

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE CINCO LÍNEAS DE ARVEJA ARBUSTIVA
EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA Y TRES SISTEMAS DE TUTORADO**

**OLGA CRISTINA NARVAEZ TAIMAL
JHULIANA ESTEFANY BASTIDAS ACOSTA**

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

2017

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE CINCO LÍNEAS DE ARVEJA ARBUSTIVA
EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA Y TRES SISTEMAS DE TUTORADO**

OLGA CRISTINA NARVAEZ TAIMAL

JHULIANA ESTEFANY BASTIDAS ACOSTA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero agrónomo

Asesor:

Oscar Checa Coral Ph. D

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

2017

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad de los autores.

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

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Marzo de 2017

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
CONCLUSIONES	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE CINCO LÍNEAS DE ARVEJA ARBUSTIVA EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA Y TRES SISTEMAS DE TUTORADO

AGRONOMIC EVALUATION OF FIVE SHURB PEA GENOTYPES IN THREE SOWING SEASONS AND TRHEE TRAINING SYSTEMS

Jhuliana Bastidas¹, Cristina Narváez¹, Oscar Checa².

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Granja Lope del SENA ubicada a una altura de 2.612 msnm, 01°12'28''N, 77°15'06''W. El objetivo fue evaluar el efecto de época de siembra, sistemas de tutorado sobre cinco líneas de arveja arbustiva y determinar la viabilidad económica de los tratamientos. Se evaluaron las variables relacionadas con ciclo del cultivo, sanidad y componentes de rendimiento. Se establecieron tres épocas de siembra correspondientes a los meses de marzo (época I), abril (época II) y mayo (época III) del 2016. En cada época se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. La parcela principal correspondió a los sistemas de tutorado vertical (TV), horizontal (TH) y el testigo sin tutor (ST) y las subparcelas a las líneas de arveja arbustiva. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza combinado, considerando como efectos fijos a los factores estudiados. Se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$) para las variables que presentaron significancia. Los resultados mostraron que las épocas II y III, obtuvieron las mejores condiciones para rendimiento. Los sistemas TV y TH superaron al testigo sin tutor en la variable %VS. Las líneas UN6651 y UN5174 sobresalieron en NGV, PVG y RTO. UN6651 obtuvo mejor respuesta para %VS. En las épocas I y III la mayor viabilidad económica fue para el ST, mientras que para la época II, los sistemas TV y TH presentaron una tasa de retorno marginal favorable para el agricultor.

Palabras claves: *Condiciones ambientales, genotipos, componentes de rendimiento, viabilidad económica.*

1. Estudiantes del programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño. Grupo de Investigación en Cultivos Andinos -GRICAND. , Pasto, Colombia. crisnata.91@hotmail.com
2. Profesor Asociado I.A. Ph. D Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Grupo de Investigación en Cultivos Andinos- GRICAND. Pasto, Colombia. ochecha@udenar.edu.com

ABSTRACT

The present investigation was made at Lope SENA's farm in Pasto – Colombia, located at height 2612mASL, 01°12'28"N, 77°15'06"W. The objective was to evaluate the sowing season's effect, training systems on five shrub pea lines and determining the economic viability of the treatments. The variables related to crop cycle, plants health and yield components were evaluated in this investigation. Three sowing seasons were established for three months: March (season I), April (season II) and May (season III) in 2016. In each season a complete randomized block design was used with split plot arrangement. The main plot corresponded to vertical training (VT), horizontal training (HT) and some training systems (TS) and the subplots to the shrub pea lines. The results were subjected to a combined analysis of variance, considering as fixed effects the factors studied. Tukey's mean comparison test ($P < 0.05$) was performed for the variables that showed significance. The results showed that seasons II and III obtained the best conditions for yield. Vertical and horizontal training systems outperformed the system without tutor for the percentage source of healthy pods (% VS). The lines UN6651 and UN5174 excelled in: number of grains per pod (NGV), green pod with grain (PVG) and yield (RTO). UN6651 got the best response for % VS. In seasons I and III, the economic viability was greater for ST, while for season II, the VT and HT systems had a favorable marginal rate of return for the farmer.

Keywords: *Environmental conditions, genotypes, yield components, economic viability.*

INTRODUCCIÓN

Nariño es el principal productor de arveja del país, con un promedio de 48.264 toneladas anuales que representan el 55,2% de la producción nacional (DANE, 2013). Se estima que de este cultivo dependen más de 26.000 productores y genera alrededor de 2.3 millones de jornales (FENALCE, 2010). Las variedades de mayor uso en Nariño (Andina, San Isidro, Sureña y Sindamanoy) son de hábito de crecimiento voluble y requieren sistemas de tutorado que representan cerca del 52% de los costos de producción (Checa, 2014). En Nariño, la zona cerealista ubicada entre los 2000 y 2800 msnm no cuenta con alternativas de rotación que le permita mejorar sus ingresos.

Una posible opción es la producción de arvejas arbustivas, las cuales presentan como ventajas: menores precios al no requerir tutorados costosos, genotipos precoces con periodos mínimos de hasta 90 días y uniformidad en la maduración del producto que facilita los procesos de recolección o cosecha. Estas características permiten que las arvejas arbustivas sean incluidas en objetivos de evaluación y adaptación para ser entregadas posteriormente al agricultor, siendo una alternativa para las zonas trigueras o de reconversión donde el productor no cuenta con suficientes recursos económicos.

Las anteriores características son atractivas para la obtención de variedades con vocación agroindustrial, ya que la producción de arveja de porte bajo en Colombia se ha realizado en su mayor parte por empresas cuya finalidad es el procesamiento de arveja para enlatados (Muñoz, 2012). Hasta la fecha no se han obtenido variedades mejoradas de arveja arbustiva para el consumo en fresco, en grano seco o para agroindustria en Colombia, siendo este un campo de investigación que puede fortalecer los sistemas productivos de los agricultores de la zona fría del departamento de Nariño, en donde existe una amplia cultura de producción de esta leguminosa en especial en la zona alto andina. Trabajos previos de evaluación de líneas arbustivas de arveja permitieron identificar genotipos promisorios para rendimiento, pero las condiciones de alta humedad en tiempo de llenado de grano afectaron la calidad de las vainas (Muñoz, 2012).

