

**Caracterización morfológica y adaptabilidad de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L) para
la zona cerealista del Departamento de Nariño**

VERONICA VANESSA ROSERO LOMBANA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO**

2021

**Caracterización morfológica y adaptabilidad de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L) para
la zona cerealista del Departamento de Nariño**

VERONICA VANESSA ROSERO LOMBANA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en
Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción de Cultivos**

Director de Tesis

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL. I.A Ph.D

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS

ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS

SAN JUAN DE PASTO

2021

Nota de Responsabilidad

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

JAVIER GARCIA ÀLZATE I.A Ph.D

Jurado Delegado

NÈSTOR ANGULO RAMOS I.A M.Sc

Jurado

ANTONIO BOÑÑOS ALOMIA I.A M.Sc

Jurado

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL I.A Ph.D

Presidente

San Juan de Pasto, mayo 5 de 2022

Dedicado A

A Dios.

Por su infinita bondad y amor, porque en el encontré la paz y la fuerza para empezar y culminar este camino.

A mis padres Miriam y Ricardo

Por haberme apoyado cada momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante y por su amor incondicional.

A Juan David

Por sus besos, sus abrazos y su amor puro y transparente, tú te convertiste en mi motor, mi inspiración y me has motivado a ser mejor día a día, gracias por recordarme que lo más valioso en la vida es lo intangible.

A mis familiares y amigos por brindarme siempre su apoyo y cariño

Agradecimientos

A la Universidad de Nariño en especial al grupo de Investigación de Cultivos Andinos GRICAND por su colaboración durante este proceso y su valiosa amistad, en especial a Lizeth Realpe, Jeferson Getial, Camilo Díaz y Sandra Ruano.

A mi director de tesis Oscar Eduardo Checa Coral Ph.D Por ser un gran Maestro, por su dedicación, su apoyo incondicional y su paciencia durante este proceso.

A los jurados Javier García Álzate, Néstor Angulo, Antonio Bolaños, y Hernando Criollo Escobar QEPD, por todos sus aportes y sugerencias en este trabajo,

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

Resumen

La Universidad de Nariño cuenta con una colección de arvejas arbustivas (*Pisum sativum* L.) que constituyen una fuente de biodiversidad, pero aún no ha sido caracterizada y en consecuencia no se ha valorado la variabilidad genética existente la cual constituye la base para la obtención de nuevas variedades para el departamento de Nariño. Este trabajo tuvo como primer objetivo realizar la caracterización morfológica de 40 genotipos de arveja arbustiva mediante en registro de 22 variables cuantitativas y 12 variables cualitativas que corresponden a los descriptores propuestos para esta especie por la Unión Europea (2003). Los datos obtenidos se analizaron usando estadística multivariada con Análisis de Componentes Principales y Análisis de Correspondencias Múltiples, finalmente, se aplicó el método de clasificación jerárquica utilizando el criterio de Ward. Para las variables cuantitativas se seleccionaron los cuatro primeros componentes que explicaron el 78,80% de la variabilidad total de la población; el dendrograma permitió obtener cuatro grupos diferenciados por peso de 100 granos, ancho de estípula, ancho y largo de foliolo, número de foliolos, tamaño de pedúnculo en rama principal y en rama secundaria. Para las variables cualitativas se seleccionaron los seis primeros factores que explicaron el 60,51% de la variabilidad; el análisis de clasificación jerárquica permitió identificar cinco grupos caracterizados por presentar ausencia de foliolos y color de hilum hialino; color de hilum café claro; hoja normal o terminada en zarcillo; grado de curvatura de la vaina suave y color de grano verde; forma de grano redonda.

En el segundo objetivo se evaluó líneas de arveja arbustiva por su adaptación a las condiciones ambientales en municipios cerealistas de Nariño en diferentes épocas de siembra para su cultivo. Se seleccionaron ocho genotipos promisorios por orden de mérito del objetivo uno. Con el fin de determinar el grado de competitividad del material genético seleccionado se evaluaron por componentes de rendimiento en cuatro localidades bajo tres épocas de siembra (Marzo, Abril y mayo). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados se sometieron a Análisis de Varianza y prueba de comparación de promedios. Para la variable rendimiento se efectuó un análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica. Las líneas ARB004, ARB005, ARB006 fueron las que tuvieron el mejor promedio de rendimiento tanto en grano verde como en grano seco. Según el análisis de adaptabilidad y estabilidad se observó que las líneas ARB005 y ARB006 presentaron una buena adaptación a todos los ambientes y superaron la media general.

Palabras clave: Variabilidad, Componentes principales, Correspondencias múltiples, adaptabilidad, rendimiento

Abstract

The University of Nariño has a collection of bush peas (*Pisum sativum* L.) that constitute a source of biodiversity, but it has not yet been characterized and consequently the existing genetic variability, which constitutes the basis for obtaining new ones, has not been assessed. varieties for the department of Nariño. The first objective of this work was to carry out the morphological characterization of 40 bush pea genotypes by recording 22 quantitative variables and 12 qualitative variables that correspond to the descriptors proposed for this species by the European Union (2003). The data obtained were analyzed using multivariate statistics with Principal Component Analysis and Multiple Correspondence Analysis, finally, the hierarchical classification method was applied using Ward's criterion. For the quantitative variables, the first four components that explained 78.80% of the total variability of the population were selected; The dendrogram allowed obtaining four groups differentiated by weight of 100 grains, stipule width, leaflet width and length, number of leaflets, peduncle size in main branch and secondary branch. For the qualitative variables, the first six factors that explained 60.51% of the variability were selected; The hierarchical classification analysis allowed to identify five groups characterized by the absence of leaflets and hyaline hilum color; hilum color light brown; normal leaf or finished in tendril; degree of curvature of the soft pod and green grain color; round grain shape.

In the second objective, bush pea lines were evaluated for their adaptation to environmental conditions in cereal-growing municipalities of Nariño at different sowing times for their cultivation. Eight promising genotypes were selected in order of merit from goal one. In order to determine the degree of competitiveness of the selected genetic material, they were evaluated by performance components in four locations under three sowing seasons (March, April and May). A randomized complete block design with eight treatments and four repetitions was used. The results were subjected to Analysis of Variance and mean comparison test. For the performance variable, an analysis of adaptability and phenotypic stability was carried out. The lines ARB004, ARB005, ARB006 were the ones that had the best average yield in both green and dry beans. According to the adaptability and stability analysis, it was observed that the ARB005 and ARB006 lines presented a good adaptation to all environments and exceeded the general average.

Keywords: **Variability**, Principal Components, Multiple Correspondences, Adaptability, Performance.

Contenido

	Pag.
Introducción.....	17
1. Objetivos.....	19
1.1 Objetivo general	19
1.2 Objetivos específicos	19
2. Marco teórico.....	20
2.1 Generalidades	20
2.2 Morfología de la planta	20
2.3 Variedades de arveja en Nariño.....	21
2.3.1 Ica-Corpoica Sindamanoy.....	21
2.3.2 Obonuco San Isidro.....	21
2.3.3 Obonuco Andina.	22
2.3.4 Sureña.	22
2.3.5 Alcalá.....	22
2.4 Sistemas de producción.....	23
2.5 Estudios relacionados con el tema	24
2.5.1 Estudios sobre caracterización morfológica.	24
2.5.2 Estudios sobre evaluación de genotipos de arveja arbustiva.	27
3. Materiales y métodos.....	30
3.1 Materiales y métodos objetivo 1.....	30
3.1.1 Localización.	30
3.1.2 Material genético.....	30
3.1.3 Establecimiento del experimento para la caracterización morfológica.	32
3.1.4 Descriptores.	34
3.1.4.1 Descriptores cualitativos.	35
3.1.5 Toma de datos descriptores cualitativos y cuantitativos	43
3.1.6 Análisis estadístico	44
3.2 Materiales y métodos objetivo 2.....	44
3.2.1 Selección de genotipos	45

3.2.2 Localización.....	46
3.2.3 Material vegetal.....	46
3.2.4 Preparación del suelo y manejo agronómico	46
3.2.5 Diseño experimental.....	47
3.2.6 Variables evaluadas.....	47
3.2.7 Análisis estadístico.....	48
4. Resultados y discusión	49
4.1 Análisis de componentes principales.....	49
4.2 Análisis de correspondencias múltiples.	55
4.3 Ciclo vegetativo.....	63
4.4 Análisis de varianza	67
4.5 Número de vainas por planta (NVP).....	68
4.6 Peso de vainas con grano verde (PVCG).	71
4.7 Peso de granos por vaina (PGV)	73
4.8 Rendimiento en vaina verde (RTOVV)	76
4.9 Rendimiento en grano seco (RTOGS).....	80
4.10 Adaptabilidad y estabilidad fenotípica para la variable rendimiento en vaina verde	83
4.11 Reacción a enfermedades causadas por Erisyphe polygoni. Y el complejo Ascochyta pisi y Mycosphaerella pinodes	85
5. Conclusiones	89
Referencias	90

Índice de tablas

	Pag.
Tabla 1. Identificación de los 40 genotipos de arveja arbustiva que se utilizaron en la presente investigación	31
Tabla 2. Descriptores de las variables cuantitativas utilizadas para la caracterización morfológica de la colección de arveja arbustiva de la Universidad de Nariño.....	34
Tabla 3. Descriptores para las variables cualitativas utilizados en la caracterización morfológica de 40 accesiones de arveja arbustiva (<i>Pisum sativum</i> L).	35
Tabla 4. Identidad y origen de los ocho genotipos de arveja arbustiva seleccionados para evaluación en los diferentes ambientes de la zona cerealista de Nariño	46
Tabla 5. Valores propios y porcentajes de variabilidad explicada por los componentes principales en la caracterización de la colección de arveja arbustiva (<i>Pisum sativum</i> L) de la Universidad de Nariño.....	49
Tabla 6. Aporte de las variables cuantitativas a la conformación de los componentes principales en la caracterización de 40 genotipos de arveja arbustiva (<i>Pisum sativum</i> L).....	51
Tabla 7. Promedios y desviación estándar para las variables continuas que caracterizan a los cuatro agrupamientos resultantes de la clasificación jerárquica.....	53
Tabla 8. Valores propios y porcentajes de la variabilidad explicada por los factores resultantes del análisis de correspondencias múltiples (ACM) en la caracterización de la colección de arveja arbustiva (<i>Pisum sativum</i> L) de la Universidad de Nariño.	56
Tabla 9. Contribución de las variables cualitativas a la conformación de los ejes Factoriales en el análisis de correspondencias múltiples	57
Tabla 10. Promedios y desviación estándar y variables cualitativas que caracterizan a los agrupamientos resultantes de la clasificación jerárquica.....	61
Tabla 11. Días a floración para ocho líneas de arveja arbustiva a través de 4 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.	64
Tabla 12. Días a cosecha en verde para ocho líneas de arveja arbustiva a través de 4 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño	65

Tabla 13. Días a cosecha en seco para ocho líneas de arveja arbustiva a través de 4 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.	67
Tabla 14. Cuadrados medios para las variables NVP, PVC, NGCV, PGCV, RtoV, RtoS en la evaluación de ocho genotipos de arveja arbustiva en tres épocas de siembra y en cuatro municipios del Departamento de Nariño	68
Tabla 15. Comparación de promedios de Tukey en la variable NVP para ocho líneas de arveja arbustiva en 3 épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño.	70
Tabla 16. Comparación de promedios de Tukey en la variable peso de vaina con grano (PVCG) para ocho líneas de arveja arbustiva en 3 épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño.....	73
Tabla 17. Comparación de promedios de Tukey en la variable PGV para 8 líneas de arveja arbustiva a través de 2 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.....	75
Tabla 18. Comparación de promedios de Tukey en la variable RTOVV ($t.ha^{-1}$) para ocho líneas de arveja arbustiva en 3 épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño	78
Tabla 19. Comparación de promedios de Tukey en la variable rendimiento en grano seco (RTOGS) para ocho líneas de arveja arbustiva en tres épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño.....	82
Tabla 20. Rendimiento promedio e índices ambientales en el análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica para producción en vaina verde ($t.ha^{-1}$).	84
Tabla 21. Parámetros de estabilidad fenotípica planteados por Eberhart y Russell para rendimiento en vaina verde en la evaluación de la interacción de ocho líneas de arveja arbustiva en 12 ambientes de la zona cerealista de Nariño.	84
Tabla 22. 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 8 líneas de arveja arbustiva en 4 localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.	87

Índice de figuras

	Pag.
Figura 1. Siembra de las 40 accesiones de arveja arbustivas para realizar su caracterización morfológica	33
Figura 2 Fertilización líneas	33
Figura 3. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo grado de curvatura.	38
Figura 4. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo tipo de curvatura de la vaina	38
Figura 5. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo superficie de grano.	39
Figura 6. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo tipo de estipula.	39
Figura 7. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo forma del pigmento	39
Figura 8. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo color de flor.	39
Figura 9. Modelo grafico de referencia para el descriptor cualitativo tipo de hoja.....	40
Figura 10. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo margen de foliolos	40
Figura 11. Escala de severidad Oídium (<i>Erysiphe polygoni</i>) para evaluación los 40 genotipos de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).....	41
Figura 12. Escala de severidad de <i>Ascochyta pisi</i> para evaluación los 40 genotipos de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.)	41
Figura 13. Escala de severidad de <i>Mycosphaerella pinodes</i> (<i>A. pinodes</i>) para evaluación los 40 genotipos de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.)	42
Figura 14. Escala de severidad para evaluacion de <i>Ascochyta pisi</i> y <i>Mycosphaerella pinodes</i> (<i>A. pinodes</i>) en vaina.	42
Figura 15. Toma de datos a. ancho de estipula b. tipo de hoja c. largo de entrenudo d. altura de planta	43
Figura 16. Toma de datos a. tipo de curvatura de la vaina b. ancho de vaina c. largo de vaina	43
Figura 17. Toma de datos para número de granos por vaina y peso de granos.....	44
Figura 18. Dendrograma y conformación de agrupamientos en el análisis de Clasificación de variables cuantitativas	52

Figura 19. Dendrograma para la conformación y análisis de grupos de clasificación de las variables cualitativas	60
Figura 20 Precipitación presentada para las épocas de siembra en los meses de desarrollo de los experimentos de campo en los ambientes de Yacuanquer, Guaitarilla, Tangua y Pasto en el año 2017 en Nariño	63

Introducción

La arveja (*Pisum sativum*, L.) es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, hay evidencias del consumo de arvejas silvestres unos 10.000 años antes de Cristo, La arveja pertenece a la familia de las leguminosas, al igual que el fríjol, el garbanzo y la lenteja, es herbácea de hábito rastrero o trepador, adaptada en climas templados y fríos moderados.

La diversidad genética de la arveja existente en los programas de mejoramiento y en los bancos de germoplasma, es de gran importancia porque permite explorar la variabilidad de los genotipos avanzados y de las accesiones y describir los fenotipos y su comportamiento agronómico. El estudio de la variabilidad genética contribuye a la selección de individuos con caracteres cualitativos y cuantitativos importantes para la obtención de variedades que agraden a consumidores y productores (Ligarreto, 1999).

En el Departamento de Nariño el cultivo de arveja reviste cada día mayor protagonismo especialmente en regiones de clima frío por su influencia en el mejoramiento del suelo, su capacidad de adaptación, alto potencial de rendimiento y por la posibilidad de cosechar en vaina verde o en grano seco (Sañudo *et al.*, 2001), así mismo contribuye en la calidad de la dieta alimenticia de los campesinos por ser una fuente económica para el agricultor y por presentar un alto contenido de proteína (6.3% en verde y 24.1% en seco) (AGRONET, 2009); estos aspectos permiten utilizar dicha planta en la rotación de cultivos de interés regional como el trigo la cebada y papa.

Se estima que en Nariño la superficie dedicada al cultivo de arveja supera las 16.000 hectáreas por año, empleando más de 30.000 personas en su cadena productiva (Checa, *et al.*, 2020). Las variedades comúnmente utilizadas son Obonuco Andina, San Isidro, Sureña y Sindamanoy, las cuales, requieren sistemas de tutorado, que representan cerca del 50% de los costos de producción (Checa y Rodríguez, 2015).

Las arvejas arbustivas no requieren tutorados, por lo cual tiene un impacto ambiental positivo a diferencia del cultivo de arveja de crecimiento indeterminado que requieren el uso de postes y fibra de polipropileno que es un contaminante ambiental, por no ser biodegradable y durar mucho tiempo en el campo después de su utilización. Por otra parte el establecimiento de este cultivo mejoraría notablemente el estado de los suelos de esta región debido a la capacidad de fijación de nitrógeno por parte de la arveja que suele ser muy alto (Valladolid y Voysest, 2006).

Teniendo en cuenta la importancia del cultivo de arveja para la región y que esta leguminosa ha sido un factor estabilizador de la economía de los pequeños productores de las zonas andinas, además de contribuir a su seguridad alimentaria, es necesario conocer y aprovechar la variabilidad genética que se encuentra en colección o banco de germoplasma de la Universidad de Nariño, la cual cuenta con 40 accesiones que aún no han sido caracterizadas.

Para el aprovechamiento del potencial genético de la colección de arveja arbustiva del grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, es necesario por lo tanto realizar un estudio detallado de la variabilidad genética, mediante la caracterización morfológica de los genotipos pertenecientes a esta colección y realizar la identificación de aquellos genéticamente promisorios o con características deseables para ser evaluados en diferentes ambientes de la zona cerealista de Nariño buscando una nueva opción productiva para la región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Contribuir a la búsqueda de nuevas opciones productivas para la zona cerealista de Nariño mediante la valoración y aprovechamiento de la biodiversidad de la arveja arbustiva (*Pisum sativum L*) y su aporte en la generación de variedades mejoradas y tecnología para su cultivo

1.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización morfológica de 40 genotipos de arveja arbustiva de la colección de trabajo del grupo de investigación GRICAND de la Universidad de Nariño.
- Evaluar genotipos de arveja arbustiva por su comportamiento agronómico y adaptación a las condiciones ambientales en municipios cerealistas de Nariño bajo diferentes épocas de siembra para su cultivo.

2. Marco teórico

2.1 Generalidades

La arveja (*Pisum sativum* L.) es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, se cree que unos 10.000 años a. C ya se consumían arvejas silvestres, la cuales fueron descubiertas por arqueólogos que exploraban la “Cueva Espíritu” ubicada en el distrito de Pang Mapha, provincia de Mae Hong Son, al noroeste de Tailandia la cual en un principio fue explorada por cazadores y recolectores (Mayorga, 2016). Este cultivo ha acumulado una gran variabilidad genética que no solo ha logrado adaptarse a una diversidad de ambientes para convertirse en una de las principales leguminosas de grano en el mundo, sino también pasar a ser una importante planta modelo para estudios bioquímicos y fisiológicos (Davies, 1993).

Hacia el año 500 a.C la arveja se introdujo como cultivo desde Asia a Europa por los romanos y los griegos. “En América fueron los españoles los encargados de introducir el cultivo por todo el continente y ha sido cultivada durante cientos de años” (Krall, 2006). Desde ese entonces la arveja se ha extendido por todo el mundo hacia regiones templadas y zonas altas de los trópicos siendo hoy ampliamente cultivada y consumida.

El nombre científico (*Pisum sativum* L. var. *sativum*), de esta leguminosa fue asignado por “Lineo, quien clasificó a la especie. Los nombres comunes se han dado de acuerdo al idioma y la procedencia del cultivo, en español: arveja, alverja, guisante, chícharo y en otros idiomas: green pea (inglés), Erbse (alemán), pois (francés), pisello (italiano)” (Riascos y Checa, 2018).

2.2 Morfología de la planta

Las raíces de la planta son de estructura fibrosa, de regular tamaño con nudosidades producidas por acción de las bacterias radicales, (*Rizhobium leguminosarun*), que forman los nódulos radicales fijadores del nitrógeno del aire, posee tallos delgados trepadores y angulosos, erectos o trepadores según la variedad o el hábito de crecimiento definido o indeterminado (Puga, 2012), El tallo, según la variedad, puede ser corto, largo, mediano o largo, pero en todos los casos es hueco, ligeramente estriado, previsto de nudos y de color verde claro. (Terranova, 2005).

Las hojas son compuestas e imparipinadas con folíolos, elípticos de bordes ondulados, en los 3 primeros entrenudos se presentan hojas rudimentarias a manera de escamas, y en los siguientes llevan hojas con un solo par de folíolos. Las estípulas, de tamaño mayor que los folíolos, se

insertan en la base del pecíolo de cada hoja. En las hojas superiores los folíolos se transforman en zarcillos resistentes, que utiliza la planta para sostenerse. (Terranova, 2005).

Sus flores son pentámeras blancas o moradas con nacimiento individual o en racimos de uno o de dos flores en las axilas de las hojas. El cáliz es gamosépalo y presenta cinco sépalos de color verde pálido, los cuales son muy resistentes. La corola está formada por cinco pétalos irregulares llamados alas, estandarte y quillas, presentan coloración blanca o violeta y son del tipo dialipétalo papilionada. El androceo está constituido por 10 estambres diadelfos colocados en dos verticales (nueve más uno). El ovario es unilocular, unicarpelar alargado con presencia de una sutura ventrodorsal encerrando entre cinco y diez óvulos unidos al interior del tabique por sendos funículos; la presentación es parietal y posee un estigma capitado y muy pubescente. Finalmente el fruto de esta planta encierran semillas lisas o arrugadas de testa delgada, con dos cotiledones, sin endosperma, harinosos y con germinación hipògea. (Terranova, 2005).

2.3 Variedades de arveja en Nariño

2.3.1 Ica-Corpoica Sindamanoy.

Es una variedad de arveja mejorada liberada en 1995, con buena adaptación en la zona cerealista y en la exprovincia de Obando dentro del departamento de Nariño. Fue obtenida como resultado de la investigación iniciada por el ICA y culminada por CORPOICA, en el CI Obonuco. Su crecimiento es indeterminado o voluble y dependiendo del sistema de siembra presenta rendimientos que oscilan entre 5.5 y 6.4 t.ha⁻¹ en vaina verde y 1.2 y 1.6 t.ha⁻¹ en grano seco. Se adapta a zonas ubicadas entre los 2.300 y 2.900 m.s.n.m con clima frío y frío moderado y su ciclo de cultivo está entre los 130 y 150 días. Se lanzó como moderadamente resistente a Ascochyta y Antracnosis. Presenta flores de color blanco, vainas de seis a ocho centímetros de largo, seis a nueve granos por vaina y 25 a 36 vainas por planta. En el sistema de tutorado la altura promedio de la planta es de 1.90 m y en el sistema de siembra en surcos es de 1.50 m (ICA, 1996).

