumplir las diferentes fases de desarrollo de la planta, así según lo observado en campo, en los meses más secos la maduración de las vainas para cosecha en verde y seco fue más rápida que en los meses lluviosos. Pese a esto, cabe destacar la prevalencia de las características genotípicas de cada material; los materiales usados en esta evaluación que contienen el gen afila (GRICAND405, GRICAND406, GRICAND407 y GRICAND408), se diferenciaron por ser más tardíos que las líneas no afila del estudio en todo el ciclo vegetativo.

**Días a floración, días a cosecha en vaina verde y días a cosecha en grano seco.** Para DAF los promedios de las ocho líneas evaluadas son variables en las dos localidades y en

las tres épocas evaluadas; se destacan por su precocidad a floración las líneas no afila GRICAND403 con 57 días, GRICAND402 y GRICAND404 con 58 días y GRICAND401 con 59 días; mientras que las líneas afila fueron más tardías con 70 días para GRICAND405 y GRICAND406 y 71 días para GRICAND407 y GRICAND408 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Promedios de días a floración, días a cosecha en verde y días a cosecha en seco para ocho líneas de arveja arbustivas a través de dos localidades y tres épocas de siembra en Pasto y Tangua.

| <b>Días a Floración</b>        |              |              |             |               |              |             |              |
|--------------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Líneas</b>                  | <b>Pasto</b> |              |             | <b>Tangua</b> |              |             | <b>Media</b> |
|                                | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> | <b>Mayo</b> | <b>Marzo</b>  | <b>Abril</b> | <b>Mayo</b> |              |
| GRICAND401                     | 63           | 63           | 60          | 62            | 65           | 59          | 62           |
| GRICAND402                     | 65           | 63           | 58          | 67            | 66           | 61          | 63           |
| GRICAND403                     | 57           | 59           | 58          | 60            | 59           | 59          | 59           |
| GRICAND404                     | 66           | 63           | 58          | 65            | 60           | 61          | 62           |
| GRICAND405                     | 67           | 66           | 59          | 70            | 61           | 64          | 64           |
| GRICAND406                     | 67           | 67           | 64          | 70            | 64           | 63          | 66           |
| GRICAND407                     | 71           | 68           | 65          | 70            | 65           | 64          | 67           |
| GRICAND408                     | 71           | 67           | 67          | 70            | 65           | 66          | 68           |
| <b>Promedio</b>                | 65,9         | 64,5         | 61,12       | 66,7          | 63,1         | 62,1        |              |
| <b>Días a cosecha en verde</b> |              |              |             |               |              |             |              |
| GRICAND401                     | 112          | 101          | 99          | 98            | 105          | 101         | 103          |
| GRICAND402                     | 113          | 103          | 99          | 110           | 102          | 101         | 104          |
| GRICAND403                     | 106          | 101          | 99          | 100           | 100          | 101         | 101          |
| GRICAND404                     | 110          | 102          | 99          | 110           | 104          | 101         | 104          |
| GRICAND405                     | 115          | 109          | 102         | 110           | 106          | 101         | 107          |
| GRICAND406                     | 117          | 113          | 99          | 111           | 106          | 101         | 108          |
| GRICAND407                     | 118          | 117          | 103         | 111           | 100          | 101         | 108          |
| GRICAND408                     | 118          | 117          | 105         | 112           | 115          | 101         | 111          |
| <b>Promedio</b>                | 113,6        | 107,9        | 100,4       | 107,7         | 104,7        | 101         |              |
| <b>Días a cosecha en seco</b>  |              |              |             |               |              |             |              |
| GRICAND401                     | 119          | 117          | 109         | 113           | 110          | 108         | 112          |
| GRICAND402                     | 127          | 119          | 109         | 111           | 117          | 108         | 115          |
| GRICAND403                     | 117          | 114          | 110         | 113           | 113          | 108         | 112          |
| GRICAND404                     | 126          | 125          | 109         | 111           | 113          | 108         | 115          |
| GRICAND405                     | 122          | 133          | 109         | 120           | 119          | 108         | 118          |
| GRICAND406                     | 129          | 128          | 109         | 117           | 123          | 108         | 119          |
| GRICAND407                     | 130          | 136          | 115         | 122           | 119          | 108         | 122          |
| GRICAND408                     | 131          | 136          | 120         | 124           | 124          | 108         | 124          |
| <b>Promedio</b>                | 125,1        | 126          | 111,25      | 116,3         | 117,25       | 108         |              |

Los DCV oscilaron entre 101 y 111 días. GRICAND401 y GRICAND403 fueron más precoces en la mayoría de ambientes con un promedio de 103 y 101 DCV mientras que GRICAND408 fue más tardía con 111 DCV; resultado que confirma lo reportado por (Casanova *et al.*, 2012), quienes señalan que el periodo vegetativo en las especies cultivadas está altamente influenciado por la constitución genética de las plantas, existiendo genotipos precoces y tardíos. Para DCS los promedios generales fluctuaron entre 112 y 124 DCS.

Los materiales más precoces fueron GRICAND401 y GRICAND403 con 112 días en el promedio general, mientras que las líneas que tardaron más en llegar a cosecha en seco fueron GRICAND407 (122 días) y GRICAND408 (124 días). Galindo y Clavijo, (2009) encontraron promedios de 93 y 113 días a cosecha en verde en genotipos arbustivos. Los resultados obtenidos concuerdan con los hallazgos de Moreno y Dilmar (1987), quien encontró que el comportamiento de la arveja varía al cultivarse en diferentes localidades y épocas de siembra. Por otra parte la tendencia de determinadas líneas a ser más precoces o más tardías que las demás, puede explicarse por la variabilidad genética y por la acción aditiva de los genes (González y Ligarreto, 2006).

En las tres variables GRICAND403 fue más precoz en la mayoría de ambientes y GRICAND408 la más tardía. La época de siembra de marzo con mayor precipitación acumulada, respecto a las épocas de abril y mayo, mostró mayor duración del ciclo vegetativo.

**Análisis de varianza.** Se encontró diferencias significativas para el efecto simple de Líneas en las variables NVP, PVCG, NGV, RTOVV Y RTOGS y para las interacciones Localidad x Época en las variables NVP, PVCG, RTOVV Y RTOGS y Líneas x Localidad en NVP, PVCG, NGV Y RTOGS; y en la interacción triple Líneas x Localidad x Época solamente NGV no presentó diferencias significativas (Tabla 3). La discusión de los resultados a partir del análisis de varianza se abordó para cada variable dependiendo de la significancia obtenida en los efectos simples e interacciones dobles y triples.