En evaluaciones de cultivares de arveja arbustiva, se estableció que la precocidad es una de las características varietales más sensibles a las condiciones climáticas de un sitio. De igual

manera la temperatura es determinante en la producción y el desarrollo de la arveja, considerándose así como el más importante de los efectos sobre el rendimiento y sus componentes (González y Ligarreto, 2006), razón por la cual, es necesario establecer la época de siembra más apropiada para lograr los mejores rendimientos y la mayor calidad del producto final.

En la búsqueda de arvejas arbustivas como alternativa productiva para el departamento de Nariño, es necesario identificar genotipos de alto rendimiento, determinar la época de siembra más adecuada para su cultivo y establecer la viabilidad de uso de algún tipo de tutorado sencillo que evite el deterioro de las vainas por enfermedades resultantes de su contacto o proximidad al suelo en el periodo de cosecha para vaina verde, lo cual se pretende resolver con la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se llevó a cabo entre los meses de marzo y agosto del 2016 dentro de las instalaciones de la GRANJA LOPE, del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA ubicada en el municipio de Pasto departamento de Nariño; a una altura de 2612 msnm, 01°12'28''N, 77°15'06''W, precipitación promedio anual de 814 mm y humedad relativa de 73% (IDEAM, 2016).

Factores evaluados y diseño experimental. La evaluación incluyó tres épocas de siembra, tres sistemas de tutorado y cinco líneas de arveja arbustiva. Las épocas de siembra correspondieron a los meses de marzo (inicio de lluvias), abril (lluvias constantes) y mayo (finalización de lluvias). Dentro de cada época de siembra se estableció un diseño de bloques completos al azar (BCA), con arreglo en parcelas divididas, asignándose en la parcela principal el sistema de tutorado y en las subparcelas los genotipos de arveja.

La unidad experimental fue constituida por cuatro surcos de tres metros de largo a una distancia de 0,5 metros entre surco y 0,10 metros entre sitio colocando una semilla por sitio, obteniendo 120.000 plantas.ha⁻¹. La parcela útil correspondió a los dos surcos centrales de la unidad experimental, descartando los surcos borde y las plantas extremas de cada uno de los surcos.

En los sistemas de tutorado asignados a la parcela principal, se incluyeron los tratamientos tutorado vertical (TV), tutorado horizontal (TH) o encanastillado y no tutorado (ST) como testigo. Para establecer los sistemas de tutorado horizontal y vertical, en las unidades experimentales se colocaron estacas con altura a partir del nivel del suelo de 1,2 m y enterradas a una profundidad de 30 cm, con distancia entre ellas de 3.0 m. Para el tutorado vertical, en la parte superior de las estacas, se templó fibra plástica gruesa en forma horizontal, y las plantas se amarraron con hilos verticales de polipropileno delgado, desde la base de la planta hasta el hilo horizontal que se encontraba templado en la parte superior. Para el tutorado horizontal, una vez ubicadas las estacas de 1.20 m desde el inicio y final de cada surco, se templaron hilos de polipropileno delgado de forma horizontal a lado y lado de las plantas. Se usaron cuatro hiladas, la primera a 10 cm y las siguientes a los 20 cm de altura cada una.

Las cinco líneas de arveja arbustiva evaluadas en las subparcelas (Tabla 1), pertenecen a la colección de trabajo del programa de mejoramiento genético de esta leguminosa desarrollado por el Grupo de Investigación en Cultivos Andinos GRICAND de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

La respuesta de los sistemas de tutorado y los genotipos en cada época se contrastaron con variables climáticas de precipitación y temperatura facilitadas por la estación meteorológica del Servicio Nacional Sena – Pasto.

Variables evaluadas. Días a floración (DF): se registraron los datos cuando el 50% de las plantas de la parcela presentaron la primera flor abierta; días a cosecha en verde (DCV): número de días desde la siembra hasta cuando el 75% de las plantas presentó las vainas para cosechar en verde; altura de la planta (AP): se hizo la medición desde la base de la planta, hasta el ápice del tallo, cuando las plantas presentaron madurez para cosecha en verde; número de vainas por planta (NVP): se contabilizó el total de vainas de la parcela útil y se dividió por el número de plantas cuantificadas; peso de vaina verde con grano (PVG): en época de cosecha en fresco, se tomaron al azar 10 vainas verdes de la parcela útil y se obtuvo su peso promedio expresado en gramos; número de granos por vaina (NGV): en 10 vainas al azar de la parcela útil se contaron sus granos y se obtuvo el promedio;

relación grano/vaina (RGV): se obtuvo el peso de los granos y el peso de las vainas con grano y con los promedios

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

Identificación	Color y tipo de grano
ILS3566	Verde liso
ILS3572	Crema liso
UN5174	Verde rugoso
UN6651	Verde rugoso
UN5173	Verde rugoso

se registró la relación grano/vaina (P100G): se tomó de la parcela útil al azar 100 granos en verde registrando su peso en gramos; rendimiento en vaina verde (RTO): cuando las vainas llenaron sus granos, se cosecharon los surcos del área útil tomando su peso total y se calculó el rendimiento en vaina verde llevado a $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$; porcentaje de vainas sanas (%VS): después de la cosecha en vaina verde, se realizó la clasificación de vainas sanas y enfermas afectadas por fitopatógenos: Ascoquita (*Ascochyta pisi*), antracnosis (*Colletotrichum pisi*) y Oidio (*Oidium erysiphoides*), llevando luego los datos a porcentaje.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza combinado considerando efectos fijos en todos los factores estudiados (época, tutorado y línea). Además se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($P<0,05$), para las variables que mostraron significancia en el Andeva.