2.3.2 Obonuco San Isidro.

Variedad mejorada lanzada por CORPOICA en el año 2000 y surge como resultado del cruzamiento entre la línea L1724 y L48 (padre de la variedad Andina) para la zona triguera del departamento de Nariño (Tangua, Imues, Yacuanquer y Guaitarilla) con altitudes que rondan los 2400 msnm, es de crecimiento voluble o indeterminado y presenta mediana a baja fertilidad. Esta variedad también se ve afectada por enfermedades foliares aunque en menor proporción respecto

a la variedad Sindamanoy, cabe destacar que en la zona triguera alcanzó rendimientos de 3.5 t.ha⁻¹ sin embargo cuando se sembró en la zona sur de Nariño especialmente por los lados del municipio de Córdoba su rendimiento aumento a 10.5 t.ha⁻¹ en vaina verde (ICA, 2006a).

2.3.3 Obonuco Andina.

Variedad mejorada de arveja liberada en el año 2002 de crecimiento voluble o indeterminado adaptada entre los 2600 y 2900 msnm, especialmente en la cuenca del rio Guátara y en la Ex provincia de Obando. Alcanza un rendimiento de 6.6 t.ha⁻¹ a 8.5 t.ha⁻¹. Es el resultado del cruzamiento entre las líneas E.U (Estados Unidos) de vaina grandes y la línea L48 de vainas pequeñas pero numerosas. La planta crece hasta los 2.25 metros, con flores blancas, vainas de 5.3 a 8.5 centímetros de largo y 4 a 7 semillas, granos de forma redonda lisa de color verde con hiliium de color blanco (ICA, 2006b).

El ciclo de vida a partir de la siembra es: floración a los 65 días, cosecha de grano verde a los 128 días y cosecha de grano seco a los 155 días. Su valor comercial se atribuye a la resistencia, al transporte y al tiempo de permanencia del grano verde sin oxidarse ni germinarse (26 y 30 días, respectivamente); los granos presentan una textura suave y un menor tiempo de cocción. Estas características hacen posible la producción de arveja fresca durante todo el año (DANE, 2005).

2.3.4 Sureña.

Variedad liberada en el 2012, resultado del cruzamiento entre las variedades San Isidro y Santa Isabel. Con adaptación a zonas comprendidas entre los 2500 y 2900 msnm en el Departamento de Nariño. Presenta un rendimiento experimental de 14.9 t.ha⁻¹ en verde. En condiciones favorables y bajo sistemas de siembra de tutorado alcanza un promedio de altura de planta de 1.46 m, mostrando moderada resistencia a enfermedades foliares como ascoquita y antracnosis. Presenta flores de color blanco, vainas de seis a ocho cm de largo y seis a ocho granos por vaina (ICA 2012a)

2.3.5 Alcalá.

Variedad mejorada de arveja, lanzada en el año 2012, con un porte más bajo que Obonuco Andina y San Isidro, la planta presenta un color verde con tendencia al amarillo a diferencia de sureña. Esta variedad se lanzó para el departamento de Nariño, pero también para Cundinamarca y Boyacá, en estos dos últimos departamentos ha tenido gran acogida por el grano de color crema con hiliium negro y buena capacidad de carga. Esta variedad, fue obtenida como resultado

de la investigación realizada entre la Facultad de Agronomía de la universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y el grupo de investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño. Se adapta a la subregión natural de altiplanos de Cundinamarca y Boyacá (2100 – 2800 msnm) y subregión natural de Nariño (2500 – 2900 msnm), presenta moderada resistencia a antracnosis y ascochyta; con arquitectura de menor agresividad con relación a las variedades Andina, San Isidro y Sindamanoy; con rendimiento experimental de 12.9 t. ha⁻¹ en verde (ICA, 2012b)

2.4 Sistemas de producción

En el cultivo de arveja existen dos sistemas de producción: la siembra con tutor la cual se caracteriza por los altos costos representados en las labores y materiales para tutorado pero a su vez tienen altos rendimientos y mayor calidad de vaina en fresco y la siembra rastrera sin tutor que se concentra en el Departamento de Nariño en donde se utiliza para la producción de arveja seca principalmente para semilla. (FENALCE, 2010). Las variedades arbustivas, son materiales exigentes en la preparación del suelo y en las condiciones de precipitación (González y Ligarreto, 2006).

Una de las características importantes en las variedades arbustivas, es la presencia del gen aphila en algunas líneas, carácter recesivo que sustituye las hojas por zarcillos; éstos permiten que las plantas se mantengan erectas y se apoyen entre sí, hasta la cosecha, configurando una estructura abierta, con buena aireación, dando poca sombra a las vainas (Giaconi y Escafe, 1988). La densidad de siembra apropiada para estas arvejas, es de 140 plantas/m². (Garzón y Gasca, 1990).

Generalmente las siembras de las arvejas arbustivas sin tutor, se realizan en el primer semestre agrícola del año desde febrero hasta mediados de abril, ya que se tiene la oportunidad de hacer la cosecha de vaina verde o de grano seco en épocas de verano. Para el segundo semestre agrícola las siembras se realizan en septiembre, no siendo tan favorable por que se llega bien hasta la floración; luego hay pérdida progresiva de plantas debido a la invasión de malezas por invierno lo que ocasiona un ambiente húmedo el cual favorece las pudriciones de tallos, ramas, hojas, flores y vainas. En sistemas tutorados la siembra que se efectúa en el segundo semestre es viable ya que permite realizar un efectivo control sobre las malezas y enfermedades (Sañudo *et al*, 1999)

Según Sañudo *et al.* (1999). cuando se siembra arveja al voleo o en surcos sin tutor, estos sistemas conducen a bajos rendimientos y alta incidencia de las enfermedades foliares, Páez *et al.* (2000), mencionan que la menor producción de frutos se da por competencia de nutrientes, espacio y radiación, generada por el más alto número de plantas por unidad de área. Mera (1989), afirma que al aumentar la densidad en el cultivo de arveja hay una marcada reducción en el número de vainas por planta, al igual que el número de granos por vaina. Por tal razón se ve la necesidad de establecer adecuadas distancias de siembra y una adecuada densidad de plantas con el fin de optimizar los rendimientos.

Respecto a las épocas de siembra también es necesario determinar las fechas de establecimiento del cultivo ya que estos materiales requieren un periodo de lluvias muy regular (Garzon y gasca, 1990); al evaluar el comportamiento productivo de tres líneas de arveja en dos fechas de siembra, Prieto y Antonelli (2008) encontraron diferencias en producción de materia seca.

Dadas las dificultades de tecnificación de las arvejas volubles por su sistema de tutorado es pertinente trabajar en arvejas arbustivas tendiente a obtener genotipos de porte bajo, precoces y con cualidades de vaina para consumo en fresco como las variedades convencionales de ciclo largo tipo Santa Isabel (Gonzales y Ligarreto, 2006)

2.5 Estudios relacionados con el tema

2.5.1 Estudios sobre caracterización morfológica.

Toda la variabilidad producida en los procesos evolutivos y/o de domesticación se almacena en el genoma de las plantas, es decir entre los miembros de la población que conforman la especie y puede o no expresarse en características que permitan ser identificadas. Por tanto desde el punto de vista de su expresión, la variabilidad contenida en el genoma de una especie puede ser agrupada en variabilidad que se expresa en características visibles que conforman el fenotipo, y la que no se expresa en características visibles pero que, en general se refiere a los procesos o productos internos de la planta (Hidalgo, 2003).

En estudios de variabilidad de germoplasma es necesaria la toma de datos de un gran número de variables cualitativas y cuantitativas en un número representativo de individuos, lo cual implica una inversión considerable en tiempo y recursos; por eso la identificación de variables discriminantes cobra importancia, en virtud de la síntesis y el ahorro en esfuerzo y recursos. La

extrapolación de resultados debe ser cuidadosa ya que el grupo de variables discriminantes depende de características particulares de la población estudiada (Ligarreto, 2003).

Para la caracterización del material vegetal, se utilizan descriptores los cuales se definen describen el material vegetal, pero no sólo hacen referencia a características morfológicas o fisiológicas de la planta, sino que también se consideran como descriptores aquellos datos u observaciones que complementen la descripción o caracterización del material vegetal. Para Hidalgo (2003), los descriptores realmente útiles son aquellos que se pueden detectar a simple vista, registrar fácilmente, que tienen alta heredabilidad, alto valor taxonómico y agronómico, que se puedan aplicar a muestras pequeñas y que permitan diferenciar una accesión de otra (Espinosa, N. y Ligarreto, O. 2005).

Ligarreto y Martínez (2014). Usaron descriptores morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares para estimar la variabilidad genética entre 36 accesiones colombianas de frijol, de las cuales cuatro eran silvestres y las otras cultivadas, donde se encontró que el alto grado de asociación entre las seis variables morfológicas de alta heredabilidad podría ser debido a las características morfológicas que han sido conservadas para motivos adaptables después de que mutaciones arbitrarias han ocurrido. Además resaltaron que la alta correlación de los marcadores moleculares y bioquímicos con la caracterización total de todos los tipos de marcador estudiados es explicada por la mayoría de las variables combinadas de la matriz correspondiente a estos marcadores (Hernández, *et al* 2013).

Según Pacheco, *et al* (2009). Los trabajos relacionados con la selección de cultivares de arveja han respondido a necesidades locales o particulares de los productores, se considera que la precocidad es una de las características varietales que más se ha mostrado sensible al ambiente, particularmente por la variación de la temperatura a lo largo del período vegetativo, por ende, la temperatura es determinante en la producción y en el desarrollo de la arveja. Otro factor que afecta la producción es la densidad de plantas por unidad de superficie; los mayores rendimientos se obtienen con los niveles altos de población, aunque se reduce el rendimiento por planta. Junto a estos parámetros de selección de cultivares tiene importancia la presentación del producto en vaina en fresco, el número de granos por vaina, el tamaño de la vaina y el color de la semilla seca, sin embargo, los investigadores no aplican descriptores universales en la selección de nuevas genotipos de mejoramiento (González y Ligarreto, 2006).

Según Angulo *et al* (2009), las investigaciones encaminadas a la caracterización de germoplasma de arveja han respondido a necesidades locales o particulares de los investigadores, sin establecer descriptores de aplicación universal. Para el efecto, la Unión Europea (2003) publicó los descriptores para la evaluación de variedades de arveja. Para la promoción de la variabilidad genética existente en los programas de mejoramiento y en los bancos de germoplasma, es necesario explorar la variabilidad de los genotipos avanzados y de las accesiones y describir los fenotipos y su comportamiento agronómico. La variabilidad genética permite seleccionar individuos con caracteres cualitativos y cuantitativos importantes para la obtención de variedades que agraden a consumidores y productores (Ligarreto, 1999).

Pacheco *et al* (2009), evaluaron 42 materiales en proceso de mejoramiento provenientes de los bancos de germoplasma de la nación colombiana administrados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) existentes en los Centros de Investigación “Tibaitatá” en donde la fase de campo del trabajo se realizó en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero, durante dos ciclos de cultivo, con un manejo agronómico convencional.

Un análisis factorial de datos mixtos, AFDM, permitió agrupar las 85 accesiones en tres grupos de variación cualitativa-cuantitativa, y seleccionar los materiales 116, 134, 225 y 236 para transmitir características de rendimiento, ramificación y calidad de grano a través de procesos de mejoramiento (Pacheco *et al*, 2009). El AFDM permite hacer un análisis balanceado incluyendo simultáneamente variables cuantitativas y cualitativas. Según Pagès, (2004), el uso de este método permite que en la descripción de clases, éstas se caractericen por variables cuantitativas, cualitativas o ambos tipos, ofreciendo una alternativa a la clasificación vía ACP y ACM donde parte de las variables se toman como ilustrativas o se categorizan.

López *et al.*, (2008) seleccionaron variables morfológicas confiables y discriminantes para la caracterización del tejocote mediante el análisis de varianza, coeficiente de variación, correlación lineal, selección por pasos y análisis de componentes principales. Se consideraron 100 accesiones a las cuales se les evaluaron 76 variables. Para cada accesión se evaluaron 14 variables para hojas de brotes reproductivos, 11 variables para hojas de brotes vegetativos cortos y largos, 35 para estructuras florales y 2 para amarre de fruto. De los métodos utilizados para la selección de variables morfológicas para la definición de descriptores, los que más aportaron fueron el coeficiente de variación, análisis de componentes principales y la correlación de

Pearson, ya que mediante estos métodos, de las 76 variables analizadas, solo 35 de ellas fueron seleccionadas.

Checa *et al* (2011), realizaron la caracterización morfoagronómica del subgénero *Tacsonia* en la zona andina del departamento de Nariño, Colombia, encontrando que el 64,8% de los genotipos con mayor diversidad se ubicaron en la zona sur del departamento. En el ACP cinco componentes explicaron el 66,30% de la variación evaluada y la clasificación jerárquica permitió identificar cuatro clases. Las características cuantitativas que más contribuyeron a la variabilidad fueron peso de fruto y longitud e pedúnculo, mientras que en el ACM los cinco primeros factores explicaron el 50,6% de la variabilidad total, identificándose cinco grupos, siendo los caracteres cualitativos que más aportaron a la variabilidad la forma del fruto y la reacción a antracnosis.

2.5.2 Estudios sobre evaluación de genotipos de arveja arbustiva.

Checa, *et al* (2017), evaluaron el efecto de época de siembra y sistemas de tutorado, sobre cinco genotipos de arveja arbustiva. Los resultados indicaron mayores rendimientos en las épocas de siembra de abril y mayo. Las líneas UN6651 y UN5174 sobresalieron en peso de vaina y rendimiento. UN6651 obtuvo la mejor respuesta para porcentaje de vainas sanas.

Casanova *et al.* (2012) realizaron estudios para evaluar el efecto de cuatro densidades de siembra sobre el periodo vegetativo y los componentes de rendimiento de siete líneas promisorias de arveja arbustiva. Concluyeron que la densidad de población en el cultivo de arveja de crecimiento determinado no influye sobre las variables de altura de la planta, días a cosecha en vaina verde y días a cosecha en grano seco. El tratamiento con una población de 200.000 plantas por hectárea, correspondiente a la distancia de siembra 50 cm entre surcos y 10 cm entre plantas superó en rendimientos en vaina verde a la densidad de 666.666 plantas por hectárea. Las densidades de 333.333, 250.000 y 200.000 plantas por hectárea mostraron mayores rendimientos en grano seco con respecto a la densidad de 666.666 plantas por hectárea. Los componentes de rendimiento correspondientes a número de vainas por planta (NVP), número de granos por vaina (NGV), rendimiento en vaina verde (RENVV), rendimiento en grano seco (RENGS) y peso de 100 semillas (P100S), fueron afectados negativamente por la mayor densidad de siembra (666.666 plantas por hectárea).

Gonzales y Ligarreto (2006) después de haber realizado un estudio para determinar el rendimiento de ocho genotipos promisorios de arveja arbustiva (*Pisum sativum L.*) bajo siembra de agricultura protegida, concluyeron que los genotipos promisorios de arveja con el periodo de días a floración más largo expresaron el mayor rendimiento, como también las variables número de granos por vaina, peso de 100 granos evaluados en verde y en seco y numero de vainas totales afectaron directamente el rendimiento, pero de una manera compensatoria.

Muñoz (2012) evaluó a través de la interacción genotipo x ambiente, el comportamiento agronómico de 20 líneas de arveja arbustiva (*Pisum sativum L.*) en cinco municipio del Departamento de Nariño, concluyendo que las líneas ILS3555, ILS3557, ILS3559, UN5174, UN5175, UN6644, se identificaron como genotipos estables y predecibles para un rendimiento en vaina verde, las líneas UN5174 y UN6644 tuvieron los mayores rendimientos superiores a la media general y constituyéndolas como la mejor opción para los ambientes involucrados en el estudio. Para rendimiento en grano en seco se identificó a las líneas ILS3557, ILS3575, UN5171, UN5174 y UN6644 como estables y predecibles. La línea ILS3575 superó a la media general constituyéndose en la mejor opción para las condiciones edafoclimáticas de los ambientes evaluados.

Martínez y Martínez (1997) al evaluar el comportamiento agronómico de veinte líneas de arveja arbustiva en el Municipio de Pasto en dos épocas de siembra correspondiendo la primera época a los meses de noviembre a marzo (invierno) y la segunda época entre mayo a octubre (época seca), encontraron que la variedad Spring fue la más precoz en condiciones secas mientras que en épocas de invierno las variedades Nikado, Rondo, Karisima, Mapachico, Tara, Amark, Solara, Spring, 305Ps210572, Lojanita y 88P038-10 concluyeron el ciclo de manera similar. La variedad Spring se caracterizó por durar menos tiempo en cumplir el periodo de floración en el semestre nov-mar, así mismo cumplió en el menor tiempo su periodo de formación de vainas durante los dos semestres evaluados.

Solano Y López (2001) realizaron una evaluación de 26 líneas de arveja arbustiva en cinco ambientes de la zona triguera de Nariño, encontrando que existe alta variabilidad genética en lo que respecta a ciclo de vida, componentes de rendimiento y producción de grano seco. Para los ambientes más desfavorables (Tangua, Santa Ana, Santa Rosa y Yacuanquer) las líneas con mejor comportamiento fueron: L6, L10 y L38 con valores intermedios en rendimiento en las cinco localidades, siendo estos de 1531,5; 1395,4 y 1382,5 kg/ha respectivamente. En el mejor

ambiente (Mapachico) recomiendan la siembra de las líneas L 11 y la variedad Lojanita por sus parámetros de estabilidad, así mismo las líneas L4, L25, L22, L47 y L40 que presentaron los mayores promedios de rendimiento en esta localidad.

3. Materiales y métodos

Este capítulo se presenta para cada uno de los objetivos específicos de manera independiente

3.1 Materiales y métodos objetivo 1.

(Realizar la caracterización morfológica de 40 genotipos de arveja arbustiva de la colección de trabajo del grupo de investigación GRICAND de la Universidad de Nariño),

3.1.1 Localización.

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Producción Limpia Lope perteneciente al servicio nacional de aprendizaje SENA, ubicado en el municipio de Pasto Departamento de Nariño con coordenadas de 1°12'28" N y 77°15'6" W, altura de 2.612 msnm, temperatura promedio de 14°C, precipitación promedio anual de 841 mm y humedad relativa de 73% (IDEAM, 2018).

3.1.2 Material genético.

Se trabajó con 40 genotipos de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) pertenecientes al Grupo de investigación de Cultivos Andinos GRICAND de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, el cual en la última década ha construido una colección de trabajo con genotipos arbustivos procedentes de la Universidad Nacional de Colombia, del banco de germoplasma de AGROSAVIA y generados mediante procesos de cruzamiento realizados en el programa de mejoramiento de esta especie en la Universidad de Nariño. (Tabla 1)

Tabla 1.

Identificación de los 40 genotipos de arveja arbustiva que se utilizaron en la presente investigación

GENOTIPO	PROCEDENCIA	GENEALOGIA
ARB001	GRICAND	SIXDF61SIP3
ARB002	GRICAND	SX3575Rc1F2-20P1
ARB003	GRICAND	SXDRC1F2L455IP2
ARB004	GRICAND	SIXDF61SIP8
ARB005	GRICAND	SIXDRC1F251SIP3
ARB006	GRICAND	SX3575F61SIP6
ARB007	GRICAND	SX3575F61-SI-P1
ARB008	GRICAND	SX3575F61SIP7
ARB009	GRICAND	SIXDRC1F2L100SIP1
ARB010	GRICAND	SX3575F6L1SIP3
ARB011	GRICAND	SX3575F6SIP5
ARB012	GRICAND	SXDRc1F2L45SIP3
ARB013	GRICAND	SX3575F61SIP2
ARB014	GRICAND	SIXDRc1F2L100SIP2
ARB015	GRICAND	SIXDRc1F2L100SIP1
ARB016	GRICAND	SX3575Rc1-F2-20-P1
ARB017	GRICAND	SX3575F61SIP1
ARB018	GRICAND	SX3575F6L1SIP7
ARB019	GRICAND	SX3575F6L1SIP6
ARB020	GRICAND	SIXDRc1F2L100SIP3
ARB021	GRICAND	SX3575F6L1SIP8
ARB022	GRICAND	SX3575F61SIP4
ARB023	GRICAND	SX3575F61SIP3
ARB024	GRICAND	SIXDF61SIP2
ARB025	ILS3572	Amino
ARB026	ILS3561	Moreha

ARB027	ILS3569	Línea 899
ARB028	ILS3586	Paloma
ARB029	ILS3589	Sainado
ARB030	ILS3587	Princesa
ARB031	ILS3585	Nikado
ARB032	ILS3583	Maestro
ARB033	UN6651	Línea 1205 Unal
ARB034	ILS3579	Línea 1049 CI.La selva
ARB035	UN6653	Línea 1050-1-M Unal
ARB036	ILS5171	WSU31-1-M
ARB037	ILS5174	Little Marvel-MA-M
ARB038	ILS3574	Charger
ARB039	ILS3554	Belinda
ARB040	ILS3566	Brazil 7

3.1.3 Establecimiento del experimento para la caracterización morfológica.

Las 40 líneas se sembraron en un bloque en parcelas de tres surcos de tres metros de largo, con distancias entre surcos de 0,5 m y entre sitio de 0,1 m (Figura 1). En dichas parcelas se seleccionaron 5 plantas del surco central las cuales estaban en competencia completa y sobre ellas se realizó la caracterización morfológica. Las demás plantas de los tres surcos se utilizaron para la multiplicación de semilla. La preparación del suelo se realizó mediante una arada, una rastrillada y una surcada. La siembra se hizo de forma manual depositando en el surco una semilla por sitio. Para prevenir el ataque de plagas en la semilla sembrada (*Delia sp*) se aplicó Lorsban (clorpirifos) en polvo en dosis de 30 kg.ha⁻¹ (Figura 1). El manejo de malezas se efectuó utilizando control químico preemergente con Metribuzina y un control manual a los 30 y 60 días después de la siembra. La fertilización del ensayo se hizo 20 días después de la siembra aplicando en banda fertilizante 10-30-10 (200 kg.ha⁻¹), urea (100 kg.ha⁻¹) y elementos menores (Agrimins 25 kg.ha⁻¹) (Figura 2).

Las enfermedades fueron manejadas de acuerdo con las recomendaciones de Sañudo, Checa y Arteaga (1999). La cosecha se efectuó cuando las plantas llegaron a la madurez en seco y se

realizó desgrane manual con el fin de seleccionar la mejor semilla, posteriormente la semilla obtenida se secó hasta alcanzar un 12% de humedad.



Figura 1. Siembra de las 40 accesiones de arveja arbustivas para realizar su caracterización morfológica



Figura 2. Fertilización líneas

3.1.4 Descriptores.

Para la caracterización morfológica se utilizaron los descriptores propuestos por la Unión Europea (2003), con 12 variables cuantitativas y 22 variables cualitativas. En la tabla 2 se observan los descriptores de las variables cuantitativas.

Tabla 2.