**Tabla 3.** Cuadrados medios para componentes de rendimiento en la evaluación de ocho líneas de arveja arbustiva en dos localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

| F.V                           | GL | NVP      | PVCG    | NGV     | RTOVV    | RTOGS  |
|-------------------------------|----|----------|---------|---------|----------|--------|
| <b>LOCALIDAD</b>              | 1  | 8,98NS   | 0,09NS  | 4,75NS  | 6,11NS   | 0,16NS |
| <b>EPOCA</b>                  | 2  | 317,28NS | 8,77NS  | 2,87NS  | 269,62NS | 7,75NS |
| <b>LOCALIDAD*EPOCA</b>        | 2  | 42,47**  | 2,56**  | 0,35NS  | 21,69**  | 1,27** |
| <b>ERROR A</b>                | 12 | 2,36     | 0,13    | 0,44    | 0,49     | 0,02   |
| <b>BLOQUES DE 6 EX/TOS</b>    | 17 | 21,82    | 0,67    | 0,49    | 17,52    | 0,54   |
| <b>LÍNEAS</b>                 | 7  | 61,97**  | 13,59** | 11,02** | 46,25**  | 2,46** |
| <b>LÍNEAS*LOCALIDAD</b>       | 7  | 15,96**  | 1,58**  | 1,07**  | 0,51NS   | 0,17** |
| <b>LINEAS*EPOCA</b>           | 14 | 2,04*    | 0,29**  | 0,47NS  | 1,09**   | 0,09** |
| <b>LINEAS*LOCALIDAD*EPOCA</b> | 14 | 5,13**   | 0,67**  | 0,31NS  | 0,82**   | 0,26** |
| <b>ERROR B</b>                | 84 | 1,01     | 0,07    | 0,31    | 0,47     | 0,02   |
| <b>R2</b>                     |    | 0,94     | 0,96    | 0,81    | 0,96     | 0,97   |
| <b>CV</b>                     |    | 9,20     | 4,95    | 11,18   | 9,85     | 7,53   |

F.V: Fuentes de variación; GL: grados de libertad; NVP: número de vainas por planta; PVCG: peso de vaina con grano; NGV: número de granos por vaina; PGV: peso de grano con vaina; RTOVV: rendimiento vaina verde; RTOGS: rendimiento grano seco.

**Número de vainas por planta (NVP).** En la localidad de Pasto, para la época de siembra de marzo la media estuvo en 8,48 vainas por planta. GRICAND406 con 12,10 vainas superó al 62,5% de las líneas evaluadas que mostraron promedios más bajos entre 8,58 y 6,28 vainas por planta. En la época de siembra de abril la media estuvo en 14,71 vainas por planta. No se observaron mayores diferencias con excepción de GRICAND408 (13,77 vainas/planta), las demás líneas con promedios entre 14,28 y 16,77 superaron a GRICAND403 que obtuvo 10,48 vainas por planta. En la siembra de mayo el promedio fue de 10,28, se destacó GRICAND405 con 13,61 vainas superando al 62,5% de las líneas en evaluación que alcanzaron promedios inferiores con valores entre 7,19 y 10,17 vainas.

En la localidad de Tangua la siembra de marzo tuvo una media de 10,16 vainas por planta, la de abril alcanzó 13,04 y la de mayo 8,78 vainas por planta; En las tres épocas de siembra sobresalió la línea GRICAND404 mostrando en la siembra de marzo un promedio de 16,64 vainas con diferencias estadísticas al 0,05 sobre las demás líneas evaluadas con promedios entre 7,18 y 10,94 vainas. En la siembra de abril GRICAND404 con 16,51 superó al 50%

de las líneas evaluadas que presentaron promedios inferiores a 12,92 vainas por planta. Igual tendencia se observó en la siembra de mayo, en donde GRICAND404 con 13,14 vainas por planta superó a las siete líneas restantes que oscilaron entre 6,97 y 9,69 vainas (Tabla 4).

**Tabla 4.** Comparación de promedios de Tukey en la variable NVP para ocho líneas de arveja arbustiva en dos localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

| Época<br>Líneas   | Localidades |         |         |         |         |                    | Promedio |
|-------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|----------|
|                   | Pasto       |         |         | Tangua  |         |                    |          |
|                   | Marzo       | Abril   | Mayo    | Marzo   | Abril   | Mayo               |          |
| <b>GRICAND401</b> | 8,58bc      | 14,28a  | 7,19c   | 10,23bc | 13,85ab | 9,69b              | 10,64c   |
| <b>GRICAND402</b> | 8,20bc      | 16,77a  | 10,17bc | 7,93bc  | 11,39bc | 8,23b              | 10,45c   |
| <b>GRICAND403</b> | 6,28c       | 10,48b  | 8,49c   | 9,10bc  | 12,91bc | 7,59b              | 9,15d    |
| <b>GRICAND404</b> | 10,08ab     | 15,62a  | 12,66ab | 16,64a  | 16,51 a | 13,14 <sup>a</sup> | 14,24 a  |
| <b>GRICAND405</b> | 8,99abc     | 15,62a  | 13,61a  | 10,94b  | 13,70ab | 8,73b              | 11,93b   |
| <b>GRICAND406</b> | 12,10a      | 15,77a  | 12,72ab | 10,65b  | 14,58ab | 8,81b              | 12,44b   |
| <b>GRICAND407</b> | 6,77bc      | 14,54a  | 9,72bc  | 8,54bc  | 11,29bc | 7,04b              | 9,65cd   |
| <b>GRICAND408</b> | 6,86bc      | 13,77ab | 7,68c   | 7,18c   | 10,09c  | 6,97b              | 8,76d    |
| <b>Promedio</b>   | 8.48        | 14.71   | 10,28   | 10,16   | 13,04   | 8,78               |          |

Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.

La época de siembra de abril, en Pasto y en Tangua alcanzó un promedio mayor a las demás épocas, lo que indica que las condiciones climáticas favorecieron este carácter. Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los diferentes ambientes, la época de marzo en el municipio de Pasto y la época de mayo en Tangua presentaron las condiciones menos favorables para la expresión de esta variable. En estudios con arveja industrial arbustiva, se determinó que el rendimiento en arveja depende de los componentes de número de vainas por planta, peso de grano y granos por vaina.

**Peso de vainas con grano verde (PVCG).** En Pasto para la época de siembra de marzo la línea GRICAND408 con una media de 6,02 gramos igualó a GRICAND407 (6,31 g). Esta última superó al 75% de las líneas evaluadas que oscilaron entre 3,64 y 4,86 gramos. Para la siembra de abril las líneas GRICAND407, GRICAND402, GRICAND408 y GRICAND405 con promedios entre 6,5 y 6,37 gramos superaron a las líneas de menor

peso de vaina con grano GRICAND401 (4,7 g) y GRICAND403 (5,39 g) (Tabla 5). En la siembra de mayo el 75% de las líneas presentaron los más altos promedios sin diferencias entre ellas, con valores que oscilaron entre 4,81 y 5,4 gramos, superando a las líneas de menor promedio GRICAND401 (3,55 g) y GRICAND403 (3,86 g). En las tres épocas de siembra (marzo, abril y mayo) para la localidad de Pasto, las líneas GRICAND401 y GRICAND403 mostraron los más bajos promedios en peso de vaina con grano, lo cual significa que no hubo en estas líneas un comportamiento diferencial a través de los tres ambientes. Lo anterior sugiere que en estas líneas la característica tiene un fuerte componente genético negativo, que fue poco afectado por el ambiente.