Análisis Económico. Para determinar los tratamientos de mayor viabilidad económica, se utilizó la metodología de presupuesto parcial de Perrin (1976). Para tal fin se calcularon los costos de producción de los sistemas de tutorado en cada época de siembra de acuerdo a lo observado en la investigación. De igual manera se llevó a cabo la determinación de ingreso neto, donde se tuvo en cuenta el porcentaje de vainas sanas, asignándole el valor comercial del mercado según su nivel de sanidad. Se realizó el análisis de dominancia de los tratamientos a partir de su ingreso neto parcial y sus costos variables de producción. Los tratamientos no dominados fueron seleccionados y analizados desde el punto de vista económico teniendo en cuenta la tasa de retorno marginal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de evaluación, el promedio de precipitación fue variable en las tres épocas de siembra estudiadas. Para la época I se presentó un acumulado total de 221,70 mm, para la época II 251,13 mm y para la época III 179,00 mm (Figura 1). El periodo de mayor pluviosidad se dio para en los meses de abril y junio con 90,00 y 61,66 mm respectivamente; mayo y julio presentaron periodos con precipitación intermedia con 45,91 y 53,56 mm. La menor pluviosidad se observó en marzo y agosto con 24,14 y 17,87 mm (Estación meteorológica SENA). Estos meses afectaron de manera diferencial la cantidad de agua recibida en las tres épocas de siembra, de tal manera que el primer mes de la primera época de siembra correspondiente a marzo, se vio afectado por baja precipitación, mientras que para la época III el último mes de cultivo (agosto) coincidió con la más baja precipitación observada. La época II recibió una precipitación más uniforme (Figura 1).

De la misma manera se encontró variación en la temperatura media mensual, observándose entre marzo y agosto promedios de 12, 12.1, 11.9, 11.3, 10.6 y 11.2°C (Estación meteorológica SENA), lo cual muestra un plano con ciclos de temperaturas altas para la época de siembra I, intermedias para la época II y bajas y altas en la época III. (Figura 2).

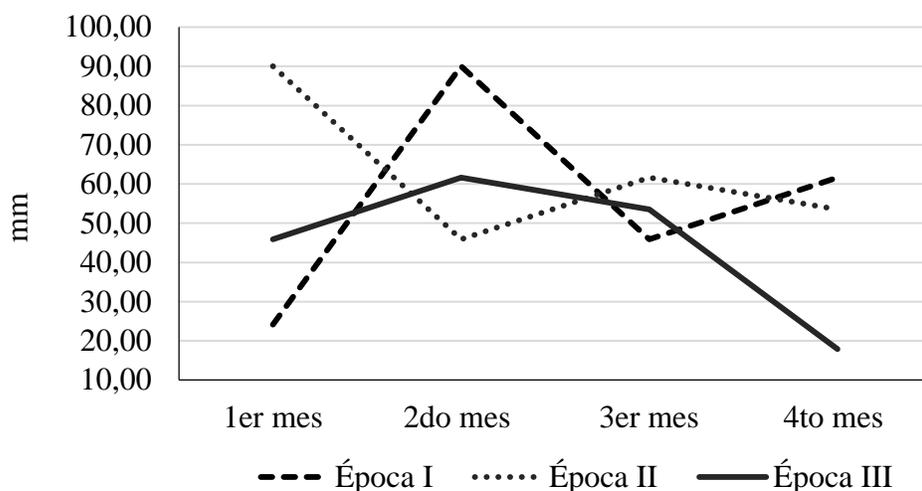


Figura 1. Precipitación media mensual

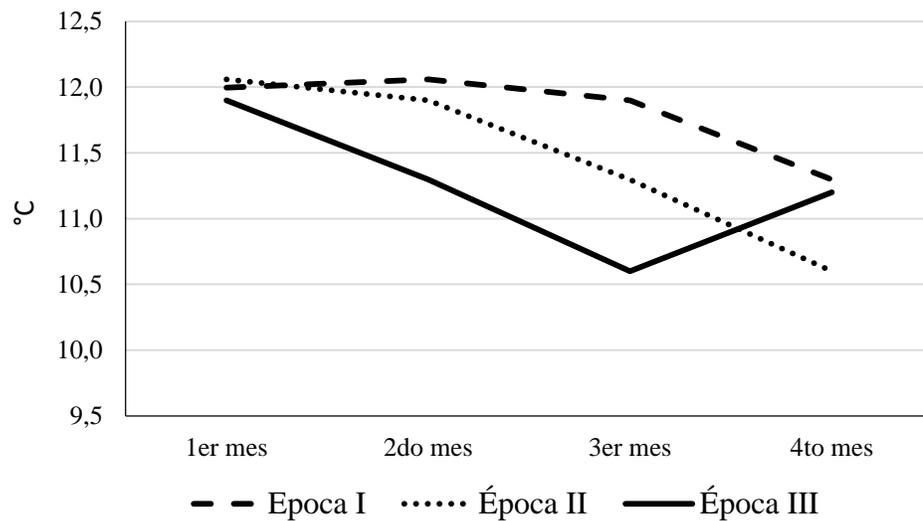


Figura 2. Temperatura media mensual

Análisis de varianza

Se encontró diferencias significativas para los efectos simples de **época** en las variables DC, AP, PVG, P100G y RTO; **tutorado** en las variables RGV y %VS y **línea** en DC, AP, NVP, PVG, NGV, P100G, RTO y %VS. También se encontró diferencias significativas para las interacciones dobles de **época por línea** en los caracteres DC, AP, NVP, PVG, NGV, RTO y %VS, de **época por tutorado** en la variable RGV y **tutorado por línea** para RGV (Tabla 2). No se encontró diferencias significativas para la interacción triple **época por tutorado por línea** en ninguna de las variables evaluadas. La discusión de los resultados a partir del análisis de varianza se abordó para cada variable dependiendo de la significancia obtenida en los efectos simples e interacciones dobles. Los efectos simples significativos, solo se tuvieron en cuenta en las variables que no mostraron significancia en las interacciones dobles. La fuente de variación DF, no mostró significancia en el Andeva.