Descriptores de las variables cuantitativas utilizadas para la caracterización morfológica de la colección de arveja arbustiva de la Universidad de Nariño

No	Descriptor	Abreviatura
1	Vainas por planta	v/pl
2	Vainas por racimo	v/r
3	Altura del primer nudo reproductivo	h1nd
4	Altura de la planta	hpl
5	Ramas basales	Rbas
6	Ramas secundarias	Rsec
7	Peso de 100 semillas	W100
8	Peso total de semillas por planta	WT
9	Granos por vaina	gr/v
10	Ancho de vaina	AV
11	Longitud de vaina	LV
12	Días a floracion	DAF
13	Días a primera cosecha verde	D1CV
14	Días a primera cosecha seco	D1CS
15	Días a ultima cosecha	DUC
16	Numero de foliolos	NFOL
17	Ancho de estipula	AE
18	Largo de estipula	LE
19	Ancho de foliolo	AF
20	Largo de foliolo	LF
21	Largo de entrenudos	Len
22	Pedunculo en rama principal	Ppri
23	Pedunculo en rama secundaria	Psec

3.1.4.1 Descriptores cualitativos.

Los descriptores de las variables cualitativas utilizados para la caracterización morfológica se observan en la tabla 3

Tabla 3.

Descriptores para las variables cualitativas utilizados en la caracterización morfológica de 40 accesiones de arveja arbustiva (Pisum sativum L).

Estado del descriptor	Abreviatura	Estado fisiológico
Grado de curvatura de la vaina		
Ausente o muy suave	GC1	Cosecha en verde
Suave	GC3	
Medio	GC5	
Fuerte	GC7	
Estado del descriptor	Abreviatura	Estado fisiológico
Tipo de curvatura de la vaina		
Recta	TC0	Maduración para cosecha en verde
Ligeramente Cóncava	TC1	
Cóncava	TC2	
Convexa	TC3	
Recta con ápice Estrecho	TC4	
Vainas con ápice agudo	TC5	
Ligeramente cóncava ápice obtuso	TC6	
Cóncava en forma de sable	TC7	
Cóncava en forma de oz	TC8	

Color del grano		
Crema	CG6	Maduración en grano seco
Verde oliva	CG11	
Verde claro	CG12	
Verde	CG13	
Superficie del grano		
Lisa	SG1	Maduración en grano seco
Lisa con agujeros	SG3	
Ligeramente rugosa	SG4	
Rugosa	SG5	
Color del hilium		
Hialino	H1	Maduración en grano seco
Café claro	H2	
Café oscuro	H3	
Negro	H4	
Tipo de estípula		
Sin anillo de antocianina	TE1	Floración en más del 50%
Con doble anillo de antocianina	TE2	
Con anillo simple de antocianina	TE3	
Forma del pigmento foliar		
Ausente	FPg 0	Llenado de grano
Puntos	FPg 1	
Puntos y manchas	FPg 2	
Manchas	FPg 3	
Color de la flor		
Estado del descriptor	Abreviaturas	Estado fisiológico
Blanco	Cfl1	Floración en más del 50%
Rosado	Cfl2	
Fucsia	Cfl3	
Morado	Cfl4	

Hábito de crecimiento		
Arbustivo (0 a 70 cm)	hc1	Plantas completamente formadas
Semi voluble (70cm a 1 m)	hc2	
Voluble (Superior a 1 m)	hc3	
Tipo de hoja		
Normal terminada en zarcillo	THJ1	Llenado de grano
Imparipinnada u hoja acacia	THJ2	
Sin hojas solo zarcillo	THJ3	
Imparipinnada múltiple	THJ4	
Márgenes de foliolos		
Sin hojas	MF0	Llenado de grano
Entera	MF1	
Crenada	MF2	
Dentada	MF3	
Dentada aserrada	MF4	
Dentada discontinua	MF5	
Forma del grano		
Redonda	FG1	Maduración en grano seco
Redonda angular	FG2	
Oval alargado	FG3	
Rectangular varias formas	FG4	

a. Escalas visuales utilizadas para apoyar la caracterización morfológica de arveja a través de los descriptores cualitativos

Las figuras 3 a10 muestran las escalas de apoyo visuales utilizadas para realizar la caracterización morfológica en los caracteres cualitativos.

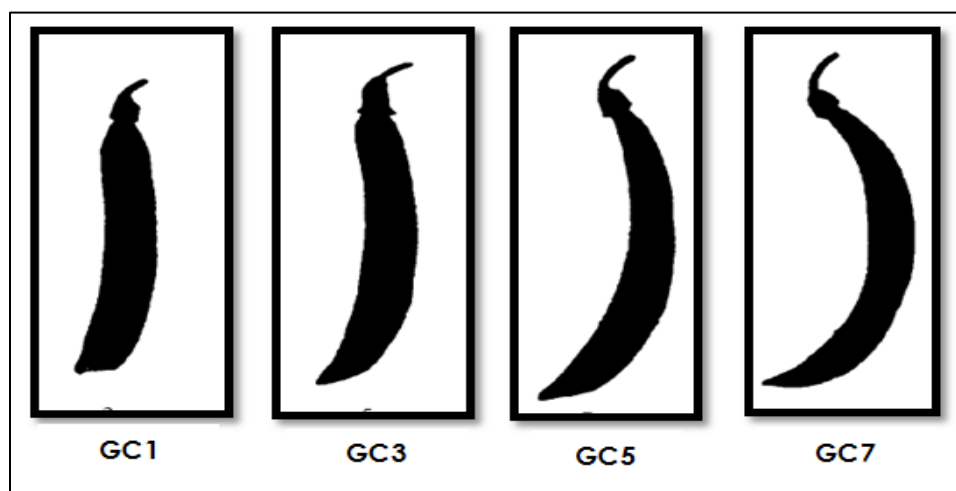


Figura 3. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo grado de curvatura.

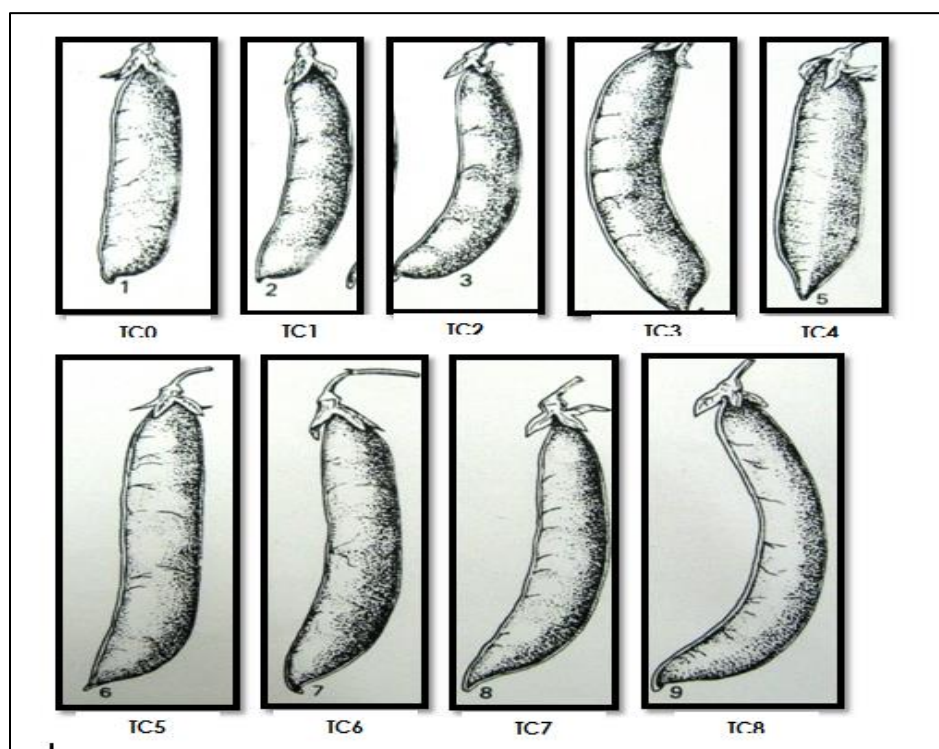


Figura 4. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo tipo de curvatura de la vaina

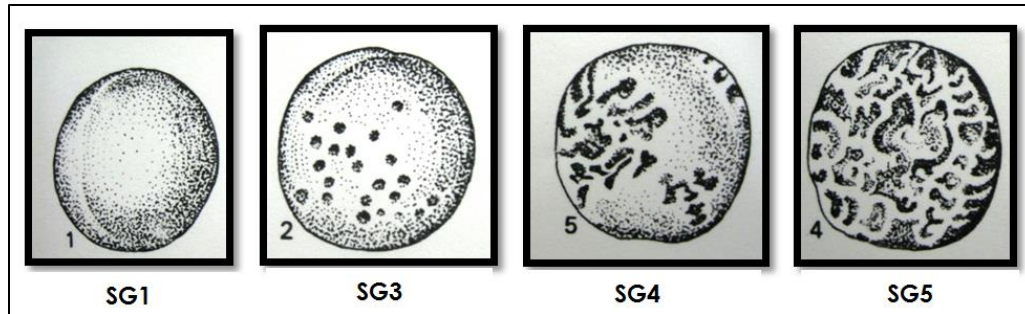


Figura 5. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo superficie de grano.

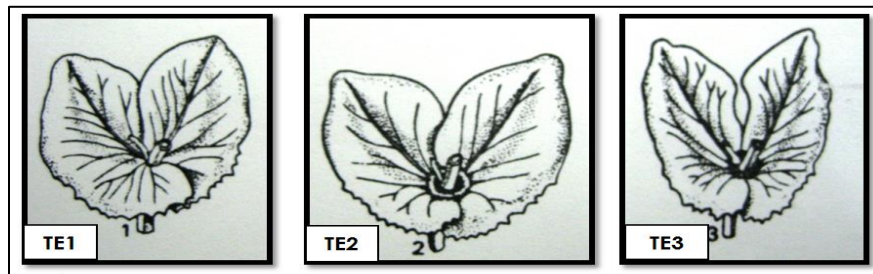


Figura 6. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo tipo de estipula.



Figura 7. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo forma del pigmento

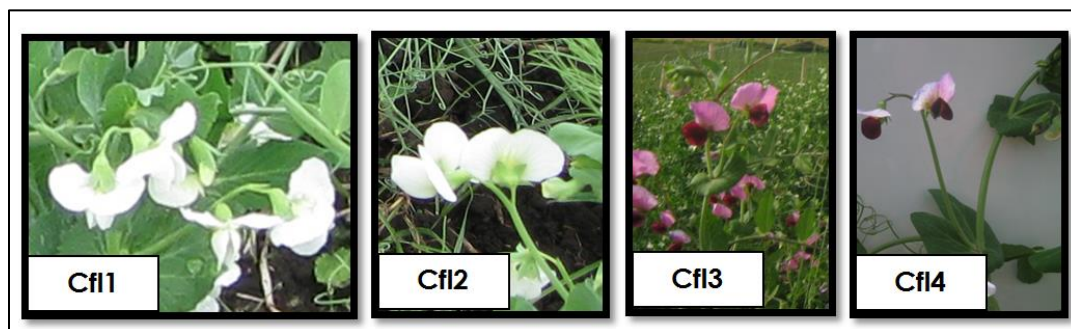


Figura 8. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo color de flor.

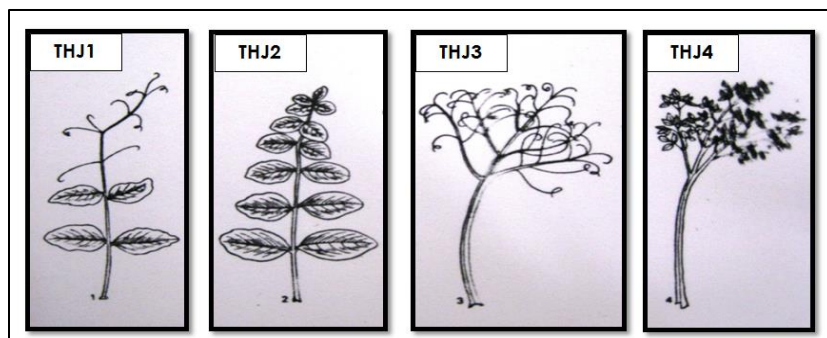


Figura 9. Modelo grafico de referencia para el descriptor cualitativo tipo de hoja

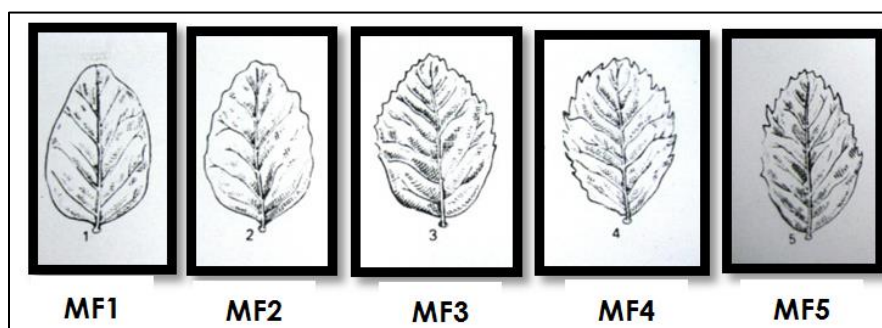
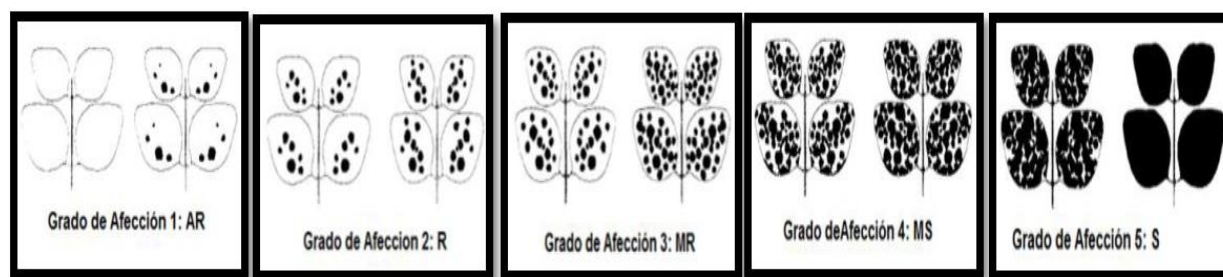


Figura 10. Modelo gráfico de referencia para el descriptor cualitativo margen de foliolos

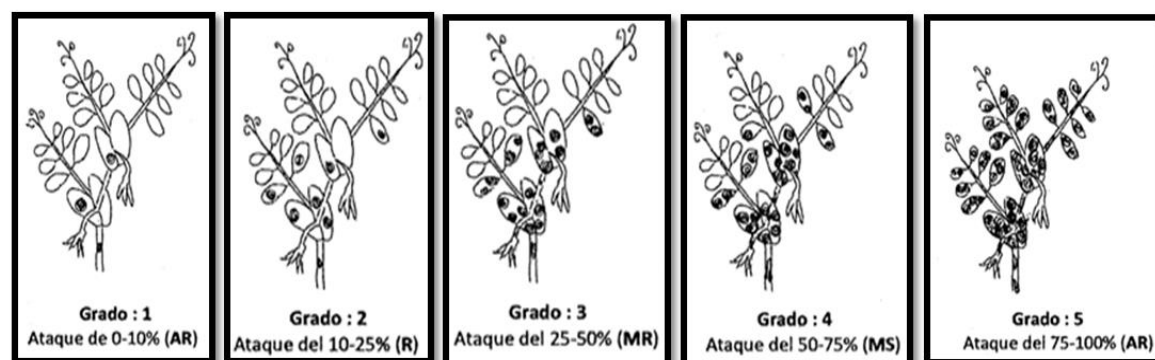
b. Reacción a Enfermedades (*Erysiphe polygonii*, *Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodes*)

Dentro de las variables cualitativas se incluyó la reacción de las líneas de arveja de crecimiento determinado a enfermedades, para lo cual se estableció un bloque con los 40 genotipos correspondiendo un surco de 3 metros de largo a cada material, con distancia entre surcos de 0.50 m y entre sitios de 0.10 m depositando una semilla por sitio. Este bloque no tuvo ninguna aplicación de fungicidas, permitiendo la presencia de inóculo natural. Las lecturas se realizaron tomando tres plantas en forma aleatoria de cada línea y de cada una de ellas se tomó una hoja y una vaina al azar de la parte inferior, media y superior, la primera evaluación se llevó a cabo a inicio de floración, la segunda al inicio de llenado de vaina y la tercera en el momento de madurez fisiológica en verde. Se utilizó la escala propuesta por Checa y Rodríguez (2015) para *Erysiphe polygoni* y las escalas de evaluación propuestas por Valencia *et al* (2011) para *Ascochyta pisi*, y *Ascochyta pinodes*, las cuales se observan en las figuras 11, 12, 13 y 14.



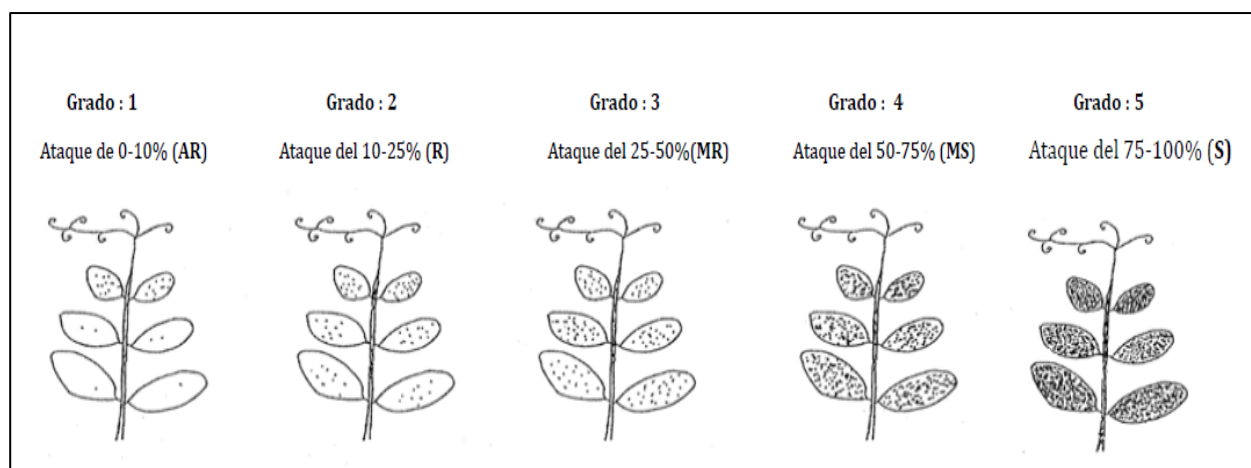
1= Ar altamente resistente. Sin evidencia visible de la enfermedad o presencia de lesiones pequeñas del 1 al 10% del área foliar afectada. 2= R resistente. Del 11 al 25% del área foliar afectada. 3= MR moderadamente resistente. Del 26 al 50% de del área foliar afectada 4= MS moderadamente susceptible. Del 51 al 75% del área

Figura 11. Escala de severidad Oídium (*Erysiphe polygoni*) para evaluación los 40 genotipos de arveja (*Pisum sativum* L.).



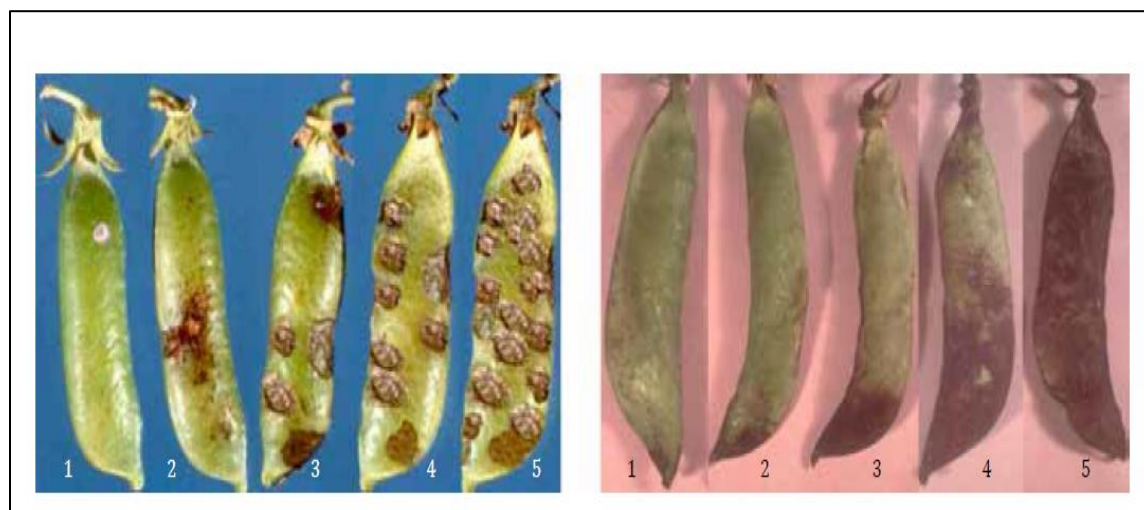
Del 10 al 25% de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta. 3= Del 25 al 50% de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta. 4= Del 50 al 75% de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta. 5= Del 75 al 100 % de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta.

Figura 12. Escala de severidad de Ascochyta pisi para evaluación los 40 genotipos de arveja (*Pisum sativum* L.)



1= Sin evidencia visible de la enfermedad o presencia de lesiones pequeñas del 1 al 10% del tejido afectado. 2= Del 10 al 25% del tejido afectado en los diferentes organos de la planta. 3=Del 25 al 50% del tejido afectado. 4=Del 50 al 75% del tejido afectado. 5=Del 75% al 100% del tejido afectado

Figura 13. Escala de severidad de *Mycosphaerella pinodes* (*A. pinodes*) para evaluación los 40 genotipos de arveja (*Pisum sativum* L.).



Grado 1= Ataque de 0-10% (AR); **Grado 2**= Ataque del 10-25% ®; **Grado 3**= Ataque del 25-50% (MR); **Grado 4**=Ataque del 50-75% (MS); **Grado 5**= Ataque del 75-100% (S)

Figura 14. Escala de severidad para evaluación de *Ascochyta pisi* y *Mycosphaerella pinodes* (*A. pinodes*) en vaina.

3.1.5 Toma de datos descriptores cualitativos y cuantitativos

Como se mencionó anteriormente, de cada uno de los materiales sembrados, se seleccionaron cinco plantas del surco del medio, de donde fueron tomados los datos de las diferentes variables. Para el caso de las variables cuantitativas el resultado fue el promedio de las mediciones de las 5 plantas y en el caso de variables cualitativas el resultado fue la moda entre los 5 datos tomados (Figura 15, 16, y 17).