**Tabla 5.** Comparación de promedios de Tukey en la variable PVCG para ocho líneas de arveja arbustiva en dos localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

| Epoca<br>Líneas   | Localidades |        |       |        |        |        | Promedio |
|-------------------|-------------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|
|                   | Marzo       | Pasto  |       |        | Tangua |        |          |
|                   |             | Abril  | Mayo  | Marzo  | Abril  | Mayo   |          |
| <b>GRICAND401</b> | 3,64e       | 4,70c  | 3,55b | 3,24f  | 3,50c  | 3,35e  | 3,67e    |
| <b>GRICAND402</b> | 5,20bc      | 6,48a  | 4,81a | 5,19cd | 4,97b  | 5,31bc | 5,33b    |
| <b>GRICAND403</b> | 3,91d       | 5,39bc | 3,86b | 4,05ef | 5,42b  | 4,28d  | 4,42d    |
| <b>GRICAND404</b> | 4,86c       | 6,01ab | 4,83a | 4,59de | 4,99b  | 4,44cd | 4,96c    |
| <b>GRICAND405</b> | 5,34bc      | 6,31a  | 5,40a | 6,47ab | 5,00b  | 6,00ab | 5,83a    |
| <b>GRICAND406</b> | 4,63cd      | 6,17ab | 5,40a | 6,77a  | 7,29 a | 5,87ab | 6,02a    |
| <b>GRICAND407</b> | 6,31 a      | 6,50a  | 4,93a | 5,65bc | 6,49 a | 5,86ab | 5,96a    |
| <b>GRICAND408</b> | 6,02ab      | 6,39a  | 5,27a | 5,46cd | 6,56 a | 6,35a  | 6,01a    |
| <b>Promedio</b>   | 4,99        | 6,00   | 4,76  | 5,18   | 5,53   | 5,19   |          |

Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.

En la localidad de Tangua en la época de marzo la línea GRICAND406 (6,77 g) sobresalió frente al 75% de líneas evaluadas que cuentan con pesos de vaina entre 3,24 y 5,65 g y presentó un peso de vaina similar a GRICAND405 (6,47 g). En la época de abril GRICAND406 (7,29 g), GRICAND407 (6,49 g) y GRICAND408 (6,56 g) presentaron los promedios más altos y superaron con diferencias significativas sobre las demás líneas en evaluación que obtuvieron valores comprendidos entre 4,97 y 3,5 g. GRICAND401 con 3,5 gramos tuvo el menor peso de vaina. En la época de siembra de mayo se obtuvo una media de 5,19; GRICAND408 con 6,35 gramos superó al 50% de líneas en evaluación,

GRICAND405, GRICAND406 y GRICAND407 con pesos similares entre 5,86 y 6 gramos, superaron a las líneas con menor peso de vaina GRICAND401 (3,35 g), GRICAND403 (4,28 g) y GRICAND404 (4,44 g).

El peso de vaina con grano es de gran interés para los productores de esta leguminosa, sin embargo aunque GRICAND408 mostró un alto promedio de PVCG, presentó también el menor promedio en NVP y menor NGV; según Pacheco *et al.* (2009) lo anterior se explica si se tiene en cuenta que con frecuencia se presentan compensaciones en los componentes de rendimiento, y el mejoramiento de una o más características deseables traerá consigo la pérdida en otras. La época de siembra de abril presentó los mejores promedios en las dos localidades con 6 y 5,53 g para Pasto y Tangua respectivamente, mostrando consistencia con la variable número de vainas por planta.

**Numero de granos por vaina (NGV).** Esta variable presentó interacción Localidad por línea, donde la media para la localidad de Pasto fue de 5,12 granos y para Tangua de 4,78 granos. En Pasto, se destacaron GRICAND401 (6,11) y GRICAND402 (6,0), les siguen GRICAND404 (5,56), superando a GRICAND407 y GRICAND408 que tuvieron NGV de 4,44 y 4,0 respectivamente. En la localidad de Tangua, las líneas GRICAND405, GRICAND402, GRICAND404, GRICAND406 y GRICAND401, con números de granos entre 5,11 y 5,56, superaron a GRICAND407 (3,78) y GRICAND408 (3,11) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Comparación de promedios de Tukey para la interacción Líneas\*Localidad en la variable NGV.

| Líneas          | Localidad |        |
|-----------------|-----------|--------|
|                 | Pasto     | Tangua |
| GRICAND401      | 6,11 a    | 5,56 a |
| GRICAND402      | 6,00 a    | 5,33ab |
| GRICAND403      | 5,11bc    | 4,44bc |
| GRICAND404      | 5,56ab    | 5,44 a |
| GRICAND405      | 5,00bc    | 5,11ab |
| GRICAND406      | 4,78bcd   | 5,44 a |
| GRICAND407      | 4,44cd    | 3,78cd |
| GRICAND408      | 4,0 d     | 3,11 d |
| <b>Promedio</b> | 5,12      | 4,78   |

Ligarreto y Ospina (2009) señalan que el número de granos por vaina 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 y es deseable un número de granos por vaina igual o mayor a seis; característica encontrada en la localidad de Pasto en las líneas GRICAND402 y GRICAND401 las cuales logran igualar y superar éste valor.

En la selección de genotipos de arveja para uso industrial, la variable número de granos por planta es importante y debe ser tomada en cuenta para este proceso, (Patiño *et al.*, 1997). De acuerdo al número de óvulos desarrollados, un NGV entre tres y cinco se considera bajo, entre cinco y seis medio y alto superior a seis (Biddle *et al.*, 1988). De acuerdo a lo anterior en Pasto el 50% de líneas evaluadas presenta un NGV medio y solo el 12,5% un NGV alto. En Tangua, el 62,5% de las líneas tiene un NGV medio y GRICAND403, GRICAND407 y GRICAND408 obtuvieron un número de granos bajo para el mercado de arveja verde.

**Rendimiento en vaina verde (RTOVV).** El análisis de varianza mostró diferencias significativas para la interacción triple línea\*localidad\*época. En la localidad de Pasto para la época de marzo se obtuvo una media de 4,64 t.ha<sup>-1</sup>; GRICAND404, GRICAND406 y GRICAND405 sobresalieron con promedios que oscilaron entre 5,70 y 5,93 t.ha<sup>-1</sup> y superando con diferencias significativas a las líneas GRICAND401 (2,51 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND403 (3,12 t.ha<sup>-1</sup>). En la época de siembra de abril la media fue de 10,07; GRICAND402, GRICAND405, GRICAND406, GRICAND404 y GRICAND407 con rendimientos entre 11,79 y 10,63 t.ha<sup>-1</sup>, superaron a las líneas GRICAND401 y GRICAND403 que tuvieron los rendimientos más bajos. En la época de mayo GRICAND405 (9,04 t.ha<sup>-1</sup>) superó al 62,5% de líneas evaluadas, GRICAND406 y GRICAND404 con 8,48 y 7,93 t.ha<sup>-1</sup>, mostraron mayor rendimiento que las líneas restantes exceptuando a GRICAND408 (6,79 t.ha<sup>-1</sup>).