Tabla 2. Análisis de varianza para ciclo de cultivo y componentes de rendimiento en la evaluación agronómica de cinco líneas de arveja arbustiva en tres sistemas de tutorado bajo tres épocas de siembra

F. VARIACION	DF	DC	AP	NVP	PVG	NGV	RGV	P100G	RTO	%VS
Modelo	195,56	187,46	1290,55	322,21	2,34	0,77	0,01	97,82	33,69	500,97
Época	1738,14	3062,96**	24019,96**	4437,01**	15,3**	0,89	0,03	272,73*	408,81**	132,83
Bloques	604,05	100,84	230,22	471,89	0,64	0,04	3,80E-03	7,82	94,6	55,97
Error A	348,9	23,93	51,5	80,74	0,56	0,53	0,01	29,55	15,2	250,29
Tutorado	100,31	2,16	221,61	18,52	1,09	0,19	0,02*	103,84	19,18	6668,76**
Error B	131,27	90,46	120,74	52,61	0,19	0,24	1,40E-03	42,7	3,35	132,72
Línea	263,31	515,04**	1240,35**	733,82**	18,34	1,61	3,80E-03	555,83**	18,01*	2222,47**
Línea*Tutorado	134,03	62,53	45,69	25,94	0,97	0,57	0,01**	28,24	10,15	234,16
Error C	109,08	53,27	37,19	26,11	0,56	0,66	2,00E-03	50,44	5,15	235,83
Época* Tutorado	100,1	57,51	95,67	58,59	0,52	0,11	0,01*	40,2	8,44	56,07
Época*Línea	112,17	145,69**	130,83**	347,28**	2,17**	2,00**	4,30E-03	79,67	24,32**	264,06*
Época*Tutorado* Línea	110	36,24	52,7	35,23	0,71	0,69	2,50E-03	77,64	4,76	124,54
Np	654,9	59,21	5,29	1133,73	0,1	0,02	9,30E-04	0,12	55,86	3,49
Error D	87,52	31,11	42,73	51,44	0,51	0,47	2,40E-03	58,87	6,58	179,76
R ²	0,76	0,90	0,98	0,90	0,87	0,70	0,77	0,70	0,88	0,80
CV	15,14	5,43	10,91	26,41	11,99	10,57	8,26	14,58	26,35	19,01
V _{XY}	-0,51	-0,15	-0,05	-0,67	0,01	-2,9E-03	-6,0E-04	0,01	0,15	0,04

* = diferencias significativas; ** = diferencias altamente significativas

Días a floración (DF), días a cosecha en vaina verde (DC) altura de planta (AP) número de vainas por planta (NVP), peso de vaina con grano (PVG), número de granos por vaina (NGV), relación grano/vaina (RGV), peso de 100 granos (P100G), rendimiento (RTO) y porcentaje de vainas sanas (%VS).

Días a Cosecha en verde (DC)

En la interacción época por línea, se observó que en la **época I**, la línea UN5173 con 96,09 días a cosecha en verde, mostró diferencias con la línea UN5174 que presentó un promedio de 87,57 días. En la **época II** la línea UN5173 con 124,28 días fue más tardía que ILS3566, UN6651, ILS3572 y UN5174 con promedios que oscilaron entre 113,87 y 101,16 días. ILS3566 con 113,87 fue más tardía que ILS3572 y UN5174 con 106,16 y 101,6 días respectivamente. Para la **época III** no se presentaron diferencias significativas (Tabla 3). Casanova *et al.* (2012) afirman que el comportamiento relacionado con el período vegetativo en las especies cultivadas, está altamente influenciado por la constitución genética de las plantas, existiendo genotipos precoces y genotipos tardíos, característica importante para la selección de un material. En este caso el material con mayor precocidad fue UN5174 al presentar un mejor comportamiento dentro de las épocas I y II.

Tabla 3. Interacción época * línea para la variable de días a cosecha en verde (DC).

ÉPOCA I		ÉPOCA II		ÉPOCA III				
Línea	Promedio	Línea	Promedio	Línea	Promedio			
UN5173	96,09	A	UN5173	124,28	A	ILS3566	107,88	A
ILS3566	92,02	AB	ILS3566	113,87	B	UN6651	107,34	A
ILS3572	90,71	AB	UN6651	108,31	BC	UN5173	106,47	A
UN6651	90,06	AB	ILS3572	106,16	C	ILS3572	105,39	A
UN5174	87,57	B	UN5174	101,6	C	UN5174	102,7	A
Medias época	91,29	C		110,84	A		105,96	B

Diferencia honesta significativa de tukey (DHS=7,45)

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

En general en la época I los genotipos fueron más precoces que en las época II y III, lo cual se asocia a la menor precipitación observada en el primer mes de cultivo de la época I y su mayor temperatura durante todo su ciclo respecto a las otras dos épocas de siembra (Figuras 1 y 2). De igual manera en la época III los genotipos evaluados fueron más precoces que en la época II debido a la menor precipitación presentada en el último mes de cultivo de la época III. Según Mateo (1955), las lluvias excesivas antes de la floración afectan considerablemente al cultivo, al dar lugar a un desarrollo vegetativo prolongado, retrasando o reduciendo la floración y en casos extremos la pérdida total de la cosecha. Una forma de

disminuir este riesgo es mediante la utilización de variedades precoces, ya que su floración suele ser más uniforme.

Altura de Planta (AP)

La interacción época por línea mostró que en la **época I**, la línea UN5173 con un promedio de 27,94 cm, presentó diferencias significativas frente a UN6651 con 18,37 cm de altura. En la **época II**, UN5173 con 88,99 cm superó a los demás genotipos con promedios que oscilaron entre 79,54 y 77,25 cm. En la **época III**, nuevamente UN5173 mostró diferencias frente a las demás líneas con promedios entre 81,62 y 71,36 cm. UN5174 con 81,62 cm, obtuvo un mayor promedio que ILS3572 (70,28 cm) (Tabla 4).

Tabla 4. Interacción época * línea para la variable altura de planta (AP) (cm).