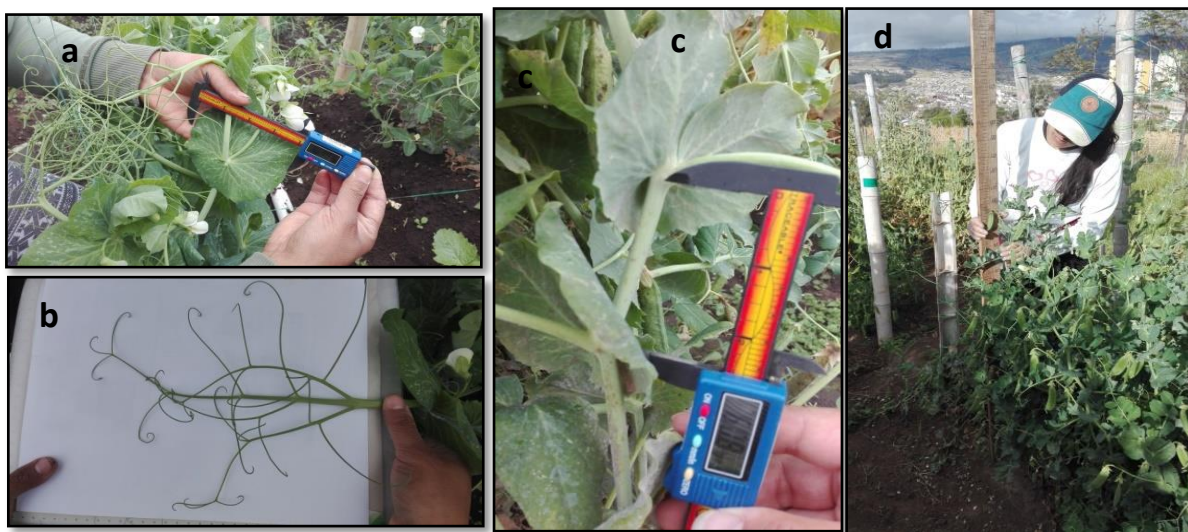


Figura 15. Toma de datos a. ancho de estipula b. tipo de hoja c. largo de entrenudo d. altura de planta



Figura 16. Toma de datos a. tipo de curvatura de la vaina b. ancho de vaina c. largo de vaina



Figura 17. Toma de datos para número de granos por vaina y peso de granos

3.1.6 Análisis estadístico

Inicialmente se tuvo en cuenta el coeficiente de variación de las variables cuantitativas, para seleccionar aquellas que presentaron un CV mayor al 20%. De esta forma 13 variables cuantitativas fueron seleccionadas y se sometieron al Análisis de Componentes Principales (ACP), para identificar las variables sintéticas o CP que permiten reducir la complejidad de la información, y determinar cuáles son las variables que hacen la mayor contribución a la explicación de la variabilidad existente. De igual forma y con base en los resultados del ACP, se realizó un análisis de clasificación jerárquica utilizando el criterio de Ward, que permitió obtener un dendrograma mediante el cual se pudieron observar los agrupamientos más relevantes e identificar las variables que caracterizaron a los diferentes grupos. De igual manera para las variables cualitativas se utilizaron los métodos multivariados mediante el uso del Análisis de Correspondencias Múltiples y el análisis de clasificación jerárquica. Para el procesamiento de los datos se utilizó la el programa SPAD versión 3.5.

3.2 Materiales y métodos objetivo 2.

En el objetivo 2 se planteó evaluar genotipos de arveja arbustiva por su adaptación a las condiciones ambientales en municipios cerealistas de Nariño y diferentes épocas de siembra para su cultivo. los materiales y métodos para cumplir este objetivo se describen a continuación.

3.2.1 Selección de genotipos

A partir de la caracterización morfológica realizada en el cumplimiento del objetivo 1, teniendo en cuenta las variables de componentes de rendimiento y reacción a enfermedades usadas en dicha caracterización, se realizó la selección de los genotipos de arveja arbustiva para ser evaluados en los ambientes cerealistas de Nariño.

La selección de los genotipos se llevó a cabo utilizando un índice de selección con el cual se escogieron los materiales dando pesos diferentes a las variables evaluadas. Para obtener el índice de selección se consolidó una matriz de promedios y posteriormente se estandarizaron los datos con la fórmula:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Dónde:

X_i = Dato original de la variable

$\bar{X}$ = promedio de la muestra

σ = Desviación estandar

Cada uno de los datos estandarizados fue multiplicado por el peso ponderado que se le asignó a cada variable, estos valores fueron dados de acuerdo a la importancia de los componentes de rendimiento en el cultivo de arveja de la siguiente forma:

Variable	Peso ponderado
Numero de vainas por planta	9
Largo de vaina	8
Ancho de vaina	6
Granos por vaina	6
Peso de 100 semillas	5
Reacción a enfermedades	-7

Finalmente se obtuvo el índice de selección, con la siguiente formula:

$$\text{Índice de Selección} = \sum (X_i \text{ estandarizado} \times \text{Peso ponderado } i).$$

$$= (X_1 \text{ estandarizado} \times \text{Peso ponderado Variable 1}) + (X_2 \text{ estandarizado} \times \text{Peso ponderado Variable 2}) + \dots \dots (X_n \text{ estandarizado} \times \text{Peso ponderado Variable } n).$$

La aplicación de este índice permitió la selección de ocho genotipos continuar con su evaluación.

3.2.2 Localización

La evaluación de los ocho genotipos de arveja arbustiva seleccionados, se llevó a cabo en cuatro Municipios de la zona cerealista del Departamento de Nariño los cuales fueron Pasto (2612 msnm), Yacuanquer (2670 msnm), Tangua (2400 msnm) y Guitarrilla (2635 msnm)

3.2.3 Material vegetal

De acuerdo al índice de selección se escogieron ocho genotipos, los cuales se llevaron a evaluación en los ambientes de la zona cerealista de Nariño antes mencionados. La identidad de los genotipos seleccionados se observa en la tabla 4.

Tabla 4.

Identidad y origen de los ocho genotipos de arveja arbustiva seleccionados para evaluación en los diferentes ambientes de la zona cerealista de Nariño

Nombre	Origen y genealogía
ARB001	ILS 3585
ARB002	UN 6651
ARB003	ILS 3572
ARB004	ILS 3566
ARB005	Sx3575 RC1-F2-20-P1
ARB006	SIxD RC1-F2-L100-SI-P3
ARB007	Sx3575-F6-L1-SI-P5
ARB008	Sx3575-F6-1-SI-P3

3.2.4 Preparación del suelo y manejo agronómico

La preparación del suelo se hizo mediante una arada, una rastrillada y una surcada. En todos los experimentos establecidos se realizó la fertilización edáfica basada en 10-30-10, urea y elementos menores a los 20 días después de la siembra. . El manejo fitosanitario fue realizado de

acuerdo a las recomendaciones de Sañudo *et al.*, (1999). El control de malezas se efectuó inicialmente con metribuzina en preemergencia en dosis de 400 cc.ha⁻¹ de producto comercial y luego manualmente a los 30 y 60 días después de la siembra.

3.2.5 Diseño experimental

En cada una de las cuatro zonas se establecieron tres experimentos correspondientes a las tres épocas de siembra (marzo, abril y mayo). En cada experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. La integración de los tres experimentos de cada localidad en conjunto permitió realizar un arreglo y análisis de parcelas divididas, donde la parcela principal fue la época de siembra y las subparcelas los genotipos evaluados. En cada experimento, la unidad experimental estuvo constituida por seis surcos de tres metros de largo, con distancias entre surcos de 0,5 metros y 0,1 metros entre sitio para un área de 9 mt², depositando una semilla por sitio. La parcela útil correspondió a los cuatro surcos centrales de la unidad experimental, eliminando de ellos las plantas extremas de tal forma que el área útil de la parcela fue de 5,6 metros. Dos de los surcos centrales del área útil se utilizaron para evaluación en vaina verde y en los otros dos surcos restantes se hizo la evaluación para grano seco. El modelo estadístico para cada experimento fué:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde;

Y_{ij} : Es la respuesta del *i*-ésimo tratamiento en el *j*-ésimo bloque.

U : La media

T_i : Efecto del *i*-ésimo tratamiento

E_{ij} : Error experimental.

3.2.6 Variables evaluadas

Días a Floración.: se registraron los datos cuando el 50% de las plantas de la parcela presentaron la primera flor abierta.

Días a cosecha en vaina verde (DCV): número de días desde la siembra hasta cuando el 75% de las plantas presentaron vainas para cosechar en verde.

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 contaron el número total de vainas en diez plantas de la parcela útil y el total se dividió entre el número de plantas.

Peso de vaina con grano en verde (PVCG): tomado del promedio de 15 vainas

Número de granos por vaina (NGV): se contaron los granos de las vainas y se obtuvo un promedio de 15 vainas.

Peso de grano por vaina en verde (PGVV): obtenido del desgrane de 15 vainas cuyos granos se pesaron en gramos y el resultado se dividió entre 15

Rendimiento en vaina verde (RTOGV): registrado de dos de los cuatro surcos del área útil de la parcela y llevado a ton.ha^{-1} . Este dato se obtuvo cuando las plantas completaron el llenado de grano en verde.

Rendimiento en grano seco (RTOGS): tomado de los dos surcos restantes del área útil de la parcela. La cosecha para esta variable se efectuó cuando más del 90 % de las plantas presentaron secamiento de las vainas y antes de que se produzca la apertura de vainas. El grano seco cosechado se llevó al 12 % de humedad y los resultados se transformaron a ton.ha^{-1} .

La reacción a enfermedades como *Ascochyta* (*Ascochyta pisi*) y Oidio (*Erysiphe pisi*) se hizo en la última repetición de cada ensayo en la cual los patógenos foliares no fueron controlados. Esta evaluación se hizo con base en las escalas utilizadas para evaluar las enfermedades anteriormente descritas en la metodología para el cumplimiento del objetivo 1.

3.2.7 Análisis estadístico

Las variables relacionadas con el ciclo del cultivo, mostraron muy poca variación entre repeticiones, por lo tanto su análisis se hizo mediante la observación de sus promedios. Los datos obtenidos para los componentes de rendimiento se sometieron a un análisis de varianza combinado teniendo en cuenta el diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas que estuvo presente en cada localidad. Para la comparación de promedios se utilizó la prueba de Tukey. En el caso de rendimiento en vaina verde se hizo el análisis de adaptabilidad y estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966) utilizando el programa genes (Cruz, C. 2004)

4. Resultados y discusión

Resultados objetivo 1: Realizar la caracterización morfológica de 40 genotipos de arveja arbustiva de la colección de trabajo del grupo de investigación GRICAND de la Universidad de Nariño.

4.1 Análisis de componentes principales

El Análisis de Componentes Principales ACP permitió identificar con base en el porcentaje acumulado de valores propios (Tabla 5), cuatro componentes que explicaron el 78,80% de la variabilidad existente entre las accesiones analizadas el componente uno con un porcentaje de 44,83%, el componente dos con 16,53%, el componente tres con 9,39% y el componente cuatro con 8,05 %. Franco e Hidalgo (2003) anotan que en el ACP se espera que un número relativamente bajo de componentes logre explicar la mayor parte de la variación observada lo cual se observó en el presente estudio, aunque en esta metodología se generan tantos componentes como variables se utilicen para el análisis. Por lo tanto el número de componentes principales a tener en cuenta en el análisis es criterio del investigador, pero se debe considerar que el objetivo del ACP es reducir la complejidad de una serie de variables, creando variables sintéticas independientes y no correlacionadas, cada una de las cuales es una combinación lineal de las variables originales.

Tabla 5.

Valores propios y porcentajes de variabilidad explicada por los componentes principales en la caracterización de la colección de arveja arbustiva (Pisum sativum L) de la Universidad de Nariño

Numero	Valor propio	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	5,3790	44,83	44,83
2	1,9836	16,53	61,36
3	1,1269	9,39	70,75
4	0,9665	8,05	78,80
5	0,7617	6,35	85,15
6	0,6178	5,15	90,30
7	0,4542	3,79	94,08
8	0,3182	2,65	96,73
9	0,1810	1,51	98,24
10	0,1604	1,34	99,58
11	0,0472	0,39	99,97
12	0,0035	0,03	100,00

En el primer componente que explicó el 44,83% de la variabilidad total observada, sobresalen por su aporte las variables número de foliolos (Nºf) con 0,94, ancho de foliolo (AF) con 0,95, largo de foliolo (LF) con 0,95 y pedúnculo en rama secundaria (P.sec) con 0,80. Las variables peso de 100 granos (W100), Numero de vainas por planta (NV/PL), ramas basales (Rbs), ramas secundarias (Rsec), pedúnculo en rama principal (P. pri) longitud de estipula (LE), ancho de estipula (AE) y resistencia a oídio (oidioCVV) no fueron significativas en este componente.

El segundo componente explicó el 16,53% de la variabilidad total observada y sobresalen por el aporte a su conformación, las variables número de ramas basales (Rbs) y longitud de la estipula (LE). Las variables número de foliolos (Nºf), ancho de foliolo (AF), largo de foliolo (LF), pedúnculo en rama secundaria (P.sec), peso de 100 granos (W100), Numero de vainas por planta (NV/PL), ramas secundarias (Rsec), pedúnculo en rama principal (P. pri) longitud de estipula (LE), ancho de estipula (AE) y resistencia a oídio (oidioCVV) no fueron significativas en este componente.

En el tercer componente que explicó el 9,39% de la variabilidad total, las variables que más aportaron para su formación fueron ancho de estipula (AE) y resistencia a oídio (oídio CVV). Las variables número de foliolos (Nºf), ancho de foliolo (AF), largo de foliolo (LF), pedúnculo en rama secundaria (P.sec), peso de 100 granos (W100), Numero de vainas por planta (NV/PL), ramas secundarias (Rsec), pedúnculo en rama principal (P. pri) longitud de estipula (LE), ramas basales (Rbs) y longitud de la estipula (LE) no fueron significativas en este componente.

Finalmente en la conformación del cuarto componente que explicó el 8,05% de la variabilidad total, la variable que más contribuyó a su formación corresponde a resistencia a oídio (oidioCVV), ninguna otra variable fue significativa ni aportó a la conformación de este componente (tabla6)

Tabla 6.

Aporte de las variables cuantitativas a la conformación de los componentes principales en la caracterización de 40 genotipos de arveja arbustiva (Pisum sativum L)

Variables	Componentes Principales			
Identificación	CP1	CP2	CP3	CP4
C2 – W100 (g)	-0,67	-0,27	-0,32	0,00
C3 – NV/PL	0,64	0,02	0,06	-0,20
C4 – Rbs	0,18	-0,79	-0,28	0,12
C5 – Rsec	0,66	-0,23	0,02	0,32
C6 – P. pri (cm)	0,52	-0,46	0,36	-0,47
C7 – P. sec (cm)	0,80	-0,21	0,37	0,01
C8 – N° f	0,94	0,24	-0,09	0,04
C9 – LE (cm)	0,17	-0,79	-0,06	0,42
C10 – AE (cm)	-0,55	-0,38	0,61	-0,15
C11 – AF (cm)	0,95	0,14	-0,04	0,06
C12 – LF (cm)	0,95	0,20	-0,06	0,09
C13 – oidio CVV%	-0,32	0,31	0,54	0,62

El dendrograma de Análisis de Clasificación generado a partir del ACP (Figura 18), permitió establecer cuatro grupos (tabla 7). En el primer grupo se encuentran 15 genotipos, (ARB012, ARB014, ARB013, ARB021, ARB016, ARB005, ARB011, ARB007, ARB008, ARB010, ARB009, ARB004, ARB002, ARB003 y ARB001) que corresponden al 37,5% de la población estudiada.

Este grupo se destaca por tener un promedio superior en peso de 100 granos en verde (74,87 g) en comparación con el promedio general (65,20 g), las demás características están por debajo del promedio general. La presencia de valores de cero en el número, largo y ancho de foliolos indica que los genotipos de este grupo son afila, caracterizados por no tener foliolos debido al gen recesivo *af* que reemplaza las hojas por zarcillos (González 2001).

La variable peso de 100 granos que caracteriza a este grupo es importante puesto que representa la parte útil para el consumo de esta leguminosa; en general son muy apreciadas en el mercado las variedades con mayor peso de grano por vaina (Riascos y Checa, 2018). Los

genotipos de este grupo pueden aportar al mejoramiento de esta característica pero hay que tener en cuenta que en la mejora genética hay mecanismos de compensación de los componentes del rendimiento, de tal forma que cuando se aumentan las semillas por vaina, se puede disminuir el número de vainas por planta y el peso de la semilla (Tiemerman *et al.*, 2004). La compensación de los componentes de rendimiento, también la afirman Timmerman-Vaughan *et al.* (2004) quienes en su investigación encontraron que cinco QTL en donde los alelos marcadores asociados con los loci para peso de semilla tienen efectos contrarios para número de semillas.

El número de semillas y el rendimiento de las semillas están altamente correlacionados; aunque los QTL tan solo coinciden en dos regiones genómicas. Gupta *et al.*, (1984) reportaron que la expresión del peso de la semilla está gobernada por efectos genéticos aditivos y no aditivos. Sin embargo en autógamias como la arveja, cuando se avanzan las generaciones para la formación y selección de líneas los efectos no aditivos pierden importancia.

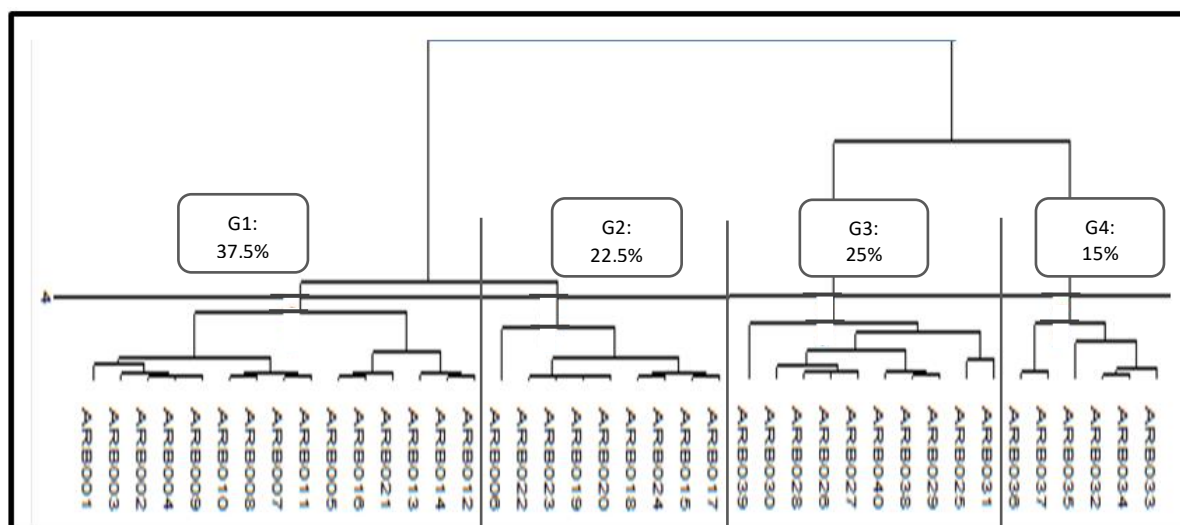


Figura 18. Dendrograma y conformación de agrupamientos en el análisis de Clasificación de variables cuantitativas

Tabla 7.

Promedios y desviación estándar para las variables continuas que caracterizan a los cuatro agrupamientos resultantes de la clasificación jerárquica

Probabilidad	Promedio		Desviación estandar		Variables
	Grupo	General	Grupo	General	
Grupo 1					
0.001	74.87	65.20	9.32	15.14	W100 (g)
0.007	8.80	9.83	0.96	2.03	Pr.pri (cm)
0.000	1.51	2.35	0.82	1.19	Rsec
0.000	20.39	27.21	6.92	9.39	NV/PL
0.000	0.00	2.03	0.00	2.58	Nºf
0.000	0.00	1.28	0.00	1.61	AF (cm)
0.000	0.00	2.00	0.00	2.48	LF (cm)
0.000	3.64	5.70	1.28	2.46	Pr.sec (cm)
Grupo 2					
0.000	12.72	9.86	0.82	2.08	AE (cm)
0.004	0.00	2.03	0.00	2.58	Nºf
0.004	0.00	1.28	0.00	1.61	AF (cm)
0.003	0.00	2.00	0.00	2.48	LF (cm)
Grupo 3					
0.000	4.98	2.00	0.54	2.48	LF (cm)
0.000	4.98	2.03	0.71	2.58	Nºf
0.000	3.03	1.28	0.55	1.61	AF (cm)
0.002	52.90	65.20	17.08	15.14	W100 (g)
0.000	7.73	9.86	1.02	2.08	AE (cm)

Grupo 4					
0.000	13.50	9.83	0.86	2.03	Pr.pri (cm)
0.000	3.52	1.28	0.42	1.61	AF (cm)
0.000	9.03	5.70	1.12	2.46	Pr.sec (cm)
0.001	5.22	2.03	1.50	2.58	Nºf
0.001	5.07	2.00	0.59	2.48	LF (cm)
0.001	3.75	2.35	1.05	1.19	Rsec
0.004	2.28	1.74	0.38	0.53	Rbas
0.008	6.63	5.47	1.26	1.26	LE (cm)
0.000	0.36	0.71	0.37	0.27	oidio CVV %

Siguiendo con la clasificación a partir del dendograma (Figura 18), el segundo grupo está conformado por nueve individuos identificados como ARB017, ARB015, ARB024, ARB018, ARB020, ARB019, ARB023, ARB022 y ARB006, estos corresponden al 22,5% de la población y presentan los mayores anchos de estipula con 12,72 cm respecto al promedio de 9,86 cm., cuya expresión está regulada por la presencia del gen *lat* (Gritton, 1986). Los valores de cero para número, ancho y largo de foliolo indican que el grupo está compuesto por genotipos afila, pero a diferencia de los genotipos del grupo uno, sus estipulas son grandes pudiendo compensar el área foliar que se disminuye cuando se reemplazan las hojas laterales por zarcillos.

El grupo tres lo conforman los individuos ARB031, ARB025, ARB029, ARB038, ARB040, ARB027, ARB026, ARB028, ARB030 y ARB039 y corresponden al 25% de la población total. En este grupo las accesiones se caracterizan por tener largo de foliolo (4,98), número de foliolos (4,98) y ancho de foliolo (3,03), estas están por encima del promedio general y las variables peso de 100 granos (52,90) y ancho de estipula (,73) por debajo del promedio.

El grupo cuatro (Tabla 7) está conformado por seis individuos ARB033, ARB034, ARB032, ARB035, ARB037 y ARB036 los cuales representan el 15% de la población total, las variables que se encuentran por encima del promedio y caracterizan al grupo son tamaño en pedúnculo en rama principal (13,50), ancho de foliolo (3,52), tamaño de pedúnculo en rama secundaria (9,03), número de foliolos (5,22), largo de foliolo (5,07), numero de ramas secundarias (3,75), número de ramas basales (2,28) y longitud de la estipula (6,63).