En Tangua, la época de marzo consiguió una media de 5,74 (Tabla 7); GRICAND404 (7,51 t.ha<sup>-1</sup>), GRICAND405 (7,31 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND406 (7,37 t.ha<sup>-1</sup>) mostraron altos rendimientos, superando a GRICAND401, GRICAND403 y GRICAND408 que alcanzaron los menores promedios (3,71 y 4,94 t.ha<sup>-1</sup>). En la época de abril se obtuvo una media de

10,07 t.ha<sup>-1</sup>, sobresale por rendimiento la línea GRICAND404 (11,43 t.ha<sup>-1</sup>) superando al 50% de las líneas evaluadas; le siguen las líneas GRICAND405, GRICAND406 y GRICAND407 con promedios entre 10,03 y 10,94 t.ha<sup>-1</sup>, las cuales mostraron diferencias respecto a GRICAND401 (5,45 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND403 (7,27 t.ha<sup>-1</sup>) de más bajo rendimiento. En mayo la media obtenida fue de 5,27 t.ha<sup>-1</sup>; nuevamente las líneas GRICAND404 y GRICAND406 logran destacarse al obtener un promedio de 6,44 y 6,81 t.ha<sup>-1</sup>, superando a los genotipos de menor desempeño GRICAND401 (2,64 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND403 (4,02 t.ha<sup>-1</sup>). Las demás líneas mostraron un comportamiento intermedio.

**Tabla 7.** Comparación de promedios de Tukey en la variable RTOVV (t.ha<sup>-1</sup>) para ocho líneas de arveja arbustiva en dos localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

| Época<br>Líneas   | Localidad |        |         |        |         |        | Promedio |
|-------------------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|----------|
|                   | Pasto     |        |         | Tangua |         |        |          |
|                   | Marzo     | Abril  | Mayo    | Marzo  | Abril   | Mayo   |          |
| <b>GRICAND401</b> | 2,51c     | 6,56c  | 3,72d   | 3,82b  | 5,45d   | 2,64c  | 4,12e    |
| <b>GRICAND402</b> | 5,09ab    | 11,79a | 6,31bc  | 5,67ab | 8,98bc  | 5,69ab | 7,26b    |
| <b>GRICAND403</b> | 3,12bc    | 7,79bc | 5,11cd  | 3,71b  | 7,27cd  | 4,02b  | 5,17d    |
| <b>GRICAND404</b> | 5,70a     | 11,25a | 7,93ab  | 7,51a  | 11,43a  | 6,44 a | 8,38a    |
| <b>GRICAND405</b> | 5,93a     | 11,61a | 9,04 a  | 7,31a  | 10,94ab | 6,14ab | 8,50a    |
| <b>GRICAND406</b> | 5,89a     | 11,30a | 8,48ab  | 7,37a  | 10,59ab | 6,81a  | 8,41a    |
| <b>GRICAND407</b> | 4,61abc   | 10,63a | 6,61bc  | 5,55ab | 10,03ab | 5,38ab | 7,14bc   |
| <b>GRICAND408</b> | 4,25abc   | 9,57ab | 6,79abc | 4,94b  | 9,04bc  | 5,00ab | 6,60c    |
| <b>Promedio</b>   | 4,64c     | 10,07a | 6,75b   | 5,74bc | 9,22a   | 5,27c  |          |

Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes,

En general para Pasto, en las tres épocas de siembra sobresalió la línea GRICAND405 y para la época de marzo y abril las líneas GRICAND404 y GRICAND406. En Tangua para rendimiento en vaina verde sobresalieron GRICAND404 en las tres épocas de siembra (marzo, abril y mayo) y GRICAND406 en las épocas de marzo y mayo. Tanto para la localidad de Pasto como para Tangua, las líneas GRICAND401 y GRICAND403 mostraron la tendencia a presentar los más bajos rendimientos.

Haciendo una observación conjunta de las localidades de Pasto y Tangua en las tres épocas de siembra, las líneas GRICAND404, GRICAND405 y GRICAND406 mostraron el mejor

comportamiento en rendimiento en la mayor parte de los ambientes evaluados. Estas líneas presentaron también altos promedios en la variable NVP, sugiriendo una relación positiva entre estos dos factores, como la reportada por Goa y Ashamo, (2014).

Los datos de rendimiento generados en esta investigación coinciden con los reportados por Khan *et al.* (2013), en su evaluación de comportamiento morfológico de genotipos de arveja, donde se obtuvieron rendimientos entre 3,74 a 10,43t.ha<sup>-1</sup>, rango donde se encuentran la mayoría de líneas estudiadas del presente ensayo. Así mismo, en resultados de evaluaciones en arveja arbustiva, Mishra, (2014) reportó rendimientos con niveles bajos desde 5,5 t.ha<sup>-1</sup> y Checa *et al.* (2017) niveles altos de 16,67 t.ha<sup>-1</sup>.

La elevada precipitación presentada en los tres primeros meses de la época de marzo, influyó negativamente en el rendimiento de los materiales, debido principalmente a la proliferación de enfermedades foliares y del tallo, por la alta humedad generada en el ambiente. Además, se evidenció que las vainas del estrato inferior al estar en contacto con el suelo, fueron susceptibles a pudrición y daño por patógenos disminuyendo en número y tamaño, afectando directamente el rendimiento en vaina verde de las líneas evaluadas. Mientras que los bajos niveles de precipitación en la época de siembra de mayo, especialmente en el llenado de grano, influyeron reduciendo el rendimiento en vaina verde y grano seco.

La arveja es altamente sensible al exceso de humedad, y requiere de 250 a 380 mm de agua bien distribuidos en todo el ciclo de cultivo. Dependiendo de la variedad y el ambiente, la época de lluvias debe coincidir con las primeras fases de desarrollo y no con la floración, cuando la planta es más susceptible al ataque de enfermedades, lo que afecta los rendimientos y la calidad de la vaina (Buitrago *et al.*, 2006).

**Rendimiento en grano seco (RTOGS).** Se presentó una interacción triple líneas \* época \* localidad. En la localidad de Pasto para la época de siembra de marzo, se alcanzó un promedio de 1,14 t.ha<sup>-1</sup>. Las líneas GRICAND404 (1,68 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND405 (1,57t.ha<sup>-1</sup>) superaron a GRICAND401, GRICAND403, GRICAND406, GRICAND407 y GRICAND408 que obtuvieron promedios entre 0,71 y 1,11 t.ha<sup>-1</sup>. En abril, la media fue de

2,16 t.ha<sup>-1</sup>; para esta época nuevamente GRICAND404 con 2,48 t.ha<sup>-1</sup> y GRICAND405 con 2,55 t.ha<sup>-1</sup> se destacaron con diferencias sobre GRICAND401, GRACAND403 y GRICAND408 que presentaron entre 2,04 y 1,65 t.ha<sup>-1</sup>. GRICAND402 (2,2 t.ha<sup>-1</sup>), GRICAND406 (2,34 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND407 (2,25 t.ha<sup>-1</sup>) alcanzaron rendimientos similares a GRICAND404 y GRICAND405 y superaron a las líneas de menor rendimiento GRICAND401, GRACAND403. En la época de mayo, GRICAND405 (2,45 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND406 (2,15 t.ha<sup>-1</sup>) obtuvieron altos promedios y superando a las líneas GRICAND401, GRICAND402 y GRICAND403 que oscilaron entre 0,84 y 1,35 t.ha<sup>-1</sup> (Tabla 8).