ÉPOCA I			ÉPOCA II			ÉPOCA III		
Línea	Promedio		Línea	Promedio		Línea	Promedio	
UN5173	27,94	A	UN5173	88,99	A	UN5173	96,73	A
UN5174	24,83	AB	UN5174	79,54	B	UN5174	81,62	B
ILS3566	22,31	AB	ILS3572	74,19	B	ILS3566	75,05	BC
ILS3572	20,88	AB	ILS3566	72,19	B	UN6651	74,51	BC
UN6651	18,37	B	UN6651	71,36	B	ILS3572	70,28	C
Medias								
época	22,86	B		77,25	A		79,64	A

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=8,74)

Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Para esta variable se observó la tendencia a una mayor altura del genotipo UN5173 en las diferentes épocas de siembra evaluadas, así como también, se pudo apreciar que el genotipo UN6651 siempre hizo parte de los de menor altura. Lo anterior está relacionado posiblemente con la constitución genética de los materiales mencionados. En general, las líneas evaluadas tuvieron menor altura de plantas en la época I como consecuencia de la menor precipitación recibida y la mayor temperatura en todo su ciclo de cultivo respecto a las otras dos épocas evaluadas, lo cual pudo afectar la capacidad de absorción y translocación de nutrientes en las plantas reduciendo su desarrollo; al respecto Moreno (2009) anota que las plantas con estrés hídrico presentan alteraciones en procesos

fisiológicos y metabólicos, como reducción en las tasas de fotosíntesis, disminución de la síntesis de proteínas totales y de las tasas de crecimiento.

Los resultados obtenidos confirman las observaciones realizadas por Georgieva *et al.* (2015) quienes encontraron diferencias significativas para altura de planta en sus estudios de adaptación y estabilidad en el cultivo de arveja, obteniendo una reacción altamente influenciada por el ambiente para este carácter.

Numero de vainas por planta (NVP)

En la **época I** las líneas UN5173, ILS3572 e ILS3566 con promedios entre 20,57 y 15,77 vainas por planta, fueron significativamente diferentes a UN5174 y UN6651 cuyos valores oscilaron entre 5,27 y 2,15 vainas. En la **época II**, las líneas UN6651 y UN5173 con promedios entre 46,93 y 43,28 mostraron diferencias significativas frente a ILS3566, ILS3572 y UN5174 con valores entre 33,03 y 25,32 vainas. En la **época III**, la línea UN5173, con 37,5 vainas por planta, fue significativamente superior a UN5174 (27,36 vainas) (Tabla 5).

Tabla 5. Interacción época * línea para la variable número de vainas por planta (NVP).

ÉPOCA I			ÉPOCA II			ÉPOCA III		
Línea	NVP		Línea	NVP		Línea	NVP	
UN5173	20,57	A	UN6651	46,93	A	UN5173	37,5	A
ILS3572	15,99	A	UN5173	43,28	A	UN6651	35,98	AB
ILS3566	15,77	A	ILS3566	33,03	B	ILS3566	35,96	AB
UN5174	5,27	B	ILS3572	29,82	B	ILS3572	32,41	AB
UN6651	2,15	B	UN5174	25,32	B	UN5174	27,36	B
Medias época	11,95	B		35,67	A		33,84	A

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=9,57).

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

La mejor respuesta de las líneas UN5173, ILS3572 e ILS3566 en la época I, donde se presentó una baja precipitación en el primer mes de cultivo y mayores temperaturas durante todo el ciclo productivo (Figuras 1 y 2), sugiere que bajo tales condiciones ambientales, estas líneas tuvieron una mejor expresión genética para este carácter. De igual manera, UN5173 y UN6651, obtuvieron promedios de NVP superiores en las épocas II y III, donde

las condiciones ambientales fueron de alta precipitación y no hubo deficiencias de humedad en floración ni en formación de vainas, lo cual permitió la expresión de su potencial productivo de mejor manera, reflejándose en los resultados de esta variable. Es importante resaltar que la línea UN5173, obtuvo el mayor promedio de altura y alta prolificidad en la producción de vainas por planta en las tres épocas, sugiriendo una asociación entre estas variables. Esto es posible si se tiene en cuenta que a mayor altura de planta se puede aumentar la presencia de nudos reproductivos, resultando en un incremento del número de vainas aunque en algunos genotipos se sacrifique el peso de las mismas. Lo anterior confirma los resultados obtenidos por Pandey y Gritton (1975) quienes encontraron que la altura de la planta estuvo positivamente correlacionada con el número de vainas por planta.

Peso de vaina con grano (PVG)

La interacción época por línea mostró que en la **época I**, la línea UN5174 con 7,95 g, presentó diferencias significativas frente a UN6651, UN5173, ILS3572 e ILS3566 con promedios que oscilaron entre 6,09 y 5,05 g. De igual manera, UN6651 con 6,09 g superó a ILS3572 e ILS3566 que obtuvieron promedios de 5,28 y 5,05 g respectivamente. En la **época II** sobresalieron UN5174 y UN6651 con 7,83 y 7,8 g superando a ILS3572, UN5173 e ILS3566 con promedios entre 6,15 y 5,3 g. En la **época III**, UN5174 con 6,19 g presentó diferencias significativas frente a UN5173 e ILS3566 con 4,71 y 4,56 g respectivamente. De igual manera, UN6651 superó a ILS3566 (4,56 g) (Tabla 6).

Tabla 6. Interacción época*línea para la variable peso de vaina con grano (PVG) (g).

ÉPOCA I			ÉPOCA II			ÉPOCA III		
Línea	Promedio		Línea	Promedio		Línea	Promedio	
UN5174	7,95	A	UN5174	7,83	A	UN5174	6,19	A
UN6651	6,09	B	UN6651	7,8	A	UN6651	5,48	AB
UN5173	5,61	B C	ILS3572	6,15	B	ILS3572	5,39	ABC
ILS3572	5,28	C	UN5173	5,54	B	UN5173	4,71	BC
ILS3566	5,05	C	ILS3566	5,3	B	ILS3566	4,56	C
Medias	6,00	A		6,53	A		5,27	B

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=0,9)

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

Los resultados mostraron que en las tres épocas las líneas UN5174 y UN6651 sobresalieron para peso de vaina con grano. Según Eberhart y Russel (1966), el genotipo ideal debe tener

el mayor rendimiento u otros rasgos de interés en un amplio rango de ambientes, por lo tanto, lo anterior probablemente se deba a que las características genéticas de estos genotipos les permiten obtener un mejor resultado para esta variable a diferentes condiciones climáticas.