Según las características del grupo estos son los genotipos más susceptibles a oídio. Dentro de este grupo se encuentran los genotipos con follaje más denso por lo cual estas líneas pueden presentar dificultades de manejo para sistemas de siembra al voleo o en surcos que son comunes en arvejas arbustivas, debido al excesivo peso de las plantas que favorecen el volcamiento de las mismas en la necesitando por tanto un sistema de tutorado que incrementa los costos del cultivo y hacen más dispendiosas las labores de manejo agronómico. En estas líneas susceptibles a oídio el rendimiento se puede ver reducido en un 20 y 44% (Tamayo 2000). El hongo *Eryshipe polygoni* afecta hojas, vainas y tallos en todos los estados de desarrollo del cultivo (Checa y Rodriguez, 2015).

4.2 Análisis de correspondencias múltiples.

En la Tabla 8 se presenta la contribución de cada uno de factores del ACM a la explicación de la variabilidad de la población estudiada, con base en nueve variables cualitativas, donde se observa que, el primer factor explicó el 18,99%, el segundo 11,25%, el tercero 8,56%, el cuarto 7,98 y el quinto factor 7,72%. Estos cinco primeros factores explicaron el 54,49% de la variabilidad total acumulada.

Tabla 8.

Valores propios y porcentajes de la variabilidad explicada por los factores resultantes del análisis de correspondencias múltiples (ACM) en la caracterización de la colección de arveja arbustiva (Pisum sativum L) de la Universidad de Nariño.

Factor	Valor propio	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	0,4852	18,99	18,99
2	0,2874	11,25	30,23
3	0,2188	8,56	38,79
4	0,2039	7,98	46,77
5	0,1972	7,72	54,49
6	0,1539	6,02	60,51
7	0,1352	5,29	65,81
8	0,1218	4,76	70,57
9	0,1188	4,65	75,22
10	0,0988	3,87	79,09
11	0,0977	3,82	82,91
12	0,0891	3,49	86,40
13	0,0732	2,86	89,26
14	0,0637	2,49	91,76
15	0,0575	2,25	94,00
16	0,0507	1,98	95,99
17	0,0376	1,47	97,46
18	0,0239	0,93	98,39
19	0,0180	0,70	99,10
20	0,0161	0,63	99,73
21	0,0055	0,22	99,94
22	0,0014	0,06	100,00
23	0,0000	0,00	100,00

El análisis de contribuciones de las variables cualitativas a la conformación de los ejes factoriales (Tabla 9) indica que, las variables con mayor aporte al primer eje factorial fueron

forma de grano (for. gr= 18,0%), margen de foliolo (Mf= 17,5%), superficie de grano (Su.gr= 16,2%), tipo de hoja (Hoja= 14,7%) y grado de curvatura de la vaina (Grdc=13,1%). El segundo factor está definido principalmente por las variables superficie de grano (Su.gr= 20,8%), margen de foliolo (Mf= 18,2%), color de hilum (c.hilum= 17,8%) y forma de grano (for. gr= 17,2%). Para el tercer factor las variables que sobresalieron por su aporte fueron color de grano (Col. Gr= 25,5%), tipo de curvatura de la vaina (Tipc= 23,6%), hábito de crecimiento (Hab= 13,8%) y margen de foliolo (Mf= 11,6%). En el cuarto factor las variables de mayor contribución fueron márgenes de foliolos (Mf= 29,1%) y tipo de curvatura de la vaina (Tipc= 27,9%). Para el quinto factor las variables de mayor participación para su conformación fueron principalmente forma de grano (31,5%); tipo de curvatura de la vaina (Tipc= 23%) y superficie de grano (Su.gr= 20,7%).

Tabla 9.

Contribución de las variables cualitativas a la conformación de los ejes Factoriales en el análisis de correspondencias múltiples

Variable	Ejes factoriales				
	1	2	3	4	5
Grdc (Grado de curvatura de la vaina)	13,1	0,2	2,4	5,0	0,3
Tipc (Tipo de curvatura de la vaina)	8,2	8,0	23,6	27,9	23,0
Col.gr (Color de grano)	9,7	3,9	25,5	4,9	9,0
Su.gr (Superficie de grano)	16,2	20,8	7,9	5,1	20,7
C.hil (Color de hilum)	0,1	17,8	10,9	5,4	0,2
Hab (Habito de crecimiento)	2,4	9,9	13,8	11,0	4,3
Hoja (Tipo de hoja)	14,7	4,1	0,2	6,6	0,0
Mf (Margen de foliolo)	17,5	18,2	11,6	29,1	11,0
For.gr (Forma de grano)	18,00	17,2	4,1	5,1	31,5

De acuerdo con el análisis de classification jerárquica (tabla 10, figura 19). las 40 líneas de arveja arbustiva se organizan en cinco grupos El primer grupo esta conformado por el 42.5% de los individuos, correspondientes a ARB008, ARB007, ARB020, ARB006, ARB022, ARB010, ARB024, ARB021, ARB019, ARB023, ARB001, ARB002, ARB004, ARB017, ARB011, ARB018 Y ARB ARB009. La característica del grupo es que el 100 % de los individuos de esta clase presentan gen afila af el cual sustituye las hojas por zarcillos.

Las acepciones que conforman el grupo uno pueden ser de especial interés para el mejoramiento de arveja arbustiva por tratarse de genotipos afila. El gen afila es recesivo y conduce a la expresión fenotípica solamente si se presenta en combinación homocigota recesiva (afaf). Se expresa con la transformación de hojas en zarcillos (Singh *et al.*, 2013). La presencia del gen afila conduce a evitar un volcamiento temprano en las plantas, se puede decir que a mayor desarrollo del zarcillo, la resistencia al volcamiento es mayor (Wang *et al.*, 2003). De igual manera al sustituir las hojas por zarcillos se produce mayor aireación en las plantas lo cual favorece la sanidad del follaje (Giacconi, 2004).

Estas variedades afila en condiciones de humedad restringida, tienden a incrementar su productividad respecto a las variedades no afilas (Mihailovic, 2008) y a ser más eficientes en el uso del agua puesto que hay menos pérdida por transpiración al tener menos superficie foliar, haciéndolas más tolerantes a la sequía (Cousin *et al.*, 1986; Martin *et al.*, 1994). Por otro lado Mihailovic *et al.* (2008), encontraron que cultivares con el gen afila no mostraron disminución de la actividad fotosintética presentando rendimientos incluso más altos en comparación con los cultivares de tipo hoja normal. Adicionalmente las plantas con gen afila al reducir su follaje pueden disminuir el ataque de enfermedades foliares como lo afirman Giacconi y Escafe (1988); Gonzales, (2001); Prieto,(2011). Por otra parte es posible que al reducir su área foliar, esos genotipos puedan soportar una mayor densidad de población lo cual aportaría a aumentar el rendimiento.

Todos los individuos de esta clase, presentaron color de hilum hialino, el cual es un factor de consideración en la producción de arveja en el centro de Colombia donde por tradición el mercado mayorista prefiere el hilum negro; sin embargo, es una situación que puede ser cambiante en la medida en que se transformen los mercados y las costumbres de consumo, como lo sucedido en el departamento de Nariño, con la aparición de nuevas variedades con color de grano verde y de hilum hialino, la preferencia por hilum negro se ha ido cambiando Pacheco *et al* (2009). Además el 88,24% de los individuos de este grupo presentaron forma de grano rectangular varias formas (C13= 4); una de las características que también aporta en la conformación del grupo es el hábito de crecimiento que en un 47,06% son individuos semivolubles (C10= 2). (Tabla 10)

El grupo dos lo conforman ocho accesiones (Figura 19) que representan el 20% de la población identificados como ARB012, ARB016, ARB040, ARB005, ARB015, ARB013, ARB014, ARB003, la característica de este grupo fue el color de hilum, presentando el 87,50% de estos individuos color de hilum café claro y el 12,50% color de hilum hialino. No existe en este grupo atributos cualitativos de mayor interés para el mejoramiento genético de esta especie.

El tercer grupo esta conformado por siete individuos (Figura 19), (ARB033, ARB032, ARB035, ARB036, ARB037, ARB034) que representan el 17,5% de la población estudiada. El 100% de estos genotipos presentan hoja normal o terminada en zarcillo y el 85,71 de los individuos del grupo presentan superficie de grano rugosa. De acuerdo con UPOV (1994), los materiales con característica de superficie de grano rugosa favorecen un alto contenido de amilasa (Weeden y Boone, 2000), restringiendo su uso a la industria, por lo tanto genotipos con estas características pueden ser de utilidad solo para la obtención de variedades con potencial agroindustrial. En cuanto a consumo en fresco en Colombia se prefieren las variedades amargas con características diferentes a las que se presentan en este grupo.

El grupo cuatro (Figura 19) esta constituido por cuatro individuos (ARB029, ARB028, ARB030, ARB031) que representan el 10% de la población, todos los individuos de este grupo se caracterizaron por presentar un grado de curvatura de la vaina suave ($G2=2$) siendo esta característica exclusiva del grupo que puede ser de interés en el mejoramiento de esta especie, puesto que esta condición confiere mayor resistencia al transporte en vaina verde respecto a las vainas con fuerte grado de curvatura. El Departamento de Nariño ubicado al sur de Colombia es el mayor productor de arveja fresca del país y para ubicar el producto en los departamentos del centro y del norte la arveja se trasporta por vía terrestre en bultos que pueden ser de 50 kg (DANE, 2005). Es por tanto necesario que las variedades que se producen en Nariño tengan alta resistencia de sus vainas para el transporte, característica que se aporta por los genotipos que conforman este grupo. Además todos los individuos del grupo presentaron color de grano verde ($C4= 4$) y el 75% superficie de grano lisa ($C5= 1$).

El quinto grupo lo integran cuatro individuos (ARB027, ARB025, ARB039, ARB026) que representan el 10% de la población. El 100% de estos individuos tiene forma de grano redonda, el 75% color de grano crema y el 75% superficie de grano lisa (Tabla 10). En este grupo se encuentran los materiales de superficie lisa lo cual permite suponer una predominancia del genotipo *R Rb*, también se espera predominancia del doble dominante, *Pla Qua*, que determina

de manera indirecta la forma redondeada de la semilla por favorecer arreglos no compactos de la semilla en la vaina (UPOV, 1994).

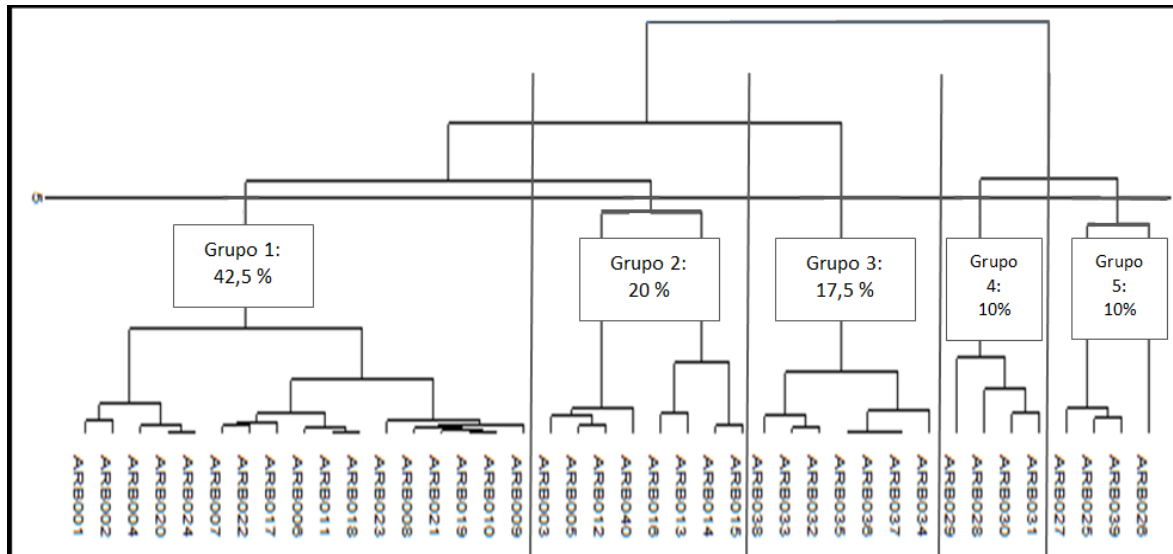


Figura 19. Dendrograma para la conformación y análisis de grupos de clasificación de las variables cualitativas

Tabla 10.

Promedios y desviación estándar y variables cualitativas que caracterizan a los agrupamientos resultantes de la clasificación jerárquica

Probabilidad	Promedio		Std. Deviation		Variables	Peso
	Grupo	General	Grupo	General	características	
Grupo 1						
0.000	70.83	100	60	C12=1	Mf	24
0.000	70.83	100	60	C11=3	Hoja	24
0.003	54.84	100	77.5	C6=1	c.hil	31
0.009	57.69	88.24	65	C13=4	For.gr	26
0.009	100	29.41	12.5	C10=3	Hab	5
0.009	28.57	47.06	70	C10=2	Hab	28
0.003	0.00	0.00	22.5	C6=2	c.hil	9
0.000	0.00	0.00	40	C11=1	Hoja	16
0.000	0.00	0.00	0.00	C11=2	Hoja	0
Grupo 2						
0.000	77.78	87.5	22.5	C6=2	c.hil	9
0.000	3.23	12.5	77.5	C6=1	c.hil	31
0.000	0	0	0	C11=2	Hoja	
Grupo 3						
0.001	43.75	100	40	C11=1	Hoja	16
0.003	46.15	85.71	32.5	C5=4	Su.gr	13
0.001	0.00	0.00	60	C11=3	Hoja	24
0.001	0.00	0.00	60	C12=1	Mf	24
0.000	0.00	0.00	0.00	C11=2	Hoja	0
Grupo 4						
0.001	50	100	20	C2=2	Grdc	8
0.008	50	75	15	C5=1	Su.gr	6
0.008	100	50	5	C3=5	Tipc	2
0.008	100	50	5	C12=2	Mf	2
0.008	30.77	100	32.5	C4=4	Col.gr	13
0.001	0.00	0.00	80	C2=1	Grdc	32
0.000	0.00	0.00	0	C11=2	Hoja	0
Grupo 5						
0.000	57.14	100	17.5	C13=1	For.gr	7
0.000	100	75	7.5	C4=1	Col.gr	3
0.008	50	75	15	C5=1	Su.gr	6
0.00	0.00	0.00	0	C11=2	Hoja	0

Resultados objetivo 2: Evaluar genotipos de arveja arbustiva por su adaptación a las condiciones ambientales en municipios cerealistas de Nariño y diferentes épocas de siembra.

El acumulado de precipitación durante el ciclo del cultivo en Yacuanquer, Guaitarilla, Pasto y Tangua, para las siembras en la época de marzo fue de 560,7, 626.5, 691,8 y 560,7 mm respectivamente (IDEAM, 2018). Para las siembras en la época de abril en los cuatro municipios las precipitaciones acumuladas fueron de 404, 423 y 599.4 y 404 mm. Finalmente para las siembras realizadas en mayo la precipitación acumulada durante el cultivo de arveja en los cuatro municipios fue de 313.9, 327.7, 497.4 y 313,9 mm. (Figura 20).

Para la época de siembra de marzo las mayores precipitaciones se dieron en el mes de marzo y mayo (Figura 14). 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 Pisi* (*A. pisi*). En la época de siembra de abril 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 14), pero suficiente para alcanzar floración y llenado de grano, no obstante esta reducción en precipitación condujo a una menor severidad en el ataque de *Ascoquita pisi*. En la época de siembra de mayo la precipitación a partir de este mes 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 en la precipitación hacia la etapa final de llenado de grano favoreció la presencia de oídio (*E. pisi*) (Tabla 22).

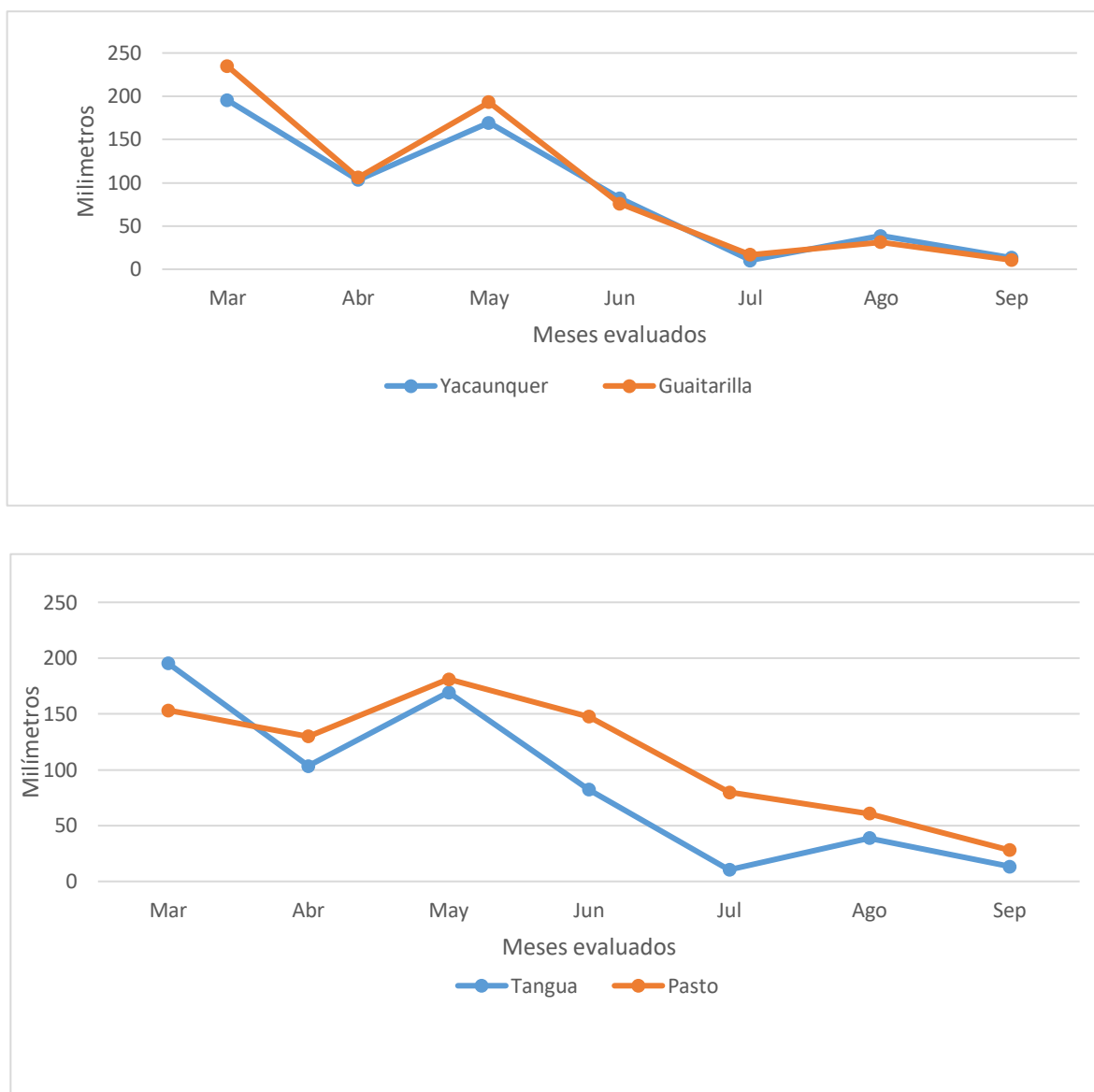


Figura 20 Precipitación presentada para las épocas de siembra en los meses de desarrollo de los experimentos de campo en los ambientes de Yacuanquer, Guaitarilla, Tangua y Pasto en el año 2017 en Nariño

4.3 Ciclo vegetativo

Los resultados para días a floración (DAF), días a cosecha en vaina verde (DCV) y días a cosecha en seco (DCS) (Tablas 11,12 y 13), están asociados con la precipitación presentada en las diferentes épocas de siembra. En la época que mostró la mayor precipitación que corresponde a la siembra realizada en marzo (época 1), se obtuvo una tendencia a prolongar el ciclo de

cultivo, que en promedio para todos los genotipos fue de 66 días a floración, 112 días a cosecha en verde y 133 días a cosecha en seco; en contraste, cuando el periodo de cultivo presentó menor precipitación como la época tres correspondiente a la siembra de mayo, se observó una reducción del ciclo del cultivo en todas las líneas, con promedios de 61 días a floración, 105 días a cosecha en verde y 120 días a cosecha en seco, mostrando una diferencia de siete días en verde respecto al periodo de mayor precipitación (época uno) y de 12 días en seco con respecto a la época uno. En las épocas donde hay mayor precipitación se presenta menor luminosidad y por ende el ciclo de la arveja se alarga como se encontró en esta investigación. Gómez y Álvaro (1981) afirman que el periodo vegetativo de la arveja depende de las condiciones ambientales, siendo mayor el número de días cuando la luminosidad es menor. Matta y Martinez (1997) concluyeron que las condiciones ambientales pueden influir produciendo una disminución en el tiempo requerido para cumplir las diferentes fases de desarrollo de la planta.

Tabla 11.

Días a floración para ocho líneas de arveja arbustiva a través de 4 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

Días a Floración.							
Líneas	Yacuanquer			Guaitarilla			Media
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3	
ARB001	64	60	58	61	61	58	60,33
ARB002	65	63	63	64	62	59	62,66
ARB003	62	58	56	60	56	58	58,33
ARB004	65	64	61	64	60	59	62,17
ARB005	68	65	62	66	64	62	64,50
ARB006	68	66	63	66	64	63	65,00
ARB007	68	65	63	66	64	63	64,83
ARB008	68	65	63	66	64	63	64,83
Promedio	66,00	63,25	61,13	64,13	61,88	60,63	
Líneas	Pasto			Tangua			Media
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	
ARB001	63	63	60	62	65	59	62
ARB002	65	63	58	67	66	61	63
ARB003	57	59	58	60	59	59	59
ARB004	66	63	58	65	60	61	62
ARB005	67	66	59	70	61	64	64
ARB006	67	67	64	70	64	63	66
ARB007	71	68	65	70	65	64	67
ARB008	71	67	67	70	65	66	68
Promedio	65.9	64.5	61.12	66.7	63.1	62.1	

Para días a floración (DAF) (tabla 8) los promedios de las ocho líneas evaluadas en las localidades y en las tres épocas oscilaron entre 58,33 y 68 días. Sobresalió por su precocidad la línea ARB003 con 58,33 DAF. Se observa que las líneas más tardías fueron los genotipos con gen afila, reportando la línea ARB008 como la más tardía con 68 días a floración.

En días a cosecha en verde (DCV) las líneas oscilaron entre 101 y 115,33 días destacándose por su precocidad ARB003 con 101 días a cosecha en verde. Mientras que ARB005, ARB006, ARB007 y ARB008 fueron las más tardías reportando un promedio de 115,33 días (tabla 2). Estos resultados concuerdan con los reportados por Galindo y Clavijo (2009) quienes obtuvieron entre 93 y 113 días a cosecha en verde para genotipos arbustivos, y con los reportados por Muñoz (2012) quien registró de 100 a 120 días a cosecha en verde en 20 materiales arbustivos evaluados en diferentes zonas de Nariño. Casanova *et al*, 2012 señalan que el periodo vegetativo en las especies cultivadas está altamente influenciado por la constitución genética de las plantas, existiendo genotipos precoces y tardíos.