**Tabla 8.** Comparación de promedios de Tukey en la variable RTOGS (t.ha<sup>-1</sup>) para ocho líneas de arveja arbustiva en localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

| Época<br>Líneas   | Localidades |        |        |        |        |         | Promedio |
|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
|                   | Pasto       |        |        | Tangua |        |         |          |
|                   | Marzo       | Abril  | Mayo   | Marzo  | Abril  | Mayo    |          |
| <b>GRICAND401</b> | 0,713d      | 1,70c  | 0,84d  | 0,94b  | 1,34d  | 1,10cd  | 1,10     |
| <b>GRICAND402</b> | 1,19bc      | 2,26ab | 1,08cd | 1,31b  | 2,38a  | 1,53abc | 1,62     |
| <b>GRICAND403</b> | 0,95cd      | 1,65c  | 1,35c  | 1,01b  | 1,93bc | 1,37bcd | 1,37     |
| <b>GRICAND404</b> | 1,68a       | 2,48a  | 1,96b  | 1,82a  | 2,67a  | 1,83a   | 2,07     |
| <b>GRICAND405</b> | 1,57ab      | 2,55a  | 2,45a  | 2,19a  | 2,65a  | 1,72ab  | 2,18     |
| <b>GRICAND406</b> | 0,91cd      | 2,34ab | 2,15ab | 2,22a  | 2,29ab | 1,91a   | 1,97     |
| <b>GRICAND407</b> | 1,11cd      | 2,25ab | 1,86b  | 1,92a  | 1,94bc | 1,50abc | 1,76     |
| <b>GRICAND408</b> | 1,02cd      | 2,04b  | 1,89b  | 1,16b  | 1,78c  | 1,06d   | 1,49     |
| <b>Promedio</b>   | 1,14        | 2,16   | 1,70   | 1,58   | 2,13   | 1,51    |          |

Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.

En Tangua para la época de siembra de marzo se obtuvo un promedio de 1,58 t.ha<sup>-1</sup>, GRICAND404 con 1,82 t.ha<sup>-1</sup>, GRICAND405 con 2,19 t.ha<sup>-1</sup>, GRICAND406 con 2,22 t.ha<sup>-1</sup> y GRICAND407 con 1,92 t.ha<sup>-1</sup> fueron las mejores líneas con diferencias al 0,05 sobre el 50% de materiales evaluados, cuyos rendimientos oscilaron entre 0,94 y 1,31 t.ha<sup>-1</sup>. Para la época de abril se presentó una media de 2,13 t.ha<sup>-1</sup>, GRICAND402, GRICAND404 y GRICAND405 se destacaron con altos rendimientos que oscilaron entre 2,38 y 2,67 t.ha<sup>-1</sup> igualando a GRICAND406 que obtuvo un promedio similar con 2,25 t.ha<sup>-1</sup> y mostrando diferencias con el 50% de las líneas evaluadas, GRICAND401 (1,34 t.ha<sup>-1</sup>) fue la línea con

menor rendimiento. El promedio para mayo fue de 1,51 t.ha<sup>-1</sup>, sobresalen por rendimiento las líneas GRICAND404 (1,83 t.ha<sup>-1</sup>) y GRICAND406 (1,91 t.ha<sup>-1</sup>) mostrando diferencias sobre GRICAND408, GRICAND401 Y GRICAND403 con promedios entre 1,06 y 1,37 t.ha<sup>-1</sup>.

En resumen, para la localidad de Pasto, GRICAND404 sobresalió en las épocas de marzo y abril mientras que GRICAND406 alcanzó altos rendimientos en abril y mayo. En Tangua, la línea GRICAND404 se destacó en las tres épocas de siembra (marzo, abril y mayo), GRICAND405 hizo lo mismo en marzo y abril y la línea GRICAND406 en las épocas de marzo y mayo. Los rendimientos en grano seco de las ocho líneas evaluadas, mostraron similitud con la evaluación de RTOVV. Así GRICAND404, GRICAND405 y GRICAND406 fueron las líneas con mejor comportamiento, presentando altos rendimientos.

Las condiciones climáticas de la época de siembra de abril favorecieron la mayor expresión de este carácter en todos los materiales evaluados. Para la recolección de vainas es necesario contar con días secos para evitar el deterioro de las mismas, conforme a lo encontrado por Mera (1989), donde afirma que las condiciones ambientales de la temporada influyen fuertemente el rendimiento para grano seco.

Los rendimientos alcanzados en la presente evaluación se ajustan a los referidos por Casanova *et al.* (2012), que reportó desde 0,95 a 1,54 t.ha<sup>-1</sup>.

#### **Adaptabilidad y estabilidad fenotípica para la variable rendimiento en vaina verde.**

De acuerdo a lo observado en la evaluación de rendimiento, la interacción significativa entre líneas y localidades permitió el análisis de RTOVV para cada uno de los ambientes la cual ya fue discutida. En cada ambiente lograron destacarse las líneas de mejor comportamiento. Sin embargo por medio de este análisis no es posible medir la estabilidad de las líneas a través de los distintos ambientes. Por lo anterior se realizó la prueba de adaptabilidad y estabilidad fenotípica de Eberhart y Russell 1966. Según Vargas *et al.* (2016), este método, manifiesta que los tres criterios para la selección de genotipos son: el rendimiento de grano, el coeficiente de regresión ( $\beta_1$ ) que muestra genotipos con un

coeficiente igual a 1 indicando adaptabilidad a todos los ambientes, y genotipos cuya desviación de regresión ( $S^2d$ ) no difieran de cero, que sugiere predictibilidad.

Conforme a los resultados relacionados con los índices ambientales (Tabla 9) los ambientes más favorables fueron la época de siembra del mes de abril tanto en Pasto como en Tangua y los menos favorables fueron las épocas de siembra realizadas en los meses de marzo y mayo en Pasto y en Tangua. Lo anterior demuestra que las condiciones adecuadas de precipitación se presentaron en la época de siembra de abril tanto para Pasto como para Tangua. En contraste, la excesiva precipitación y humedad presentadas en las primeras etapas de la época de marzo afectaron a las dos localidades. Mientras que en la época de mayo, caracterizada por presentar bajos niveles de precipitación en la mayor parte de su ciclo, se obtuvieron también bajos rendimientos debido a la baja disponibilidad de agua para un adecuado llenado de grano.

**Tabla 9.** Rendimiento promedio e índices ambientales en el análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica para producción en vaina verde (t.ha<sup>-1</sup>).