Por otra parte, aunque UN5174 mostró un alto promedio para esta variable, presentó también los menores promedios en el número de vainas por planta. 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. Adams (1967) en la especie frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) propuso la teoría de compensación para los componentes de rendimiento, en donde hace una explicación amplia de este fenómeno, indicando que no es inesperado que la selección basada en componentes individuales, falle al intentar incrementar el rendimiento total. En arveja se han reportado compensaciones entre el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina (Moot and McNeil, 1995) o entre número y peso de las semillas (Sarawat *et al.*, 1994).

Los mayores promedios presentados por los genotipos en las épocas I y II para PVG, están relacionados con la mayor disponibilidad de agua en el periodo de formación de vainas y llenado de grano (tercer y cuarto mes del cultivo) (Figura 1), mientras que en la época III las plantas estuvieron expuestas a condiciones más secas para el mismo periodo. Polanía (2011) reporta que el estrés por sequía tiene un marcado efecto sobre el llenado de grano, lo cual confirma los resultados obtenidos para PVG en la presente investigación.

Número de granos por vaina (NGV)

La interacción época por línea mostró que en las **épocas I y II**, no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos evaluados. En la **época III**, la línea UN5174 con un promedio de 7,6 granos por vaina, superó a ILS3566, ILS3572 y UN5173 con promedios que oscilaron entre 6,26 y 5,64. De igual manera, UN6651 con 6,76, presentó diferencias frente a UN5173 (5,64) (Tabla 7).

Tabla 7. Interacción época*línea para la variable número de granos por vaina (NGV)

ÉPOCA I			ÉPOCA II			ÉPOCA III		
Línea	Promedio		Línea	Promedio		Línea	Promedio	
ILS3566	6,58	A	ILS3566	7	A	UN5174	7,6	A
ILS3572	6,45	A	UN5173	6,88	A	UN6651	6,76	AB
UN5174	6,39	A	UN5174	6,71	A	ILS3566	6,26	BC
UN5173	6,31	A	ILS3572	6,64	A	ILS3572	6,12	BC
UN6651	6,27	A	UN6651	6,19	A	UN5173	5,64	C

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=0,92).

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

Ney *et al.* (1994) demostró que el número de granos por vaina se ve muy afectado por el estrés hídrico. Sus investigaciones sugieren que la planta de arveja responde a la sequía reduciendo el número de semillas o movilizándolo sus reservas para mantener una tasa de crecimiento de semillas constante. Aunque en la presente investigación no se presentaron condiciones extremas de sequía, si se observó disminución drástica en la precipitación durante el último mes de cultivo para la época III, lo cual afectó principalmente a la línea UN5173, encontrándose una reducción significativa de los granos por vaina, indicando una desadaptación al ambiente de esta época. Caso contrario se observó en UN5174 y UN6651 que mostraron la mejor repuesta para NGV en esta época, lo cual sugiere diferencias en la constitución genética de estas líneas que les permite responder mejor a este ambiente.

En general, en la época III de siembra, los promedios estuvieron entre 5,64 y 7,6 lo cual indica que entre los genotipos evaluados, hay líneas que tienen promedios similares al de las variedades comerciales Andina y Sindamanoy que presentan 6,73 y 7,00 granos por vaina respectivamente, indicando que los genotipos evaluados no tendrían problemas de aceptación comercial desde el punto de vista de número de granos por vaina. Según Ligarreto y Ospina (2009) lo deseable es un número igual o superior a seis granos por vaina.

Relación grano/vaina (RGV)

En esta variable, se encontraron diferencias significativas para las interacciones tutorado por línea y época por tutorado (Tabla 2). Para la interacción tutorado por línea, en el sistema de tutorado vertical (TV), la línea UN6651 presentó un promedio de 0,65 superando

a UN5174 e ILS3572 con promedios de 0,58 y 0,56 respectivamente. De igual forma, UN5173 con 0,64, mostró diferencias frente a ILS3572 (0,56). En el tutorado horizontal (TH), UN5174 con 0,63 presentó diferencias significativas frente a UN5173 con 0,56. En el sistema sin tutor (ST), no se observó diferencias significativas para esta variable (Tabla 8).

Tabla 8. Interacción tutorado*línea para la variable relación grano-vaina (RGV).

TUTORADO VERTICAL			TUTORADO HORIZONTAL			SIN TUTOR		
Línea	Promedio		Línea	Promedio		Línea	Promedio	
UN6651	0,65	A	UN5174	0,63	A	UN5173	0,6	A
UN5173	0,64	AB	ILS3566	0,59	AB	UN5174	0,6	A
ILS3566	0,60	ABC	UN6651	0,58	AB	UN6651	0,56	A
UN5174	0,58	BC	ILS3572	0,57	AB	ILS3566	0,54	A
ILS3572	0,56	C	UN5173	0,56	B	ILS3572	0,54	A
Medias tutorado 0,61 A			0,59 AB			0,57 B		

DMS: Diferencias mínimas significativas (DMS=0.06)

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

Por otra parte, los resultados mostraron que la línea UN6651 obtuvo una mejor respuesta bajo el sistema de tutorado vertical en comparación con los otros sistemas. Es importante tener en cuenta que UN6651 muestra una arquitectura de planta diferente a las demás líneas, caracterizada por la presencia de tallos y ramas laterales más anchas abiertas y hojas con folíolos y sin zarcillos que se denominan hoja de acacia. Este tipo de arquitectura de planta se vio favorecida por el tutorado vertical, mientras que en el tutorado horizontal pudo verse parcialmente afectada porque en este sistema las ramas se obligan a cerrarse debido al encanastillado lo cual pudo influir levemente en la translocación de nutrientes que fueron más a la vaina que al grano. La línea más favorecida por el tutorado horizontal fue UN5174 que pasó al grupo de líneas con mejor relación grano vaina, debido a que su tipo de planta es más erecta y sus ramas laterales menos abiertas, lo cual hizo que este sistema no afectara sus estructuras y la expresión genética de este carácter no se viera limitada.