Tabla 12.

Días a cosecha en verde para ocho líneas de arveja arbustiva a través de 4 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño

Días a cosecha en verde.							
Líneas	Yacuanquer			Guaitarilla			Media
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	
ARB001	112	108	107	111	108	104	108,33
ARB002	112	110	107	111	108	104	108,67
ARB003	110	108	104	108	106	104	106,67
ARB004	116	110	107	116	115	114	113,00
ARB005	118	115	114	116	115	114	115,33
ARB006	118	115	114	116	115	114	115,33
ARB007	118	115	114	116	115	114	115,33
ARB008	118	115	114	116	115	114	115,33
Promedio	115,25	112	110,13	113,75	112,13	110,25	
Líneas	Pasto			Tangua			Media
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	

ARB001	112	101	99	98	105	101	103
ARB002	113	103	99	110	102	101	104
ARB003	106	101	99	100	100	101	101
ARB004	110	102	99	110	104	101	104
ARB005	115	109	102	110	106	101	107
ARB006	117	113	99	111	106	101	108
ARB007	118	117	103	111	100	101	108
ARB008	118	117	105	112	115	101	111
Promedio	113,6	107,9	100,4	107,7	104,7	101	

Para días a cosecha en seco los promedios de las líneas fluctuaron entre 112 y 143 días. Siendo los materiales más precoces ARB001 y ARB003 con 112 días, mientras que las líneas que más tardaron en llegar a cosecha en seco fueron ARB005, ARB006, ARB007 Y ARB008 reportando 143 días (tabla 10).

(Muñoz, 2012) registro de 131 a 144 días a cosecha en seco (humedad del grano 12 %) en materiales arbustivos. Los resultados obtenidos concuerdan con los hallazgos de Moreno (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).

Es importante destacar que las cuatro líneas (ARB005, ARB006, ARB007 y ARB008) que fueron más tardías según su número de días a cosecha, se caracterizan por presentar el gen afila y son el resultado de cruzamientos y retrocruzamientos entre variedades mejoradas volubles San Isidro y Sindamanoy y los genotipos arbustivos con gen afila Dove e ILS3575 (Tabla 1). Es probable que la condición tardía provenga de los parentales volubles San Isidro y Sindamanoy que según Fenalce (2006) requieren de 118 y 135 para llegar a cosecha en verde respectivamente en alturas de 2800 msnm.

Tabla 13.

Días a cosecha en seco para ocho líneas de arveja arbustiva a través de 4 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

Líneas	Yacuanquer			Guaitarilla			Media
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	
ARB001	144	140	130	142	138	129	137,17
ARB002	144	140	130	142	138	129	137,17
ARB003	136	135	125	134	135	123	131,33
ARB004	144	140	130	142	138	129	137,17
ARB005	151	146	135	148	145	135	143,33
ARB006	151	146	135	148	145	135	143,33
ARB007	151	146	135	148	145	135	143,33
ARB008	151	146	135	148	145	135	143,33
PROMEDIO	146,50	142,38	131,88	144,00	141,13	131,25	

Líneas	Pasto			Tangua			media
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	
ARB001	119	117	109	113	110	108	112
ARB002	127	119	109	111	117	108	115
ARB003	117	114	110	113	113	108	112
ARB004	126	125	109	111	113	108	115
ARB005	122	133	109	120	119	108	118
ARB006	129	128	109	117	123	108	119
ARB007	130	136	115	122	119	108	122
ARB008	131	136	120	124	124	108	124
Promedio	125,1	126	111,25	116,3	117,25	108	

4.4 Análisis de varianza

El análisis de varianza combinado para las variables NVP, PVGC, NGV, PGV, RTOV y RTOS; mostró diferencias significativas solamente para la variable NGV en el efecto de **localidad**, para el efecto de **época** hubo diferencias significativas para las variables NVP, NGV, RTOV y RTOS; en la interacción **Localidad*Época** en la variable NGV no hubo diferencias

significativas; el efecto de **Líneas** presentó diferencias altamente significativas en todas las variables. En la interacción doble **Líneas*Localidad** todas las variables presentaron diferencias altamente significativas y en la interacción **Líneas*Época** no hubo diferencias significativas en las variables PVGV y NGV. La interacción triple **Líneas*Localidad*Época** mostró diferencias significativas en la mayoría de las variables exceptuando a la variable NGV la cual no obtuvo diferencias (Tabla 14).

Tabla 14.

Cuadrados medios para las variables NVP, PVC, NGCV, PGCV, RtoV, RtoS en la evaluación de ocho genotipos de arveja arbustiva en tres épocas de siembra y en cuatro municipios del Departamento de Nariño

F.V	GL	NVP	PVGCV	NGV	PGV	RTOV	RTOS
Localidad	3	122,37NS	2,27NS	6,77*	3,29NS	72,73NS	1,78NS
Época	2	783,02*	9,60NS	5,68*	11,70NS	540,15*	24,14*
Localidad*Época	6	96,80**	4,32**	0,67NS	2,66**	72,25**	3,13**
Loc(Epoca*Bloque)Error A	24	1,69	0,24	0,65	0,07	1,29	0,04NS
Líneas	7	93,37**	33,84**	25,80**	8,08**	81,90**	3,78**
Líneas*Localidad	21	16,72**	1,005**	0,98**	0,60**	6,23**	0,25**
Líneas*Época	14	7,43**	0,29NS	0,28NS	0,35**	5,04**	0,16**
Líneas*Localidad*Época	42	6,41**	0,66**	0,38NS	0,53**	4,62**	0,29**
Error B	168	1,07	0,30	0,29	0,06	0,75	0,04
CV		8,7	10,10	10,61	8,67	11,29	11,01

F.V: Fuentes de variación; GL: grados de libertad; NVP: número de vainas por planta; PVGV: Peso de vaina con grano en verde; NGV: número de granos por vaina; PGV: peso de grano en verde; RTOV: rendimiento vaina verde; RTOS: rendimiento vaina seca; CV: Coeficiente de Variación.

4.5 Número de vainas por planta (NVP)

En la tabla 15 para la localidad de Yacuanquer, se observa que en la época de siembra de marzo la línea ARB004 con 20,33 vainas supera a las demás, pero es estadísticamente igual a las líneas ARB007 y ARB002 que tienen promedios de 17,66 y 17,33 vainas respectivamente; las demás líneas obtuvieron entre 13 y 16,66 vainas por planta. En la época de siembra de abril ARB002 con 20 vainas por planta supero a ARB001, ARB003 y ARB007 pero estadísticamente

son iguales. Superando a ARB008, ARB006, ARB004 y ARB005 con promedios de 13,66 y 16 vainas. Para la época de siembra de mayo, ARB001 y ARB004 con 12,33 y 11,66 vainas respectivamente, sobresalieron sobre el resto de las líneas las cuales estuvieron entre 5,33 y 7,66 vainas por planta exceptuando a ARB002 con 10 vainas.

En la localidad de Guaitarrilla, en la época de siembra marzo se observó que ARB004 y ARB005, con 15 vainas por planta superaron al resto de las líneas que obtuvieron entre 8,33 y 11 vainas. Para la época de abril, ARB004 con 19,33 vainas supero a todas las líneas, pero es estadísticamente igual a ARB001 y ARB005 con 18 y 16,66 vainas respectivamente. En la época de mayo, ARB001, ARB004 y ARB002 con promedios desde 11 a 11,66 vainas por planta, superan a ARB006 y ARB007 con 7,33 y 7 vainas respectivamente.

Para la localidad de Pasto en la época de siembra de marzo ARB004 y ARB006 sobresalieron con 10,08 y 12,10 vainas, mientras que las líneas con menor NVP fueron ARB003, ARB007 y ARB008 con 6,28, 6,77 y 6,86 respectivamente. Para la época de abril, ARB002 se destaca frente a todas las líneas obteniendo 16,77 vainas, siendo semejante estadísticamente con ARB001 (14,28), ARB004 (15,62), ARB005 (15,62), ARB006 (15,77) y ARB007 (14,54), mientras que ARB008 y ARB003 obtuvieron 13,77 y 10,48 vainas por planta. En la época correspondiente a mayo sobresalen las líneas ARB005 (13,61), ARB004 (12,66) y ARB006 (12,72) y las líneas con menor número de vainas por planta fueron ARB001 (7,19) y ARB008 (7,68).

En la localidad de Tangua, en la época de siembra de marzo las líneas con mayor y menor NVP fueron ARB004 y ARB008 con 16,64 y 7,18 vainas, las demás obtuvieron valores que oscilan entre 7,3 y 10,94 vainas. Para la siembra de abril ARB004 sobresale frente a todas las líneas con 16,51 vainas, seguida de ARB001 (13,85), ARB005 (13,70) y ARB006 (14,58) siendo estadísticamente iguales y superando a ARB002, ARB003, ARB007 y ARB008, cuyos valores están entre 10,09 y 12,91 vainas. En la época de siembra del mes de mayo, ARB004 (13,14) tiene diferencias altamente significativas frente a los demás materiales, que presentaron valores entre 6,97 y 9,69 NVP pero fueron estadísticamente iguales.

Tabla 15.

Comparación de promedios de Tukey en la variable NVP para ocho líneas de arveja arbustiva en 3 épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño.

Localidades						
Época	Yacuanquer			Guaitarrilla		
Líneas	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo
ARB001	13,00 e	17,33 ab	12,33 a	11,00 b	18,00 ab	11,66 a
ARB002	17,33 abc	20,00 a	10,00 ab	8,33 b	15,66 bcd	11,00 a
ARB003	14,00 cde	18,33 ab	7,66 bc	8,66 b	12,00 e	8,33 ab
ARB004	20,33 a	15,33 bc	11,66 a	15,00 a	19,33 a	11,66 a
ARB005	16,66 bcd	16,00 bc	7,00 cb	15,00 a	16,66 abc	10,00 ab
ARB006	15,33 bcde	15,00 bc	6,33 cdes	10,33 b	12,66 de	7,33 b
ARB007	17,66 ab	17,00 abc	6,66 bc	10,66 b	13,00 de	7,00 b
ARB008	13,33 de	13,66 c	5,33 c	9,00 b	14,33 cde	8,66 ab
Promedio /mes	15,95	16,58	8,37	10,99	15,20	9,45
Época	Pasto			Tangua		
Líneas	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo
ARB001	8.580bc	14.28a	7.193c	10.23bc	13.85ab	9.690b
ARB002	8.200bc	16.77a	10.17bc	7.936bc	11.39bc	8.233b
ARB003	6.286c	10.48b	8.496c	9.103bc	12.91bc	7.593b
ARB004	10.08ab	15.62a	12.66ab	16.646a	16.510a	13.14a
ARB005	8.99abc	15.62a	13.61a	10.943b	13.70ab	8.733b
ARB006	12.100a	15.77a	12.72ab	10.650b	14.58ab	8.813b
ARB007	6.776bc	14.54a	9.72bc	8.543bc	11.29bc	7.040b
ARB008	6.860bc	13.77ab	7.68c	7.183c	10.090c	6.976b
Promedio/mes	8.48	14.71	10,28	10,16	13,04	8,78
Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.						

En la época de siembra de abril las cuatro localidades, Yacuanquer (16,58 NVP), Guaitarrilla (15,20 NVP), Pasto (14,71) y Tangua (13,04) presentaron los mejores promedios en número de vainas por planta, mostrando una relación directa con la variación climática, debido a la buena

distribución de las lluvias y condiciones edáficas presentadas en los lugares de la investigación; en esta época de siembra sobresalieron las líneas ARB002 (Yacuanquer), ARB004 (Guaitarilla), ARB001, ARB002, ARB004, ARB005, ARB006 y ARB007 (Pasto) y ARB004 (Tangua) con valores que oscilaron entre 14,28 a 20 vainas por planta.

En contraste en las épocas de siembra con baja intensidad de lluvias (mayo) se observó una reducción del número de vainas por planta, debido al estrés hídrico ARB001 y ARB004 (Yacuanquer), ARB001, ARB002 y ARB004 (Guaitarilla), ARB005 (Pasto) y ARB004 (Tangua) con promedios desde 11 a 13,61 vainas por planta; al respecto Sañudo *et al.*, (1999), afirman que condiciones secas en las fases de desarrollo vegetativo y floración, conducen a reducción en el número de vainas. También hubo una disminución del número de vainas en la época de marzo en la localidad de Pasto debido al exceso de precipitación entre el primer y tercer mes del cultivo (figura 20), que comprende las fases iniciales de crecimiento hasta floración. Los resultados encontrados respecto al número de vainas por planta concuerdan con los reportados por Casanova *et al.*, (2012); Pacheco *et al.*, (2009) y González y Ligarreto (2006) que estuvieron entre 20,25 y 14,50 vainas por planta. Siddique *et al.*, (2002) reportó valores máximos de vainas por planta en materiales arbustivos de 6,8 vainas. Summerfield *et al.*, (1991) concluyeron que aparte del genotipo, existen factores ambientales externos que controlan el crecimiento y desarrollo de las plantas, como fotoperiodo, temperatura disponibilidad de agua y nutrientes.

4.6 Peso de vainas con grano verde (PVCG).

Para la localidad de Yacuanquer en la época de siembra de marzo sobresalen las líneas ARB008, ARB002, ARB006 y ARB007 al presentar los mayores pesos de vaina con grano con valores entre 6.97-y 6.61 gr respectivamente. La línea ARB001 con 3.47 gr. presentó el menor peso de vaina con grano en esta época de siembra con diferencias altamente significativas respecto a las antes mencionadas. En la época de siembra de abril las líneas ARB006, ARB007 y ARB008 fueron las que obtuvieron los mayores pesos de vaina con grano reportando valores entre 6.76 y 6.28 gr, la línea ARB001 presentó diferencias significativas presentando el menor peso con 3.70 gr. Para la siembra de mayo las líneas ARB007, ARB006 y ARB008 con promedios entre 6.73 y 6.43 gr mostraron los mejores resultados con diferencias sobre ARB003, ARB002 y ARB001 que obtuvieron valores por debajo de 4,63 gr.

En la localidad de Guaitarilla para la época de siembra del mes de marzo ninguna de las líneas presentó diferencias estadísticas significativas reportando valores que oscilan entre 2.91 y 6.20 gr. En la época de siembra del mes de abril se destacaron las líneas ARB008 y ARB006 con valores de 7.34 y 6.92 gr., superando a las líneas ARB001, ARB003, ARB004 con promedios inferiores a 5.34 gr. Para el mes de mayo se destacaron con mayores valores en peso de vaina con grano las líneas ARB008, ARB007 y ARB006 con 7.19, 7.17 y 6.82 gr respectivamente, superando a ARB001 ARB003 y ARB004 con valores entre 5.14 y 4.03 gr

En la localidad de Pasto, época de siembra de marzo, se destacó ARB007 con 6.31 gr, presentando diferencias con las demás líneas evaluadas excepto ARB006 que alcanzó un promedio de 4.63 gr En la época del mes de abril, sobresalen las líneas ARB007 (6,50), ARB002 (6,49), ARB008 (6,39) y ARB005 (6,31) superando a ARB003 y ARB001. En la época de mayo las líneas ARB002, ARB004, ARB005, ARB006, ARB007 y ARB008 con promedios entre 5.40 y 4.81 gr mostraron diferencias estadísticas sobre ARB001 (3,55) y ARB003 (3,87).

En la localidad de Tangua, época de siembra de marzo, el mayor peso de vaina lo tuvo ARB006 (6,77) superando a los demás genotipos excepto a ARB005 (6,73). en la época de abril, ARB006 (7,29), ARB007 (6,49) y ARB008 (6,56), presentan los pesos de vaina más altos con diferencias sobre los demás genotipos evaluados. Finalmente para la siembra del mes de mayo, sobresalió ARB008 con 6,35 g, mostrando diferencias con ARB001, ARB002, ARB003 y ARB004 que lograron promedios por debajo de 4.45gr. (tabla 16)

En general los genotipos ARB008, ARB007 y ARB006 mostraron mayor consistencia al estar entre los de mayor promedio de peso de vaina con grano verde en la mayor parte de los ambientes evaluados, lo cual indica que existe una condición genética favorable para este rasgo en los genotipos mencionados. En esta característica (Peso de vaina con grano) que es de gran interés para los productores de esta leguminosa, el genotipo ARB008 mostró un alto promedio sin embargo, también presenta el menor promedio en NVP; según Egli (2017), 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 característica conduce a la reducción de otra.

Tabla 16.

Comparación de promedios de Tukey en la variable peso de vaina con grano (PVCG) para ocho líneas de arveja arbustiva en 3 épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño

Localidades						
Yacuanquer				Guaitarilla		
Época	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo
Líneas						
ARB001	3,47 c	3,70 c	3,58 c	2,91 a	4,20 c	4,03 c
ARB002	6,82 a	6,11 ab	4,60 c	3,90 a	6,27 ab	6,28 ab
ARB003	4,81 bc	5,28 abc	4,62 c	3,93 a	5,33 bc	5,14 bc
ARB004	4,82 bc	3,84 bc	4,92 bc	4,84 a	5,29 bc	5,01 bc
ARB005	5,78 ab	6,04 ab	5,01 bc	5,35 a	6,43 ab	5,72 ab
ARB006	6,80 a	6,76 a	6,45 ab	6,20 a	6,92 a	6,82 a
ARB007	6,61 a	6,73 a	6,73 a	6,16 a	6,42 ab	7,17 a
ARB008	6,97 a	6,28 a	6,36 ab	5,64 a	7,34 a	7,19 a
Promedio	5,76	5,59	5,28	4,86	6,02	5,92
Pasto				Tangua		
Época	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo
Líneas						
ARB001	3.64e	4.70c	3.55b	3.24f	3.50c	3.35e
ARB002	5.20bc	6.48a	4.81a	5.19cd	4.97b	5.31bc
ARB003	3.91d	5.39bc	3.86b	4.05ef	5.42b	4.28d
ARB004	4.86c	6.01ab	4.83a	4.59de	4.99b	4.44cd
ARB005	5.34bc	6.31a	5.40a	6.47ab	5.00b	6.00ab
ARB006	4.63cd	6.17ab	5.40a	6.77a	7.29a	5.87ab
ARB007	6.310a	6.500a	4.933a	5.650bc	6.490a	5.863ab
ARB008	6.026ab	6.393a	5.270a	5.463cd	6.563a	6.353a
Promedio	4,99	6,00	4,76	5,18	5,53	5,19
Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.						

4.7 Peso de granos por vaina (PGV)

En la localidad de Yacuanquer, para la época de marzo el peso de granos por vaina en las ocho líneas evaluadas osciló entre 1,58 y 3,86 g; las líneas ARB002 y ARB006 con 3,86 y 3,84 g respectivamente superaron a ARB001 con 1,58 g. En la época de abril los promedios de las líneas estuvieron entre 2,05 y 4,35 g; todas las líneas fueron estadísticamente iguales superando solamente a ARB001 que obtuvo el menor peso de granos (2,05 g). Para la época de mayo las

líneas fluctuaron entre 2,20 y 4,04 g; ARB005, ARB006, ARB007 y ARB008 con promedios de 3,33 a 4,04 superaron a ARB001 con 2,20 g. (tabla 17)

En Guaitarilla, para la época de marzo las líneas oscilaron entre 1,11 y 3,02 g; ARB006, ARB004, ARB005 y ARB007 con promedios entre 2,60 y 3,02 g superaron a ARB001 y ARB002 con 1,46 y 1,11 g respectivamente quienes son estadísticamente iguales. En la época de abril los promedios de las líneas estuvieron entre 2,45 y 4,15 g; ARB002, ARB003, ARB005, ARB006 y ARB008 con un peso de granos por vaina entre 3,62 y 4,15 g lograron mayor promedio respecto a ARB001 (2,45 g). En la época de mayo las líneas fluctuaron entre 2,39 y 4,27 g; las líneas ARB002, ARB005, ARB006, ARB007 y ARB008 con promedios entre 3,58 y 4,27 superaron a ARB001 con 2,39 g. (tabla 17)

En la localidad de Pasto, época de siembra de marzo la línea que se destacó por su mayor peso de grano fue ARB002 con 3,21 gr diferenciándose estadísticamente de las líneas ARB001, ARB003, ARB006, ARB007 y ARB008 con promedios entre 1.85 y 2.50 gr. Para el mes de abril la línea ARB005 se destacó por su mayor peso con 3,72 gr siendo diferente estadísticamente con ARB001, ARB003, ARB004, ARB008 que lograron promedios entre 2.40 y 3.13gr. En la época de siembra de mayo la línea ARB006 con 3,48 gr supero a las líneas ARB001, ARB003 y ARB008 con valores entre 2.36 y 2.77 gr. (tabla 17)

En Tangua, en la época de siembra de marzo la línea ARB006 con 3,46 gr se destacó sobre la demás líneas que estuvieron entre 1.70 y 2.64, excepto ARB005 que logró 3.12 gr. Para el mes de abril la línea ARB006 con 4,06 sobresalió sobre las demás líneas que oscilaron entre 1.82 y 3.22 gr. mientras que la línea ARB001 con 1,82 reporto el menor valor. En la época de mayo las líneas que sobresalieron por sus altos valores para esta variable fueron ARB005 y ABR006 con 3.52 y 3.43 gr, mostrando diferencias con ARB001 (2.26) y ARB003 (2.78), la línea ARB001 mantuvo su tendencia reportando el menor valor para esta variable con 2,26 gr. (tabla 17)

Tabla 17.

Comparación de promedios de Tukey en la variable PGV para 8 líneas de arveja arbustiva a través de 2 localidades y 3 épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

Localidades							
Yacuanquer				Guaitarilla			
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	
Líneas							Promedio/ línea
ARB001	1,58 c	2,05 b	2,20 b	1,46 b	2,45 b	2,39 b	2,02
ARB002	3,86 a	3,45 a	2,96 ab	1,11 b	3,88 a	4,09 a	3,22
ARB003	2,37 bc	3,45 a	3,02 ab	1,92 ab	3,62 a	3,42 ab	2,96
ARB004	2,82 ab	3,44 a	3,04 ab	2,82 a	3,21 ab	3,23 ab	3,09
ARB005	3,26 ab	3,66 a	3,40 a	2,62 a	3,78 a	3,71 a	3,41
ARB006	3,84 a	4,35 a	4,04 a	3,02 a	4,15 a	4,27 a	3,94
ARB007	3,20 ab	3,89 a	3,77 a	2,60 a	3,37 ab	3,81 a	3,44
ARB008	3,25 ab	3,27 a	3,33 a	2,20 ab	3,76 a	3,58 a	3,23
Pasto				Tangua			
	Marzo	Abril	Mayo	Marzo	Abril	Mayo	
Líneas							Promedio / línea
ARB001	1,85 d	2,40c	2,36c	1,70d	1,82c	2,26c	2,06
ARB002	3,21 a	3,52ab	3,16ab	2,6bc	2,97b	3,28ab	3,12
ARB003	2,32 cd	3,01bc	2,77dc	2,22c	2,88b	2,78bc	2,6
ARB004	2,73 abc	3,13b	2,94ab	2,57c	2,90b	3,13ab	2,9
ARB005	2,95 ab	3,72a	3,11ab	3,12ab	2,69b	3,52 a	3,23
ARB006	2,25 cd	3,26ab	3,48a	3,46a	4,06a	3,43 a	3,32
ARB007	2,50 bc	3,24ab	2,99ab	2,64bc	3,22b	3,15ab	2,95
ARB008	2,40,c	3,02bc	2,69bc	2,47c	1,67c	3,10ab	2,55
Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.							