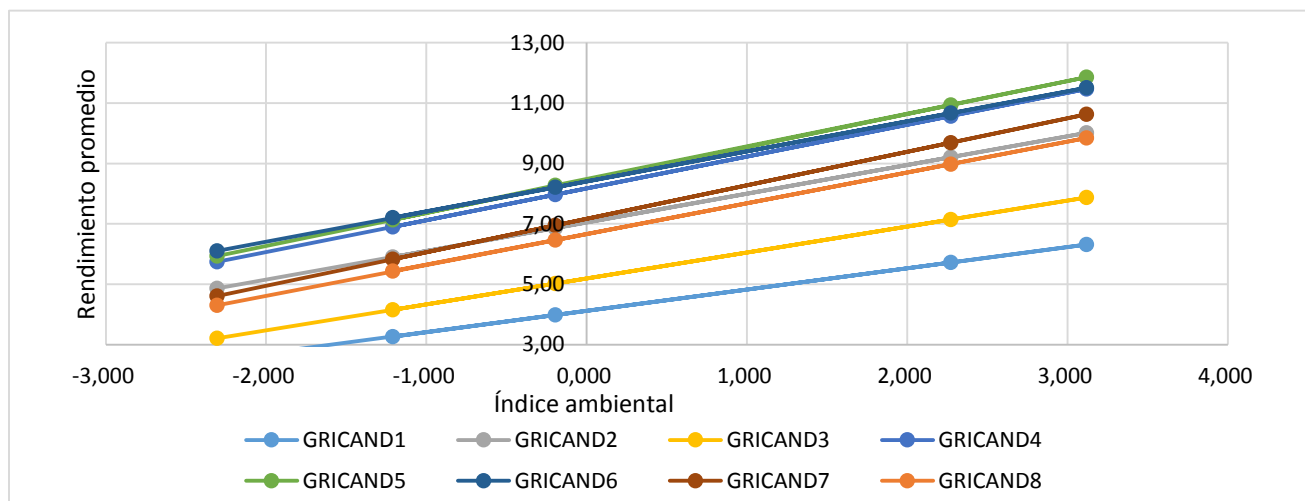
| <b>Ambientes</b>    | <b>Medias</b> | <b>Índice ambientales</b> |
|---------------------|---------------|---------------------------|
| <b>Pasto abril</b>  | 10,062        | 3,118                     |
| <b>Tangua abril</b> | 9,216         | 2,272                     |
| <b>Pasto mayo</b>   | 6,748         | -0,195                    |
| <b>Tangua marzo</b> | 5,735         | -1,209                    |
| <b>Tangua mayo</b>  | 5,265         | -1,679                    |
| <b>Pasto marzo</b>  | 4,637         | -2,306                    |

Los parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica indican que las líneas GRICAND407, GRICAND402, GRICAND404, GRICAND406 y GRICAND405 con promedios entre 7,13 y 8,49 t.ha<sup>-1</sup>, superaron la media general y presentaron valores de  $\beta=1$   $S^2=0$  (Tabla 10, Figura 2), indicando que tuvieron una buena adaptación a los ambientes evaluados y un comportamiento predecible, siendo posible recomendarlos para los seis ambientes evaluados. Las líneas GRICAND403 y GRICAND408 con rendimiento de 5,17 y 6,59 t.ha<sup>-1</sup> no superaron la media general (6.94 t.ha<sup>-1</sup>) y aunque los parámetros de adaptabilidad y predictibilidad ( $\beta=1$  y  $S^2=0$ ) indicaron buena adaptación a todos los ambientes evaluados y comportamiento predecible, no se recomiendan por su bajo rendimiento general. La línea GRICAND401 presento un  $\beta<1$  que indica adaptación a los

ambientes desfavorables y un  $S^2=0$ , que indica comportamiento predecible, sin embargo su rendimiento es muy bajo ( $4,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) por lo que no se puede recomendar para los ambientes desfavorables, puesto que las líneas de alto rendimiento y con adaptación a todos los ambientes y predecibles que ya se mencionaron, superan en rendimiento a GRICAND401 en los ambientes desfavorables.

**Tabla 10.** Parámetros de estabilidad fenotípica para rendimiento en vaina verde en la evaluación de la interacción de ocho líneas de arveja arbustiva en seis ambientes de la zona cerealista de Nariño.

| Líneas               | Media  | Beta=1    | $S^2=0$    |
|----------------------|--------|-----------|------------|
| <b>GRICAND401</b>    | 4,1167 | 0,7041**  | 0,0319 NS  |
| <b>GRICAND402</b>    | 7,255  | 1,1328 NS | 0,5358 NS  |
| <b>GRICAND403</b>    | 5,17   | 0,8716 NS | -0,0415 NS |
| <b>GRICAND404</b>    | 8,3767 | 1,0788 NS | 0,1088 NS  |
| <b>GRICAND405</b>    | 8,495  | 1,0791 NS | 0,1205 NS  |
| <b>GRICAND406</b>    | 8,4067 | 0,9666 NS | -0,0707 NS |
| <b>GRICAND407</b>    | 7,135  | 1,1525 NS | -0,0509 NS |
| <b>GRICAND408</b>    | 6,5983 | 1,0145 NS | -0,0154 NS |
| <b>Media general</b> |        |           | 6,9441     |



**Figura 2.** Adaptabilidad de ocho líneas de arveja arbustiva en seis ambientes de la zona cerealista de Nariño.

**Reacción a enfermedades causadas por Oídio y el complejo *Ascochyta*.** En la época de siembra con mayor presencia de lluvias (época de marzo) se evidenció la mayor proliferación de las enfermedades foliares *Ascochyta pisi* y *Mycosphaerella pinodes*, alcanzando así, al momento de cosecha en verde, niveles de severidad en follaje de 42 a

93% y de 12 a 76% respectivamente y en vainas de 21 a 72% para *A. pisi* y de 8 a 52% para *M. pinodes*; Lo anterior sugiere variabilidad en la resistencia de las ocho líneas hacia los patógenos, ya que algunas presentan menores niveles de severidad que otras, con lo cual, según la escala de evaluación se caracterizan como resistentes, moderadamente resistentes, moderadamente susceptibles y susceptibles, existiendo mayor afectación en la localidad de Tangua para esta época de siembra. Cabe resaltar que las lesiones que ocasiona *A. pisi* en el follaje son más grandes que las lesiones causadas por *M. pinodes*, y se presentan desde la base de la planta hasta el ápice mientras que *M. pinodes* se manifiesta de forma descendente, coincidiendo con lo reportado por Tamayo, (2000). Los niveles presentados de oídio (*Erysiphe pisi*) oscilaron dentro del 0 y 45% en follaje y entre 0 y 22% en vainas, estos menores niveles sugieren que las condiciones iniciales de alta precipitación atenuaron los efectos de la enfermedad, sin embargo, en etapas finales del cultivo se produjo un aumento en la severidad que se manifiesta mucho más en unas líneas que en otras.