En contraste la línea UN5173 que en el sistema de tutorado vertical estuvo dentro de los mayores promedios, mostró en el sistema horizontal menor valor que UN5174, lo cual sugiere que esta línea (UN5173) al igual que UN6651 también se vea afectada por

estrechamiento de las plantas que resulta del encanastillado propio del sistema de tutorado horizontal, reduciendo la relación grano vaina.

En la interacción época por tutorado para la variable RGV, se encontró que dentro de la **época I**, el tutorado horizontal (TH) con 0,59, presentó diferencias significativas frente al testigo sin tutor (ST), con un promedio de 0,53. En las **épocas II y III**, las condiciones ambientales no fueron determinantes para establecer diferencias entre los sistemas tutorados para esta variable (Tabla 9).

Tabla 9. Interacción época*tutorado para la variable relación grano/vaina (RGV).

ÉPOCA I			ÉPOCA II			ÉPOCA III		
TH	0,59	A	TV	0,59	A	TV	0,65	A
TV	0,57	AB	ST	0,57	A	TH	0,61	A
ST	0,53	B	TH	0,56	A	ST	0,61	A

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=0,05)

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

Este resultado indica que la relación grano vaina estuvo influenciada por las condiciones de baja precipitación del primer mes de cultivo de la época I, en la cual las plantas mostraron un bajo desarrollo final y en estas condiciones ambientales el sistema TH logró direccionar más fotosintatos al grano que el sistema ST. Según Enríquez y Chamorro, (2014) el aumento en la relación grano vaina (RGV) es una característica deseable para las variedades comerciales debido a la preferencia de los comercializadores de arveja en fresco por vainas de valvas delgadas, en donde el peso de la vaina con grano depende más del grano que de la vaina, característica que con la implementación de sistemas de tutorado, se puede alcanzar y favorecer.

Peso de 100 granos (P100G)

Según el Andeva (Tabla 2) para esta variable solo hubo significancia en los efectos simples de época y líneas. La comparación de medias para épocas mostró que la **época II** con un promedio de 55,48 gramos, presentó diferencias significativas frente a la **época I** (50,96 g) (Tabla 10). Lo anterior indica que las condiciones ambientales de precipitación uniforme y

constante presentadas en la época II (abril a junio), influyeron positivamente para aumentar el peso de grano de los genotipos evaluados, mientras que en la época I, caracterizada por bajas precipitaciones en el primer mes después de la siembra y mayores temperaturas durante todo el ciclo de cultivo (Figuras 1 y 2), se observó el efecto contrario reduciendo el promedio para esta variable. La **época III**, no mostró diferencias con las otras dos épocas evaluadas.

Tabla 10. Comparación de promedios para el factor época en la variable peso de 100 granos (P100G) (g).

ÉPOCA	Promedio	
Época II	55,48	A
Época III	51,45	AB
Época I	50,96	B

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

Por otra parte, para el factor línea se observó que el genotipo UN5174 con 60,58 g superó a ILS3572, UN5173 e ILS3566 con promedios que oscilaron entre 50,36 y 46,79 g. UN6651 con 55,5 g, presentó diferencias significativas frente a ILS3566 (46,79 g) (Tabla 11).

Tabla 11. Comparación de promedios para el factor línea en la variable peso de 100 granos (P100G) (g).

LÍNEA	Promedio	
UN5174	60,58	A
UN6651	55,5	A B
ILS3572	50,36	B C
UN5173	49,92	B C
ILS3566	46,79	C

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

El peso de grano es una característica que tiende a ser altamente heredable (Singh *et al*, 2011), por lo tanto las diferencias entre genotipos tienden también a mantenerse aun cuando cambien las condiciones ambientales; por esta razón no se encontró significancia en la interacción época por línea. En consecuencia los mejores resultados de las líneas UN5174 y

UN6651 se atribuyen a su constitución genética. En general, los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango propuesto por Mayorga (2016), quien en su investigación sobre rasgos morfoagronómicos de genotipos de arveja, reportó pesos máximos de 69,67 g y mínimos de 43,03 g para esta variable.

Rendimiento (RTO)

Se obtuvo significancia para la interacción época por línea (Tabla 2). En la **época I** la línea UN5173 con 8,41 ton.ha⁻¹ mostró diferencias significativas respecto a ILS3572 que presentó un rendimiento de 4,44 ton.ha⁻¹. UN5174, ILS3566 y UN6651 alcanzaron rendimientos intermedios con 5,9, 5,84 y 5,64 ton.ha⁻¹. En el caso de la **época II**, la línea UN6651 con 16,67 ton.ha⁻¹ superó a UN5173, ILS3566 e ILS3572, que presentaron una media de 12,59 a 9,96 ton.ha⁻¹. De la misma forma, UN5174 con 14,7 ton.ha⁻¹, mostró mayor rendimiento que ILS3572 (9,96 ton.ha⁻¹). En la **época III**, UN6651 con 13,91 ton.ha⁻¹ fue superior a las líneas ILS3566 e ILS3572 que obtuvieron 9,42 y 7,59 ton.ha⁻¹ respectivamente (Tabla 12).

Tabla 12. Interacción época*línea para la variable de rendimiento (RTO) (ton.ha⁻¹).

ÉPOCA I		ÉPOCA II		ÉPOCA III	
Línea	Promedio	Línea	Promedio	Línea	Promedio
UN5173	8,41	UN6651	16,67	UN6651	13,91
UN5174	5,9	UN5174	14,7	UN5174	10,56
ILS3566	5,84	UN5173	12,59	UN5173	9,57
UN6651	5,64	ILS3566	10,87	ILS3566	9,42
ILS3572	4,44	ILS3572	9,96	ILS3572	7,59
Media época	6,04		12,96		10,21

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=3,43)

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

En general, el rendimiento de las épocas de siembra II y III con promedios de 12,96 y 10,21 ton.ha⁻¹, fue superior al obtenido en la época I que alcanzó un valor de 6,04 ton.ha⁻¹ (Tabla 12). El mejor comportamiento de la línea UN5173 en la época I indica que es un genotipo

que responde bien a condiciones de estrés por sequía en las primeras etapas del cultivo, esta misma línea obtuvo el mayor promedio de NVP lo cual pudo contribuir a este resultado. Según Gonzáles y Ligarreto (2006), existe una correlación positiva entre el rendimiento y las variables: número de vainas por planta, ramas secundarias, altura del primer nudo y días a floración. Este grado de asociación se encontró constantemente en evaluaciones de arveja, ya que el rendimiento depende de la compensación de sus componentes, siendo el número de vainas el de mayor incidencia.