La línea ARB001 con 2,04 g en promedio (tabla 17), es la de menor peso de grano por vaina, esto se debe a que sus granos son más pequeños en comparación con las demás líneas; las líneas ARB002, ARB003 y ARB004 poseen granos de tamaño medio, pero tienen un buen número de granos; lo anterior es explicable si se tiene en cuenta que en los componentes de rendimiento se presentan compensaciones y con frecuencia, el mejoramiento de una característica en ocasiones conduce a la reducción de otra. En arveja se ha reportado compensaciones entre el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina (Moot and McNeil, 1995) o entre el número y peso de las semillas (Sarawat *et al.*, 1994).

ARB005, ARB006, ARB007 y ARB008, sobresalieron en la variable PGV debido a su mayor peso y tamaño de los granos, característica heredada de sus progenitores. Según Singh *et al.*, (2013) el peso de grano es una característica que tiende a ser altamente heredable, por lo tanto las diferencias entre genotipos tienden también a mantenerse aun cuando cambien las condiciones ambientales. Lo anterior fue evidente en la presente investigación en donde las líneas de mayores promedios (ARB005, ARB006, ARB007, ARBO008) mostraron una tendencia a mantener esa condición sobre las de menor promedio a través de los diferentes ambientes con algunas variaciones.

4.8 Rendimiento en vaina verde (RTOVV)

En Yacuanquer, para la época de marzo ARB007 y ARB002 con 14,22 y 14,15 t.ha⁻¹ respectivamente superaron significativamente a ARB001 con 3,74 t.ha⁻¹, ARB003 con 7,09 t.ha⁻¹ y ARB008 con 10,09 t.ha⁻¹, las demás líneas obtuvieron un promedio entre 11,01 y 12,88 t.ha⁻¹ sin diferencias estadísticas. En la época de abril ARB007 con 15,01 t.ha⁻¹ superó a ARB001, ARB003, ARB004 y ARB008 que presentaron un rango entre 6,25 a 11,28 t.ha⁻¹, el resto de líneas no presentan diferencias estadísticas. En la época de mayo los rendimientos de las ocho líneas oscilaron entre 4,14 y 6,81 sin diferencias estadísticas. (Tabla 18)

En Guaitarilla, para marzo ARB005 con 7,88 t.ha⁻¹ superó significativamente a ARB001, ARB002 y ARB003 con promedios de rendimientos entre 3,06 y 3,72 t.ha⁻¹, las demás líneas no presentaron diferencias con ARB005 y obtuvieron rendimientos de 5,86 hasta 7,26 t.ha⁻¹. Para la época en la siembra del mes de abril los rendimientos oscilaron entre 7,64 y 12,65 t.ha⁻¹; ARB002, ARB004, ARB005 y ARB008 con rendimiento promedio entre 12,05 a 12,65 t.ha⁻¹ superaron a ARB001 y ARB003 con 8,33 y 7,64 t.ha⁻¹ respectivamente. En la época de mayo no se presentan diferencias significativas y los rendimientos fluctuaron entre 6,58 y 8,70 t.ha⁻¹. (Tabla 18)

En la localidad de Pasto para la época de marzo se obtuvo una media de 4,64; ARB004, ARB006 y ARB005 sobresalieron con promedios que oscilaron entre 5,70 y 5,93 t.ha⁻¹ y superando con diferencias significativas a las líneas ARB001 (2,51 t.ha⁻¹) y ARB003 (3,12 t.ha⁻¹). En la época de siembra de abril la media fue de 10,07; ARB002, ARB005, ARB006, ARB004 y ARB007 con rendimientos entre 11,79 y 10,63 t.ha⁻¹, superaron a las líneas ARB001 y ARB003 que tuvieron los rendimientos más bajos. En la época de mayo ARB005 (9,04 t.ha⁻¹) superó a ARB001, ARB002, ARB003 Y ARB007 que oscilaron entre 3.72 y 6.61 t.ha⁻¹ ,

ARB006 y ARB004 con 8,48 y 7,93 t.ha⁻¹, mostraron mayor rendimiento sobre ARB001 y ARB003 (6,79 t.ha⁻¹). (Tabla 18)

En Tangua, la época de marzo consiguió una media de 5,74; ARB004 (7,51 t.ha⁻¹), ARB005 (7,31 t.ha⁻¹) y ARB006 (7,37 t.ha⁻¹) mostraron altos rendimientos, superando a ARB001, ARB003 y ARB008 que alcanzaron los menores promedios (3,71 y 4,94 t.ha⁻¹). En la época de abril se obtuvo una media de 10,07 t.ha⁻¹, sobresale por rendimiento la línea ARB004 (11,43 t.ha⁻¹) superando al 50% de las líneas evaluadas. Le siguen las líneas ARB005, ARB006 y ARB007 con promedios entre 10,03 y 10,94 t.ha⁻¹, las cuales mostraron diferencias respecto a ARB001 (5,45 t.ha⁻¹) y ARB003 (7,27 t.ha⁻¹) de más bajo rendimiento. En mayo la media obtenida fue de 5 t.ha⁻¹; nuevamente las líneas ARB004 y ARB006 logran destacarse al obtener un promedio de 6,44 y 6,81 t.ha⁻¹, superando a los genotipos de menor desempeño ARB001 (2,64 t.ha⁻¹) y ARB003 (4,02 t.ha⁻¹). Las demás líneas mostraron un comportamiento intermedio (Tabla 18).

Se observó que las líneas ARB005, ARB006 y ARB007 que sobresalieron en la variable PGV (tabla 17) también lo hicieron en rendimiento en vaina verde (tabla 18). Al respecto, Pantoja *et al.*, (2014) encontraron que el rendimiento correlacionó genotípicamente con el peso de grano verde por vaina y en su análisis de sendero la mayor contribución indirecta positiva, fue el peso de grano por vaina verde vía peso de vaina verde, recomendando el uso de estas variables como criterios de selección para identificar líneas promisorias.

Tabla 18.

Comparación de promedios de Tukey en la variable RTOVV (t.ha⁻¹) para ocho líneas de arveja arbustiva en 3 épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño

Localidades						
Epoca	Yacuanquer			Guaitarilla		
	MARZO	ABRIL	MAYO	MARZO	ABRIL	MAYO
Líneas						
ARB001	3,74 d	6,25 d	5,30 a	3,58 cd	8,33 b	6,65 a
ARB002	14,15 a	13,78 ab	5,21 a	3,72 bcd	12,05 a	8,70 a
ARB003	7,09 cd	11,28 bc	4,56 a	3,06 d	7,64 b	5,73 a
ARB004	11,18 ab	9,06 cd	6,81 a	6,74 abc	12,65 a	7,13 a
ARB005	11,01 ab	12,18 abc	5,02 a	7,88 a	12,16 a	7,40 a
ARB006	12,88 ab	13,09 ab	4,59 a	6,04 abcd	11,19 ab	6,62 a
ARB007	14,22 a	15,01 a	5,47 a	7,26 ab	10,99 ab	6,58 a
ARB008	10,09 bc	10,77 bc	4,14 a	5,86 abcd	12,54 a	7,75 a
Promedio/mes	10,54 a	11,43 a	5,14 c	5,52 c	10,94 a	7,07 b
Epoca	Pasto			Tangua		
	MARZO	ABRIL	MAYO	MARZO	ABRIL	MAYO
Líneas						
ARB001	2.51c	6.56c	3.72d	3.82b	5.45d	2.64c
ARB002	5.09ab	11.79a	6.31bc	5.67ab	8.98bc	5.69ab
ARB003	3.12bc	7.79bc	5.11cd	3.71b	7.27cd	4.02b
ARB004	5.70a	11.25a	7.93ab	7.51a	11.43a	6.44a
ARB005	5.93a	11.61a	9.04a	7.31a	10.94ab	6.14ab
ARB006	5.89a	11.30a	8.48ab	7.37a	10.59ab	6.81a
ARB007	4.61abc	10.63a	6.61bc	5.55ab	10.03ab	5.38ab
ARB008	4.25abc	9.57ab	6.79abc	4.94b	9.04bc	5.00ab
PROMEDIO/mes	4,64c	10,07a	6,75b	5,74bc	9,22a	5,27c
Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.						

La época de siembra que obtuvo mejor rendimiento en las cuatro localidades fue la época dos (época de siembra de abril); sobresalen entre las líneas de alto rendimiento en esta época ARB007 (15,01 t.ha⁻¹) para la localidad de Yacuanquer, las líneas ARB005, ARB004, ARB002 y

ARB008 con promedios mayores a 12 t.ha^{-1} para Guaitarilla, las líneas ARB002, ARB004, ARB005, ARB006 y ARB007 con promedios de rendimiento superiores a 10 t.ha^{-1} para la localidad de Pasto y en la localidad de Tangua sobresalen la línea ARB004 con $11,43 \text{ t.ha}^{-1}$; la línea de rendimientos bajos fue ARB001 con promedios inferiores a 6 t.ha^{-1} .

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 $10,43 \text{ t.ha}^{-1}$, rango donde se encuentran la mayoría de líneas estudiadas en la presente investigación. Así mismo, en resultados de evaluaciones en arveja arbustiva, Mishra, (2014), reportó rendimientos con niveles bajos desde $5,5 \text{ t.ha}^{-1}$ y Checa *et al.*, (2017) niveles altos de $16,67 \text{ t.ha}^{-1}$, con materiales similares a los de la presente investigación.

La escasez de precipitación en la época tres en el mes de mayo impidió que las líneas manifestaran su potencial productivo siendo afectadas por igual y en consecuencia obteniendo bajos rendimientos en la mayoría de localidades. Ridge y Pye (1985) evaluaron seis diferentes genotipos ante condiciones de temperatura extrema en la floración, concluyendo que esta variable determina hasta el 68% de la variación del rendimiento. Respecto al estrés hídrico el componente del rendimiento más afectado es el número de vainas por unidad de superficie (Rodriguez- Maribona *et al.*, 1993).

La arveja es una leguminosa que requiere de 250 a 380 milímetros de agua bien distribuidos durante el ciclo del cultivo; es una especie muy sensible al exceso de humedad, lo que determina la importancia de contar con suelos bien drenados y con buena capacidad para retener el agua, las necesidades de agua van de acuerdo con la variedad, el ciclo del cultivo y las condiciones ambientales de la localidad; por consiguiente, la época de lluvias debe coincidir con las primeras fases de desarrollo del cultivo 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).

De igual manera el rendimiento en arveja es sensible a numerosos factores ambientales, entre ellos el estrés hídrico, frío invernal y altas temperaturas en el periodo de floración y fructificación (Ridge y Pye, 1985). Además, el rendimiento se puede ver afectada por la sequía que se produce inmediatamente antes o durante el periodo de floración.

4.9 Rendimiento en grano seco (RTOGS)

Para la localidad de Yacuanquer en la época de siembra de Marzo el promedio de rendimiento fue de 2.02 t.ha⁻¹. Las líneas ARB004 (2.81 t.ha⁻¹) y ARB005 (2.78 t.ha⁻¹) siendo estadísticamente iguales reportaron los mayores rendimientos, superando significativamente a ARB001, ARB007 y ARB008 con promedios entre 1.00 y 1.57 t.ha⁻¹. En la siembra del mes de abril se presentó el mejor promedio de rendimiento con 2,68 t.ha⁻¹, destacándose la línea ARB004 con 3,54 t.ha⁻¹ que superó significativamente a las líneas ARB001, ARB002, ARB007 Y ARB008 con 1.98 a 2.52 t.ha⁻¹. En la época de siembra de mayo el promedio de producción fue de 1.33 t.ha⁻¹ y se destacó la línea ARB004 con 1,62 t.ha⁻¹ la cual presentó mayor promedio que ARB006 y ARB008 (0.99 y 0.98 t.ha⁻¹).

En Guaitarilla para el mes de marzo el promedio de producción en seco fue de 1.16 t.ha⁻¹, la línea ARB004 con un rendimiento de 1,62 t.ha⁻¹, superó estadísticamente a las líneas ARB001 y ARB008 de bajos promedios con 0,76 y 0,72 t.ha⁻¹. La siembra de abril presentó el mayor promedio de producción con 2.66 t.ha⁻¹, destacándose la línea ARB005 con 3,51 t.ha⁻¹ mostrando un rendimiento superior a los demás genotipos evaluados, mientras que la línea ARB002 con 2,29 t.ha⁻¹ obtuvo el rendimiento más bajo. Para el mes de mayo el promedio de rendimiento fue de 1,96, donde se destacó la línea ARB004 con un rendimiento de 2,56 t.ha⁻¹ superando a los demás genotipos evaluados. El menor rendimiento lo presentó la línea ARB008 con 1,75 t.ha⁻¹ quien fue estadísticamente diferente.

En la localidad de Pasto para la época de siembra de marzo, se alcanzó un promedio de 1,14 t.ha⁻¹. Las líneas ARB004 (1,68 t.ha⁻¹) y ARB005 (1,57 t.ha⁻¹) superaron a ARB001, ARB003, ARB006, ARB007 y ARB008 que obtuvieron promedios entre 0,71 y 1,11 t.ha⁻¹. En abril, la media fue de 2,16 t.ha⁻¹; nuevamente ARB004 con 2,48 t.ha⁻¹ y ARB005 con 2,55 t.ha⁻¹ se destacaron con diferencias sobre ARB001, ARB003 y ARB008 que presentaron entre 2,04 y 1,65 t.ha⁻¹, sin embargo ARB002 (2,2 t.ha⁻¹), ARB006 (2,34 t.ha⁻¹) y ARB007 (2,25 t.ha⁻¹) alcanzaron rendimientos similares a ARB004 y ARB005 y superaron a las líneas de menor rendimiento ARB001, ARB003. En la época de mayo el promedio fue de 1,70 t.ha⁻¹, ARB005 (2,45 t.ha⁻¹) mostró diferencias estadísticas sobre las demás líneas. La línea ARB003 con 1,35 t.ha⁻¹ fue la de menor rendimiento. (Tabla 19)

En Tangua para la época de siembra de marzo se obtuvo un promedio de 1,58 t.ha⁻¹, ARB004, ARB005, ARB006 y ARB007 con promedios entre 1,82 y 2.22 t.ha⁻¹ fueron las de mejor rendimiento con diferencias al 0,05 sobre los demás materiales evaluados, cuyos valores oscilaron entre 0,94 y 1,31 t.ha⁻¹. Para la época de abril se presentó una media de 2,13 t.ha⁻¹, ARB002, ARB004 y ARB005 se destacaron con altos rendimientos que oscilaron entre 2,38 y 2,67 t.ha⁻¹ igualando con ARB006 que obtuvo un promedio similar con 2,25 t.ha⁻¹ y mostrando diferencias con las demás líneas evaluadas, ARB001 (1,34 t.ha⁻¹) fue la línea con menor rendimiento. El promedio para la época de mayo fue de 1,51 t.ha⁻¹, sobresalen por rendimiento las líneas ARB004 (1,83 t.ha⁻¹) y ARB006 (1,91 t.ha⁻¹) mostrando diferencias sobre ARB008, ARB001 Y ARB003 con promedios entre 1,06 y 1,37 t.ha⁻¹. Las líneas ARB002, ARB005 y ARB007 con promedios entre 1,50 y 1,72 t.ha⁻¹ igualaron a ARB004 y ARB006. (tabla 19)

Tabla 19.

Comparación de promedios de Tukey en la variable rendimiento en grano seco (RTOGS) para ocho líneas de arveja arbustiva en tres épocas de siembra y cuatro Municipios de la zona cerealista en Nariño

Localidades						
Epoca	Yacuanquer			Guaitarilla		
	MARZO	ABRIL	MAYO	MARZO	ABRIL	MAYO
Líneas						
ARB001	1,28 cd	1,98 c	1,47 abc	0,76 b	2,41 bc	2,06 b
ARB002	2,56 ab	2,21 bc	1,48 abc	1,14 ab	2,29 c	1,90 bc
ARB003	1,77 abcd	2,65 abc	1,51 ab	1,06 ab	2,51 bc	1,82 bc
ARB004	2,81 a	3,54 a	1,53 a	1,62 a	2,83 b	2,56 a
ARB005	2,78 a	3,08 ab	1,41 abc	1,37 ab	3,51 a	1,89 bc
ARB006	2,35 abc	2,94 abc	0,99 bc	1,30 ab	2,83 b	1,82 bc
ARB007	1,00 d	2,52 bc	1,25 abc	1,28 ab	2,52 bc	1,86 bc
ARB008	1,57 bcd	2,49 bc	0,98 c	0,72 b	2,37 bc	1,75 c
Promedio	2,02	2,68	1,33	1,16	2,66	1,96
Epoca	Pasto			Tangua		
	MARZO	ABRIL	MAYO	MARZO	ABRIL	MAYO
Líneas						
ARB001	0.713d	1.70c	0.84d	0.94b	1.34d	1.10cd
ARB002	1.19bc	2.26ab	1.08cd	1.31b	2.38a	1.53abc
ARB003	0.958cd	1.65c	1.35c	1.01b	1.93bc	1.37bcd
ARB004	1.68a	2.48a	1.96b	1.82a	2.67a	1.83a
ARB005	1.57ab	2.55a	2.45a	2.19a	2.65a	1.72ab
ARB006	0.916cd	2.34ab	2.15ab	2.22a	2.29ab	1.91a
ARB007	1.11cd	2.25ab	1.86b	1.92a	1.94bc	1.50abc
ARB008	1.02cd	2.04bc	1.89b	1.16b	1.78c	1.06d
PROMEDIO	1,14	2,16	1,70	1,58	2,13	1,51
Promedios con las mismas letras no son significativamente diferentes.						

Las líneas ARB004 y ARB005, sobresalieron en la mayoría de ambientes alcanzando los más altos rendimientos en grano seco. Los rendimientos en grano seco de las ocho líneas evaluadas,

mostraron similitud con la evaluación de RTOVV. Así ARB004, ARB005 y ARB006 fueron las líneas con mejor comportamiento, presentando altos rendimientos en verde y en seco. 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⁻¹; y (Muñoz, 2012), que obtuvo promedios para rendimiento en seco entre 0,82 y 4,3 t.ha⁻¹.

4.10 Adaptabilidad y estabilidad fenotípica para la variable rendimiento en vaina verde

El análisis de adaptabilidad y estabilidad usando el modelo de Eberhart y Russell (1966), indica que los ambientes favorables fueron Yacuanquer abril y Guaitarrilla Abril con promedios de rendimiento de 11,42 y 10,94 t.ha⁻¹ alcanzando los índices ambientales (diferencia entre rendimiento promedio de cada localidad y el promedio de todos los genotipos en las tres localidades donde se realizó la evaluación) más altos de 3.73 y 3.25, mientras que Pasto marzo con 4.63 t.ha⁻¹ fue el ambiente menos favorable con un índice ambiental de -3,05, atribuido a las altas precipitaciones presentadas en el mes de marzo y mayo las cuales coinciden con la época de fin de floración e inicio de llenado de grano en donde la planta es más susceptible al ataque de ascochyta. (Tabla 20).

Los parámetros de adaptabilidad y estabilidad muestran que las líneas ARB005, ARB006 y ARB008 con una probabilidad mayor a 5% presentaron un $\beta = 1$ indicando buena adaptación a los diferentes ambientes estudiados. (Tabla 21). De este grupo ARB005 y ARB006 superaron la media general de 7.69 t.ha⁻¹. De las demás líneas se define que tienen un Beta (β) diferente de uno (1), por lo tanto las que superaron el $\beta = 1$ que fueron ARB002 y ARB007 se consideran adaptables solo a los mejores ambientes como son las siembras realizadas en Pasto Tangua y Yacuanquer en el mes de abril. Por otra parte los genotipos que tuvieron un β por debajo de uno (1) como son ARB001, ARB003 y ARB004, se consideran adaptables a los ambientes con mayores restricciones como son las siembras de marzo y mayo en los municipios de Pasto, Tangua y Guaitarrilla (tabla 20)

Tabla 20.

Rendimiento promedio e índices ambientales en el análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica para producción en vaina verde (t.ha⁻¹).

Ambientes	Média (t.ha ⁻¹)	Índice Ambiental
Yacuanquer Abril	11,428	3,735
Guaitarilla Abril	10,944	3,252
Yacuanquer Marzo	10,545	2,853
Pasto Abril	10,063	2,370
Tangua Abril	9,216	1,524
Guaitarilla Mayo	7,070	-0,622
Pasto Mayo	6,749	-0,943
Tangua Marzo	5,735	-1,957
Guaitarilla Marzo	5,518	-2,175
Tangua Mayo	5,265	-2,427
Yacuanquer Mayo	5,138	-2,555
Pasto Marzo	4,638	-3,055

Tabla 21.

Parámetros de estabilidad fenotípica planteados por Eberhart y Russell para rendimiento en vaina verde en la evaluación de la interacción de ocho líneas de arveja arbustiva en 12 ambientes de la zona cerealista de Nariño.

Líneas	Media (t.ha ⁻¹)	Beta=1	S ² =0
ARB001	4,87	0,476**	1,75**
ARB002	8,42	1,377**	1,01**
ARB003	5,86	0,879*	0,715**
ARB004	8,65	0,820**	1,082**
ARB005	8,88	0,972ns	0,400**
ARB006	8,73	1,094ns	0,597**
ARB007	8,52	1,312**	1,297**
ARB008	7,56	1,065ns	0,300*
Media general	7.69		

Todas las desviaciones de la regresión tuvieron una probabilidad inferior a 0,05 lo cual sugiere que todas ellas son superiores a cero. En consecuencia ninguna de las líneas evaluadas tuvo un comportamiento predecible.

Es importante tener en cuenta que un cultivar ideal es aquel que tiene un promedio superior a la media general, un coeficiente de regresión $\beta = 1$ y la varianza de los desvíos de la regresión $S^2_d = 0$ (Vencovsky y Barriga 1992). En el estudio se observó que si bien hubo líneas como ARB005 y ARB006 con rendimiento superior a la media y adaptables a los diferentes ambientes en donde fueron evaluadas, las mismas no lograron cumplir con el parámetro de desviación de la regresión igual a cero, por lo tanto no fueron predecibles.