En la época de siembra de abril donde los niveles de precipitación disminuyeron, en la medida en que favorecieron un desarrollo correcto del cultivo y la severidad de enfermedades foliares también fue menor, se presentaron niveles de *A. pisi* de 36 a 89% en follaje y de 5 a 58%, mientras que para follaje en *M. pinodes* se presentó en un 0 a 39% y en 0 a 12% en vainas. Para *E. pisi* los porcentajes de severidad aumentaron en comparación a la época de marzo teniendo niveles de 1 a 77% y 0 a 64% para follaje y vaina respectivamente. En la respuesta a este patógeno, GRICAND401, GRICAND402 y GRICAND405 que no habían mostrado signos de la enfermedad en la época de siembra de marzo, en esta época mostraron señales de la enfermedad en el follaje con niveles que, según la escala de evaluación, aún se considera a la línea como resistente, exceptuando a GRICAND405 donde el patógeno se presentó con mayor severidad, alcanzando un 24% de área cubierta del.

La época de siembra de mayo, se caracterizó por ser la más seca, donde la severidad de enfermedades del complejo ascoquita disminuyó considerablemente, al contrario a *E. pisi* donde los niveles aumentaron. En *A. pisi* y *M. pinodes* se presentaron porcentajes de afectación de 25 a 57% y de 0 a 32% a nivel de follaje, respectivamente, y de 5 a 35% y 0 a

10% en vaina. El comportamiento observado de los patógenos y los resultados obtenidos sugieren que las condiciones de sequía presentados en casi todo el ciclo de cultivo no fueron favorables para la proliferación de *A. pisi* y *M. pinodes*. Por el contrario, *Erysiphe pisi* encontró en esta época de siembra, las mejores condiciones ambientales para afectar a las líneas evaluadas (Tabla 11).

**Tabla 11.** Niveles máximos alcanzados en follaje y vainas por los patógenos oídio (*Erysiphe pisi*) y complejo ascochyta (*Ascochyta pisi* y *Mycosphaerella pinodes*) en la evaluación de ocho líneas de arveja arbustiva en dos localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

| Época  | Marzo |    |        |    | Abril |    |        |     | Mayo  |    |        |    |
|--|-------|----|--------|----|-------|----|--------|-----|-------|----|--------|----|
| <b>Ascochyta (<i>Ascochyta pisi</i>)</b>                 |       |    |        |    |       |    |        |     |       |    |        |    |
| Localidad  | Pasto |    | Tangua |    | Pasto |    | Tangua |     | Pasto |    | Tangua |    |
| Líneas   | F     | V  | F      | V  | F     | V  | F      | V   | F     | V  | F      | V  |
| GRICAND401   | 42    | 21 | 68     | 66 | 60    | 9  | 36     | 9   | 46    | 7  | 31     | 11 |
| GRICAND402   | 69    | 52 | 75     | 49 | 39    | 6  | 69     | 5   | 39    | 5  | 25     | 5  |
| GRICAND403   | 76    | 52 | 82     | 52 | 50    | 15 | 89     | 58  | 43    | 9  | 33     | 30 |
| GRICAND404   | 74    | 44 | 93     | 54 | 52    | 8  | 74     | 14  | 35    | 6  | 28     | 7  |
| GRICAND405   | 71    | 34 | 85     | 70 | 50    | 14 | 73     | 7   | 40    | 5  | 29     | 5  |
| GRICAND406   | 67    | 36 | 81     | 66 | 58    | 18 | 57     | 6   | 46    | 7  | 31     | 12 |
| GRICAND407   | 77    | 45 | 89     | 71 | 51    | 27 | 56     | 8   | 46    | 9  | 30     | 15 |
| GRICAND408   | 73    | 37 | 90     | 72 | 52    | 31 | 62     | 20  | 57    | 15 | 45     | 35 |
| <b>Oídio (<i>Erysiphe pisi</i>)</b>                      |       |    |        |    |       |    |        |     |       |    |        |    |
| Localidad  | Pasto |    | Tangua |    | Pasto |    | Tangua |     | Pasto |    | Tangua |    |
| Líneas   | F     | V  | F      | V  | F     | V  | F      | V   | F     | V  | F      | V  |
| GRICAND401   | 0     | 0  | 0      | 0  | 8     | 0  | 1      | 0   | 6     | 0  | 11     | 2  |
| GRICAND402   | 0     | 0  | 0      | 0  | 2     | 0  | 1      | 0   | 7     | 0  | 21     | 9  |
| GRICAND403   | 30    | 4  | 32     | 7  | 76    | 64 | 42     | 24  | 63    | 26 | 96     | 61 |
| GRICAND404   | 28    | 3  | 30     | 6  | 63    | 43 | 35     | 6   | 59    | 7  | 89     | 38 |
| GRICAND405   | 0     | 0  | 0      | 0  | 24    | 0  | 13     | 0   | 33    | 2  | 21     | 1  |
| GRICAND406   | 32    | 13 | 36     | 13 | 44    | 22 | 52     | 5   | 82    | 42 | 78     | 30 |
| GRICAND407   | 37    | 12 | 42     | 15 | 64    | 61 | 66     | 4   | 80    | 14 | 95     | 70 |
| GRICAND408   | 41    | 20 | 45     | 22 | 77    | 57 | 70     | 19  | 77    | 46 | 74     | 48 |
| <b>Ascochyta pinodes (<i>Mycosphaerella pinodes</i>)</b> |       |    |        |    |       |    |        |     |       |    |        |    |
| Localidad  | Pasto |    | Tangua |    | Pasto |    | Tangua |     | Pasto |    | Tangua |    |
| Líneas   | F     | V  | F      | V  | F     | V  | F      | V   | F     | V  | F      | V  |
| GRICAND401   | 12    | 8  | 57     | 42 | 16    | 7  | 7      | 0   | 6     | 0  | 3      | 1  |
| GRICAND402   | 24    | 9  | 62     | 46 | 11    | 0  | 7      | 0   | 8     | 0  | 0      | 0  |
| GRICAND403   | 58    | 20 | 74     | 51 | 15    | 4  | 8      | 0   | 31    | 10 | 0      | 0  |
| GRICAND404   | 43    | 12 | 64     | 49 | 20    | 5  | 3      | 12  | 15    | 5  | 14     | 0  |
| GRICAND405   | 54    | 16 | 72     | 50 | 23    | 5  | 0      | 0   | 17    | 1  | 9      | 0  |
| GRICAND406   | 59    | 38 | 76     | 49 | 39    | 8  | 1      | 0   | 14    | 0  | 0      | 0  |
| GRICAND407   | 53    | 34 | 76     | 52 | 27    | 9  | 7      | 0,2 | 16    | 6  | 0      | 0  |
| GRICAND408   | 31    | 10 | 75     | 51 | 39    | 7  | 11     | 1   | 32    | 8  | 0      | 0  |

Las líneas GRICAND401 y GRICAND402 mantienen un bajo grado de severidad sin llegar a afectar las vainas en la localidad de Pasto, mientras que en Tangua presenta un porcentaje mínimo de daño en vainas, planteando una reacción de alta resistencia al patógeno *E. pisi*, confirmando los resultados obtenidos por Checa *et al.* (2017) quienes consideraron a GRICAND402 como favorable para futuras evaluaciones por su reacción de resistencia al patógeno *E. pisi*; la línea GRICAND405 presentó mayor severidad de daño en follaje, alcanzó el 33% mientras que en vaina no superó el 2%. Las demás líneas según la escala de evaluación se caracterizan como moderadamente susceptibles y susceptibles (Valencia *et al.*, (2012). La mancha de ascoquita es una enfermedad endémica al cultivo de arveja en Nariño y los principales departamentos productores, y junto a *M. pinodes* prosperan en condiciones de lluvias intensas y alta humedad relativa durante los periodos de floración y formación de vainas, coincidiendo con la época del mes de marzo de este estudio, (Tamayo, 2000); *E. pisi*, oídio o cenicilla es más prevalente en condiciones ambientales secas y con periodos de verano prolongados.