El resultado sugiere que es probable que aun exista alta variabilidad interna dentro de los genotipos evaluados, la cual produce el incremento en las desviaciones de la regresión, por lo tanto se plantea la necesidad de realizar una purificación o un proceso de selección dentro de dichos genotipos para lograr mayor uniformidad

4.11 Reacción a enfermedades causadas por *Erysiphe polygoni*. Y el complejo *Ascochyta pisi* y *Mycosphaerella pinodes*

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 57 a 76% 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 (tabla 22). 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 polygoni*) oscilaron dentro del 0 y 41% en follaje y entre 0 y 20% 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 manifestó mucho más en unas líneas que en otras, como en las líneas ARB003, ARB004, ARB006, ARB008 alcanzando porcentajes del 99% en follaje (tabla 22).

En la época de siembra de abril donde los niveles de precipitación disminuyeron, (tabla 22) 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 6 a 58% en vaina, 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, ARB001, ARB002 y ARB005 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.

La época de siembra de mayo, se caracterizó por ser la más seca, donde la severidad de enfermedades del complejo ascochyta disminuyó considerablemente, al contrario a *E. poligony* donde los niveles aumentaron. En *A. pisi* y *M. pinodes* se presentaron porcentajes de afectación de 15 a 57% y 0 a 32% a nivel de follaje, respectivamente, y de 5 a 35% y 0 a 10% en vaina. (tabla 22)

Los resultados sugieren que las condiciones de sequía como las observadas en la época de siembra de mayo no fueron favorables para el desarrollo de los patógenos del complejo Ascochyta y en consecuencia no fueron apropiadas para observar la resistencia de las líneas a *A. pisi* y *M. pinodes*. En contraste el patógeno *E. polygony*, se presentó con grados de mayor severidad respecto a las otras dos épocas (tabla 22), al encontrar una condición ambiental seca con lloviznas frecuentes que favoreció su desarrollo. En esta época (época de siembra de mayo) se destacó la línea ARB002 que para follaje presentó entre 7 y 41% y en vainas no hubo afectación, sugiriendo una reacción de alta resistencia a Oídio de acuerdo con la escala de evaluación, confirmando los resultados obtenidos por Checa *et al.*, (2017) quienes consideraron esta línea como promisoría para futuras evaluaciones por su reacción de resistencia al patógeno *E. polygony*. Valencia *et al.*, (2012) en un estudio de la reacción del complejo Ascochyta en 20 líneas de arveja arbustiva reportaron que los porcentajes de severidad de *A. pisi* y *M. pinodes* presentaron grados moderadamente susceptibles y moderadamente resistentes con resultados similares a esta investigación. Según Tamayo (2000) los síntomas causados por *A. pisi* y *M. pinodes* se presentan con mayor severidad en épocas lluviosas lo cual coincidió con la época de marzo del presente estudio; El hongo *E. pisi* es más prevalente y severo en condiciones ambientales secas o durante periodos de verano prolongado.

Tabla 22.

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 8 líneas de arveja arbustiva en 4 localidades y tres épocas de siembra en la zona cerealista de Nariño.

Época	Marzo				Abril				Mayo			
Porcentaje de severidad de <i>Ascochyta pis</i>)												
Localidad	Pasto		Tangua		Pasto		Tangua		Pasto		Tangua	
Líneas	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
ARB001	42	21	68	66	60	9	36	9	46	7	31	11
ARB002	69	52	75	49	39	6	69	5	39	5	26	5
ARB003	76	52	82	52	50	15	89	58	43	9	33	30
ARB004	74	44	93	54	52	8	74	14	35	6	28	7
ARB005	71	34	85	70	50	14	73	7	40	5	29	5
ARB006	67	36	81	66	58	18	57	6	46	7	31	12
ARB007	77	45	89	71	51	27	56	8	46	9	30	15
ARB008	73	37	90	72	52	31	62	20	57	15	45	35
Porcentaje de severidad de <i>Erysiphe pisi</i>												
Localidad	Pasto		Tangua		Pasto		Tangua		Pasto		Tangua	
Líneas	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
ARB001	0	0	0	0	8	0	1	0	6	0	11	2
ARB002	0	0	0	0	2	0	1	0	7	0	41	9
ARB003	30	4	32	7	76	64	42	24	63	26	96	61
ARB004	28	3	30	6	63	43	35	6	59	7	89	38
ARB005	0	0	0	0	24	0	13	0	33	2	21	1
ARB006	32	13	36	13	44	22	52	5	82	42	78	30
ARB007	37	12	42	15	64	61	66	4	80	14	95	70
ARB008	41	20	45	22	77	57	70	19	77	46	74	48
Porcentaje de severidad de <i>Mycosphaerela pinodes</i>)												
Localidad	Pasto		Tangua		Pasto		Tangua		Pasto		Tangua	
Líneas	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
ARB001	12	8	57	42	16	7	7	0	6	0	3	1
ARB002	24	9	62	46	11	0	7	0	8	0	0	0
ARB003	58	20	74	51	15	4	8	0	31	10	0	0
ARB004	43	12	64	49	20	5	3	12	15	5	14	0
ARB005	54	16	72	50	23	5	0	0	17	1	9	0
ARB006	59	38	76	49	39	8	1	0	14	0	0	0
ARB007	53	34	76	52	27	9	7	0,2	16	6	0	0
ARB008	31	10	75	51	39	7	11	1	32	8	0	0

Yac: Yacuanquer; **Gua:** Guaitarilla; **F:** Follaje; **V:** Vaina. **AR:** altamente resistente; **R:** resistente; **MR:** medianamente resistente; **MS:** medianamente susceptible; **S:** susceptible.
Los valores están dados en porcentaje.

5. Conclusiones

- Las variables cuantitativas peso de 100 granos, tamaño de estipula, ancho y largo de foliolos, número de foliolos y tamaño de pedúnculo en rama principal y las variables cualitativas tipo de hoja, color de hilum, tipo de grano y grado de curvatura de la vaina, fueron las que más aportaron a la explicación de la variabilidad de la colección de arveja caracterizada.
- El rasgo afila conferido por el gen *af* fue característico de los agrupamientos uno y dos para las variables cuantitativas y del agrupamiento uno de las variables cualitativas. El mayor peso de la semilla estuvo en los genotipos que conformaron el grupo uno de las variables cuantitativas.
- Las accesiones con tipo de grano rugoso con mayores posibilidades de uso a la industria por su contenido de amilasa conformaron el tercer grupo de las variables cualitativas.
- Los genotipos ARB006 ARB008, ARB007 presentaron el mayor peso de vaina con grano en verde siendo consistentes a través de los diferentes ambientes, además ARB006 presentó en mayor peso de grano por vaina.
- La época de siembra de abril permitió obtener los mejores rendimientos y la menor incidencia de las enfermedades foliares
- Los genotipos evaluados mostraron similitud en su comportamiento tanto para rendimiento en grano seco como para rendimiento en vaina verde destacándose ARB004, ARB005 y ARB006 como los de mejor desempeño a través de los diferentes ambientes
- Las líneas ARB005 y ARB006 presentaron una buena adaptación a todos los ambientes y superaron la media general sin embargo su comportamiento fue no predecible
- El genotipo ARB002 fue el menos afectado por oídio (*Erysiphe polygoni*) confirmando su reacción resistente a este patógeno

Referencias

- AGRONET, (2009). Producción nacional por producto: Arveja. Consulta: junio de 2015.
<http://www.agronet.gov.co/>.
- ANGULO, A., SILES, M., RÍOS, R., & GABRIEL, J. (2009) Caracterización de 118 accesiones de arveja (*Pisum sativum L.*) del Banco de Germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pirumani para resistencia a sequía. Revista de Agricultura, Bolivia, 42(60). P. 25-3.
- BUITRAGO Y.,DUARTE y SARMIENTO A. (2006). El cultivo de la arveja en Colombia. Produmedios y Fondo Nacional de Leguminosas, Bogotá. 83 p.
- BIDDLE, A. KNOTT, C. and GENT, G. 1988. The PGRO pea growing handbook. Sixth edition. Processors and Growers Research Organization, England. 264 p.
- 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. 2012. ISSN Impreso 0120-0135.
- CHECA, O.E., BASTIDAS, J.E., & NARVÁEZ, O.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.
- CHECA. O; ROSERO. E; ERAZO. I. (2011) Caracterización morfológica de pasifloras del subgénero taxonia. Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 53 – 66 p.
- CHECA, O., & 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>

- CHECA, OSCAR E.; RODRIGUEZ, MARINO; WU, XINGBO; BLAIR, MATTHEW W. 2020. "Introgression of the *Afila* Gene into Climbing Garden Pea (*Pisum sativum* L.)" *Agronomy* 10, No. 10: 1537. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101537>.
- CRUZ, C. 2004. Programa GENES, Versao Windows. Aplicativo computacional en genética y estadística. Editorial UFV. Universidad Federal de Vicosa. En: www.utv.br/dbg/genes/genes.htm.
- COUSIN T, A.; MESSENGER; VINGERE, A. Breeding for yield in combining peas, pp.15-129. En: HEBBLETHWAITE, P.D. HEATH, M.C. and DAWKINS, T.C.K. The pea crop: A basis for improvement. First edition. Butterworths. Nottinghamshire. 1985. 5:56 - 78.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). (2005). Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. El cultivo de la arveja en Colombia. Marzo 2015. Boletín número 33
- DAVIES, D. (1993). The pea crop. p.1-12. Peas: Genetics, molecular biology and biotechnology. CAB International, Wallingford, UK.
- EGLI, D.B. 2017. Seed biology and yield of grain crops. CABI. University of Kentucky. USA. 78p. DOI. 10.1079/9781780647708.0000
- EBERHART, S., & RUSSEL, W. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop sciences. 6: 36-40p.
- ESPINOSA, N Y LIGARRETO, G. (2005). Evaluación de la habilidad combinatoria y heterosis de siete progenitores de arveja (*Pisum sativum* L.) *Agronomía Colombiana*. 23(2): 197-206 p.
- FENALCE (2006) El cultivo de Arveja en Colombia. Primera edición. Bogotá: Produmedios.

FENALCE (2010). El cultivo de la arveja, historia e importancia. Consulta: febrero de 2016.
http://www.FENALCE.org/arch_public/arveja93.pdf.

FENALCE. 2016. AREA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO CEREALES Y LEGUMINOSAS 2016 A. En:
http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/2016_A_APR__JUNIO.pdf

FRANCO, T.; HIDALGO, R. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos..

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. Revista corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 10(1).

GARZÓN, M., & GASCA, H. (1990). Comportamiento de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) para uso industrial bajo dos sistemas de siembra y cuatro densidades en las condiciones de la Sabana de Bogotá. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 177 p.

GIACONI, V. 2004. Cultivo de hortalizas. 15 ed. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. 120 p

GIACONI, V Y ESCAFE, M. 1988. Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. Décimo quinta versión; Pág. 45

GONZÁLES, G. 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.) Tesis de Doctorado. Facultad de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid, España. 307 p.

- GONZÁLEZ, F. y LIGARRETO, G. (2006). Rendimiento de ocho genotipos promisorios de arveja arbustiva (*Pisumsativum*L.) bajo sistema de agricultura protegida. *Fitotecnia Colombiana* 6(2):5 2-61.
- GÓMEZ, H. y ÁLVARO, G. (1981). Informe sobre el departamento Agrícola – San Jorge. Informe de la Compañía Levapan S.A., Bogotá D.C., p 12-35.
- GRITTON, E.T. (1986). Pea Breeding. In: Breeding vegetable crops. Avi Publishing Company. Pp. 283-319.
- GUPTA, S. WALDIA, B. S. DAHIYA, K. P. SINGH, D. R. SOOD. Inheritance of seed yield and quality traits in peas (*Pisum sativum* L.), *Theoretical and Applied Genetics* 1984, Volume 69, Issue 2, pp 133–137
- HERNÁNDEZ, V., VARGAS, M., MURUAGA J., HERNÁNDEZ S. y MAYEK N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del fríjol común. *Avances y perspectivas. Rev. Fitotec. México*, P. 36, 95-104.
- HIDALGO, R. (2003) Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. Boletín técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali. Colombia.
- INSTITUTO OF HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. (2018). *Tiempo y clima*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co>
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. (1996, 15 de mayo). Resolución No. 6, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Ica Corpoica Sindamanoy del ICA, CORPOICA y FENALCE (Especialistas: Checa, O. y Benavides, J.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. (2006a, 10 de octubre). Resolución No. 002736, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Obonuco San Isidro de la Universidad de Nariño, CORPOICA y FENALCE (Especialistas: Checa, O., Campuzano, F., Benavides, P., y Yepes, B.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. (2006b, 25 de septiembre). Resolución No. 002620, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Obonuco Andina de la Universidad de Nariño y CORPOICA (Especialistas: Checa, O., Campuzano, F., Benavides, P., y Yepes, B.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la Subregión Natural Andina, departamento de Nariño.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. (2012a, 10 de mayo). Resolución No. 001249, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Sureña de la Universidad de Nariño y Universidad Nacional (Especialistas: Checa, O., Ligarreto, G., Lagos, T., Betancourth, C., y Arteaga, G.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para Colombia.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. (2012b, 27 de julio). Resolución No. 002343, por la cual se otorga el registro del cultivar de arveja Alcalá de la Universidad de Nariño y Universidad Nacional (Especialistas: Checa, O., Ligarreto, G., Lagos, T., Betancourth, C., y Arteaga, G.). Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para el departamento de Nariño y los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá.

IDEAM. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. 2018. Departamento Administrativo de Estadística. En: www.ideam.gov.co; consulta: Marzo, 2018.

- KHAN, T., RAMZAN, A., JILLANI, G. y MEHMOOD, T. 2013. Morphological performance of peas (*Pisum sativum*) genotypes under rainfed conditions of Potowar region. J. Agric. Res. 51(1):51- 60.
- KRALL, J. M. (2006). Pea production in the High Plains. Fact Sheet.: South Dakota State University Extension.
- LIGARRETO, G y MARTÍNEZ, O. (2014). Identificación de la variabilidad de una colección de frijol común mediante la relación de parámetros morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. P. 2-12.
- LIGARRETO, G. 2003. Análisis de la variabilidad genética en frijol. pp. 77-79. En: Franco, L. y R. Hidalgo (eds.). Boletín Técnico 8. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Cali, Colombia.
- LIGARRETO, G. (1999). Estrategias de caracterización para el conocimiento de la variabilidad genética en colecciones de germoplasma vegetal. Documento interno, Programa de Recursos Genéticos Vegetales, CORPOICA, C.I. Tibaitatá.. 10 p.
- LÓPEZ SJ, NIETO AR, BARRIETOS-PRIEGO AF, RODRÍGUEZ PE, COLINAS-LEÓN MT, BORYS MW, et al. 2008. Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus* spp). Revista Chapingo Serie Horticultura; 14(2): 97-111.
- MATTA, J y MARTINEZ, E, 1997. Evaluación del comportamiento agronómico de veinte líneas de arveja (*Pisum sativum* L.), de crecimiento determinado en el municipio de pasto departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- MARTINEZ, J. y MARTINEZ, E. 1997. Evaluación del comportamiento agronómico de veinte líneas de arveja(*Pisum sativum* L.) de crecimiento determinado en el municipio de Pasto,

departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 115p.

MARTIN I., TENORIO and L. AYERBE. (1994). Yield and water use of Conventional and Semi leafless Peas in Semiarid Environments. *Crop Science*. 34:1576-1583.

MAYORGA CUBILLOS, F. G. (2016). Evaluación de rasgos morfoagronómicos y del contenido nutricional del grano de arveja (*Pisum sativum* L.), en ambientes de clima frío del departamento de Cundinamarca. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

MIHAILOVIC, V. Componentes de rendimiento de grano afila (af) líneas de guisantes forrajeros (*Pisum sativum* L.). Instituto de Cultivos y Hortalizas, NoviSad, 2008, Serbia. 98 p.

MERA, M. 1989. Densidad poblacional y espaciamiento en arveja (*Pisum sativum* L.) para grano seco de follaje reducido. *Agricultura tecnica*. Chile, 49: 148 – 152.

MISHRA, N. 2014. Growth and yield response of pea (*Pisum.sativum* L.) to integrated nutrient management a review. *J. Plant and Pest Sc.* (2):87-95

MOOT, D.J. & MCNEIL, D.L. 1995. Yield components, harvest index and plant type in relation to yield differences in field pea genotypes of partial resistance to field epidemics of *Ascochyta* blight of pea. *Euphytica*. 86: 31-40.

MORENO, M. J. D. Mejoramiento de la arveja. ICA. Santafé de Bogotá, D.C. 1987

MUÑOZ, M. 2012. Interacción genotipo ambiente de 20 líneas de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) para cinco municipios de la zona sur del departamento de Nariño. Trabajo de grado Maestría en ciencias agrarias, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

- PANTOJA, D; MUÑOZ, K; CHECA, O. 2014. Evaluación y correlación de componentes de rendimiento en líneas avanzadas de arveja *Pisum sativum* con gen afila. Revista de ciencias Agrícolas 31(2):24-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.143102.29>
- PAGÈS, J. (2004). Analyse factorielle de donnees mixtes: principe et exemple d'application. Revue de Statistique Appliquée, 52(4), 93–111
- PAEZ, A. PAZ, V y LOPEZ, L. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Rio Grande en la epoca mayo – julio. Efecto de sombreado. Revista facultad de agronomia. (LUZ) 17, 173-184.
- PACHECO A., VERGARA C., Y LIGARRETO M. Clasificación de 42 Genotipos Mejoradas de Arveja (*Pisum sativum* L.) por Caracteres Morfológicos y Comportamiento Agronómico. Universidad Nacional de Colombia, 2009, Sede Bogotá. Bogotá Colombia., 11P.
- PACHECO A., VERGARA C., y LIGARRETO M. (2009) Clasificación de 42 Genotipos Mejoradas de Arveja (*Pisum sativum* L.) por Caracteres Morfológicos y Comportamiento Agronómico. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Bogotá Colombia., 11P.
- PRIETO, G. El Cultivo de Arveja. Aerinta Arroyo Seco. 2011, 13 p.
- PRIETO, G. & ANTONELLI, M (2008). Evaluación de cultivares de Arveja. Gacetilla del Departamento Técnico de Agricultores Federados Argentinos. EEA INTA Oliveros. 20 p.
- PUGA, J. (2012). Manual de Arveja. Quito, Ecuador. Edit. Promoción de Exportaciones Agrícolas No Tradicionales. P 4-49

- RIASCOS DELGADO, M. E., & CHECA CORAL, O. E. (julio-diciembre de 2018). Evaluación y selección de líneas de arveja con gen afila bajo dos densidades de población. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Julio-Diciembre, 21(2), 293-295.
- RIDGE, P. and PYE, L. 1985. The effects of temperature and frost at flowering on the yield of peas grown in a Mediterranean environment. Field Crops Res.
- RODRÍGUEZ-MARIBONA, B. TENORIO, J. CONDE, J. y AYERBE, L. 1993. Rendimiento y sus componentes en variedades de guisante (*Pisum sativum* L.) con diferentes grados de estrés hídrico. Invest. Agr.: Prod. Veg. 8.
- SAÑUDO, B.; CHECA, O.; ARTEAGA, G (2001). Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Universidad de Nariño VIPRI. San Juan de Pasto, Colombia., P 214.
- SAÑUDO, B. CHECA, O. y ARTEAGA, G. 1999. Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas – Udenar-Profriza Corpoica-Fenalce-Corpotrigo. Pasto.
- SARAWAT, P. STODDARD, F. MARSHALL, D. & ALI, S. 1994. Heterosis for yield and related characters in pea. Euphytica. 80: 39 - 48.
- SINGH, M. UPADHYAYA, H. & BISHT, I. (2013) Genetic and genomic resources of grain legume improvement. 2013, 1° ed. London: Elsevier. 304p.
- SPAD Ver 3.5, Manual de Usuario. Traducción al español de Ramón Álvarez. ISJAE, 1998
- SIDDIQUE, A. WRIGHT, D. & MAHBUB ALI, S. 2002. Effects of Sowing Dates on the Phenology, Seed Yield and Yield Components of Peas. Journal of Biological Sciences 2.
- SOLANO, J.F Y LOPEZ, L.R. 2001. Evaluacion de la variedad lojanita y 25 lineas avnzadas de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L) en cinco localidades del departamento de Nariño.

Tesis de grado. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. Pasto – Nariño. 116p.

SUMMERFIELD, R.; ROBERTS, E.; ELLIS, R.; LAWN, R. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of simple models for fluctuating field environments. *Exp. Agric. (Brasil)*. 27(1):11-31. <https://doi.org/10.1017/S0014479700019165>

TAMAYO, P.J. Enfermedades del cultivo de la arveja en Colombia: guía de reconocimiento y control. Boletín Técnico. Corpoica, Rionegro, Colombia, 2000.

TERRANOVA. (2005). Enciclopedia Agropecuaria. Producción Agrícola 1. Bogotá, Colombia. Edit. Terranova. p. 124 -128.

TIEMERMAN, V.; MILLS, G.; FREW, T.; BUTLER, T.; MCCALLUM, J., S.; MURRAY, C.; WHITFIELD, A.; RUSELL, A; WILSON, D. Linkage mapping of QTLs for seed yield, yield components and developmental traits in pea (*Pisum sativum* L.). En: 4th International Crop Science Congress, 2004, (45):4 1336-1344.

UNIÓN EUROPEA. Protocol for distinctness, uniformity and stability tests *Pisum sativum* L. Sensu lato. Pea. 2003.

UPOV, Union Internationale pour la Protection des Obtentions Vegetales. 1994. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Peas (*Pisum sativum* L. sensu lato). TG/7/9. En: UPOV, http://www.upov.int/en/publications/tg-rom/tg007/tg_7_9.pdf; consulta: noviembre de 2009.

VALENCIA, A Y TIMANÁ, 2011. Evaluación del complejo *Ascochyta Ascochyta pisi* y *Mycosphaerella pinodes* (*A. pinodes*) en 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.). Tesis de grado para optar por el título de Ingeniera Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. 26 p.

- VALLADOLID, C.A.; VOYSEST, V.O. 2006. Clases comerciales de leguminosas de grano: Catálogo para orientar la comercialización en los mercados Nacionales e Internacionales. Promenestras Tex. Chiclayo, Perú. 112 pp.
- VENCOVSKY, R y BARRIGA, P. 1992 Genetica biométrica no Fitomelhoramento. Sociedade Brasileira de Genetica.
- WANG, F.; FU, J.; DONG L.; ZHU, Y. Tendril inheritance in semi-leafless pea and its utilization in breeding. YiChuan. 2003, 25(2):18 p.
- WEEDEN, N.F. y W.E. BOONE. (2000). Mapping the *Rb* locus on linkage group III using long PCR followed by endonuclease digestion. En: Institute of Cytology and Genetics, The Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, <http://pisum.bionet.nsc.ru/pg/31/36.htm>; consulta: November de 2009.