## CONCLUSIONES

En las variables DAF, DCV y DCS la constitución genética de las plantas predominó sobre las variaciones ambientales. Las líneas GRICAND401, GRICAND402, GRICAND403 y GRICAND404 fueron precoces y las líneas GRICAND405, GRICAND406, GRICAND407 y GRICAND408 se mostraron tardías.

GRICAND404, GRICAND405 y GRICAND406 sobresalieron en los componentes de rendimiento NVP, RTOVV y RTOGS, obteniendo los promedios más altos.

En la evaluación de adaptabilidad y estabilidad los índices ambientales destacaron a la época de siembra de abril en Pasto y en Tangua, como los ambientes más favorables para la siembra de arveja arbustiva. Las líneas GRICAND407, GRICAND402, GRICAND404, GRICAND406 y GRICAND405 superaron en rendimiento en vaina verde a la media

general y presentaron adaptabilidad y predictibilidad en los seis ambientes evaluados siendo recomendables para los ambientes evaluados.

GRICAND401 y GRICAND402, se destacaron por presentar baja severidad de oídio, causado por el patógeno *Erysiphe pisi*, indicando una reacción de resistencia en los seis ambientes evaluados.

Los resultados mostraron relación entre las condiciones de precipitación presentadas y en el ciclo de cultivo de las plantas en cada época de siembra; reacción a enfermedades resultó especialmente afectada, así, la alta humedad ambiental propiciada por las altas precipitaciones en la época de siembra de marzo favorecieron el mayor desarrollo de enfermedades foliares como el complejo ascoquita, mientras que en los meses más secos y menos lluviosos, oídio logró afectar gravemente a algunas líneas con niveles de severidad del 95% en follaje y 70% en vaina.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a Colciencias por la financiación del proyecto, a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. Al Grupo de Investigación en Cultivos Andinos, en especial al director del grupo y presidente del trabajo de grado Oscar Eduardo Checa Coral I.A. M.Sc. Ph.D. Por su apoyo y enseñanza en cada paso de este proceso y al docente Marino Rodríguez Rodríguez I.A. M.Sc. por su asesoría y apoyo incondicional. A Verónica Rosero I.A., Jeferson Getial y Camilo Díaz por su amistad y por todo el apoyo brindado en la investigación. A los agricultores y al Centro Internacional de Producción Limpia- Lope SENA Regional Nariño donde se desarrollaron los experimentos y por el apoyo recibido para el desarrollo de la investigación.

A mis familiares, amigos y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Checa, O., Bastidas, J. & Narváez, C. (2017). Evaluación agronómica y económica de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en diferentes épocas de siembra y sistemas de tutorado. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 20(2), 279-288.
- Biddle, A., Knott, C. & Gent, G. (1988). *The PGRO pea growing handbook*. Sixth edition. England: Processors and Growers Research Organization. 264 p.
- Buitrago, J., Duarte, C. & Sarmiento, A. (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Bogotá Colombia: Fenalce, Produmedios.
- Casanova, L., Solarte, J. & Checa, O. (2012). Evaluación de cuatro densidades de siembra en siete líneas promisorias de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 129-140.
- Checa, O. y Rodríguez, M. (2015). Resistencia a Oídio (*Erysiphe polygoni*) y rendimiento en arveja afila (*Pisum sativum* L.). *Temas agrarios*, 20(2), 58-71. <https://doi.org/10.21897/rta.v20i2.759>
- Eberhart, S. & russell, W. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6(1): 36-40
- FENALCE - Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. (2018). INFORME DE GESTIÓN. 9 p. Recuperado de [http://fenalce.org/siembras/archivos\\_lt/lt\\_277IG-FNL-2016-CONSOLIDADO.pdf](http://fenalce.org/siembras/archivos_lt/lt_277IG-FNL-2016-CONSOLIDADO.pdf)
- Galindo, J. y Clavijo, P. (2009). Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 5-15.

Goa, Y., & Ashamo, M. (2014). Evaluation of field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes performance for yield and yield components at five growing environments of southern Ethiopia. *Current Research in Agricultural Sciences*, 1(3), 65-76.

Gonzales, F. & Ligarreto, G. (2006). Rendimiento de ocho genotipos promisorios de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) bajo sistema de agricultura protegida. *Fitotecnia Colombiana* 6(2), 52-61.

IDEAM. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. (2018). Departamento Administrativo de Estadística. Recuperdo de [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

Khan, T., Ramzan, A., Jillani, G. & Mehmood, T. (2013). Morphological performance of peas (*Pisum sativum*) genotypes under rainfed conditions of Potowar region. *J. Agric. Res.* 51(1):51- 60.

Ligarreto, G. A., & Ospina, A. R. (2009). Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana*, 27(3).

Mera, M. (1989). Densidad poblacional y espaciamiento en arveja (*Pisum sativum* L.) para grano seco de follaje reducido. *Agricultura técnica*. 49(2): 148-152.

Mishra, N. (2014). Growth and yield response of pea (*Pisum.sativum* L.) to Integrated Nutrient Management-A Review. *Journal of Plant and Pest Science*, 1(2):87-95

Moreno, M. & Dilmar, J. (1987). Manual de mejoramiento de la arveja. ICA, Bogotá DC. Colombia. 18p

Pacheco, C., Vergara, H. & Ligarreto, M. (2009). Clasificación de 85 accesiones de arveja (*Pisum sativum* L.), de acuerdo con su comportamiento agronómico y caracteres morfológicos. *Agronomía Colombiana*, 27(3):323-332.

Patiño, W., Valderrama, J. & Ñustez, C. (1997). Evaluación de nueve variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) para uso industrial, en la region de Suba, Santafé de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 14(2), 108-118.

Tamayo, J. (2000). *Enfermedades del cultivo de la arveja en Colombia: guía de reconocimiento y control* (No. Doc. 19460) CO-BAC, Bogotá).

Valencia, A., Timaná, Y. & Checa, O. (2012). Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L) y su reacción al complejo de *Ascochyta*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 39-52.

Vargas, E., Vargas, J. y Baena, D. (2016). Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas Agroecológicas de Colombia. *Acta Agronómica*. 65(1):72-79. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n1.43417>