En las épocas II y III sobresalió la línea UN6651 con 16,67 y 13,91 ton.ha⁻¹ mientras que en la época I, obtuvo 5,64 ton.ha⁻¹; por otra parte, la línea UN5173 mostró un desempeño intermedio, lo cual demuestra un comportamiento diferencial de las líneas a través de los tres ambientes (épocas I, II y III). El resultado sugiere, que la línea UN5173 responde mejor a la primera condición ambiental (época I) mientras que UN6651 es la de mejor respuesta en las otras dos (épocas II y III) caracterizadas por mayor precipitación desde el inicio del cultivo hasta la época de formación de vainas. Según Prieto y Antonelli (2007), el comportamiento desde el punto de vista productivo de tres cultivares de arveja en dos fechas de siembra, evidenció una producción diferenciada de materia seca y rendimiento entre cada material y ambiente evaluado.

Por otra parte, la línea UN5174 a pesar de presentar el menor número de vainas por planta, estuvo entre los mejores promedios de rendimiento dentro de las tres épocas de siembra evaluadas, mostrándose promisorio por su consistencia a través de los ambientes y capacidad productiva. Estos resultados confirman lo reportado por Muñoz, (2012), quien en la evaluación de 20 genotipos de arveja arbustiva en el sur del Departamento de Nariño, encontró que la línea UN5174 estuvo entre las de mayor rendimiento, mostrando un comportamiento estable y predecible. En contraste la línea UN5173, que obtuvo un alto número de vainas en las tres épocas de estudio, solo logró alto rendimiento en la época I y valores intermedios a bajos en las épocas II y III. Al respecto los estudios realizados por Cuarán y Ortega (2011), indican que el hecho de presentar un alto número de vainas por planta, no siempre significa altos niveles de rendimiento. Es posible que la cantidad de energía requerida para lograr un alto número de vainas por planta, en algunos genotipos

genere un desequilibrio, en especial si no se cuenta con las condiciones apropiadas para su normal desarrollo, o si bajo ciertas condiciones ambientales se altera su normal desarrollo produciéndose desadaptación, lo cual se refleja en el aumento o la reducción de follaje y disminución del rendimiento esperado.

Bravo (1987) propone para arveja en vaina verde un rango de 4 a 8 ton.ha⁻¹ cuando todas las condiciones de producción son las apropiadas. Lo anterior se cumplió para la época I (6,04), sin embargo en las épocas II (12,96) y III (10,21), el promedio de los genotipos evaluados superaron este rango. Los trabajos de investigación para arvejas arbustivas reportan resultados de rendimiento muy variables que van desde los más bajos, como los obtenidos por Riojas y Ugas, (2003) de 3,6 ton.ha⁻¹, hasta los más altos, como los reportados por Celis y Prett (1995) de 20,7 ton.ha⁻¹.

Porcentaje de vainas sanas (%VS)

En esta variable se encontró diferencias significativas para la interacción época por línea y para el factor simple tutorado (Tabla 2). La interacción época por línea mostró que en la **época I**, los genotipos no presentaron diferencias significativas. En la **época II**, la línea UN6651 con el 93,96% de sanidad de las vainas, mostró diferencias al 5% de probabilidad, frente a UN5174, ILS3572 y UN5173 que alcanzaron promedios entre 66,79% y 57,09%. En la **época III** la línea UN6651 continúa presentando el mejor porcentaje de vainas sanas con 89,05% superando a las demás líneas con promedios entre 66,16 y 55,58% (Tabla 13).

Tabla 13. Interacción época*línea para la variable porcentaje de vainas sanas (%VS).

ÉPOCA I			ÉPOCA II			ÉPOCA III		
Línea	Promedio		Promedio			Línea	Promedio	
UN6651	82,94	A	UN6651	93,96	A	UN6651	89,05	A
UN5174	78,21	A	ILS3566	72,91	AB	ILS3566	66,16	B
ILS3566	68,8	A	UN5174	66,79	B	ILS3572	66,06	B
UN5173	66,97	A	ILS3572	63,89	B	UN5174	62,08	B
ILS3572	66,49	A	UN5173	57,9	B	UN5173	55,58	B

Diferencia honesta significativa de Tukey (DHS=22,43)

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

A través de las tres épocas de siembra evaluadas, se observó la presencia de diferentes fitopatógenos dependiendo de las condiciones ambientales enfrentadas. Para la **época I** se encontraron periodos de baja humedad al inicio del ciclo del cultivo pero altas precipitaciones al final del mismo, favoreciendo el ataque del complejo de patógenos *Ascochyta pisi* y *Colletotrichum pisi*, afectando la calidad de las vainas. Para la **época II** las constantes precipitaciones alternadas con días soleados en la etapa llenado de grano (mes 4) y para la **época III** las lloviznas frecuentes alternadas también con el tiempo seco en el mismo periodo, favorecieron el ataque en mayor grado de *Oídium erysiphoides* Fr., en los genotipos más susceptibles, afectando la calidad de las vainas. Este patógeno se ve influenciado por las variaciones de temperatura con presencia de días lluviosos y veranillos cortos (Hagedorn, 1984; Tamayo, 2000). De igual manera se observó en las vainas el complejo *Ascochyta*- antracnosis aunque en menor proporción. Según Mera *et al.* (2007), la elevada incidencia a enfermedades en ambientes altamente húmedos, conlleva a correr el riesgo de perder una alta proporción de la producción por deterioro de vainas. Es por esta razón, que al observar los resultados en las épocas II y III donde la línea UN6651 presentó los más altos promedios de sanidad en vaina (>85%), en comparación con los demás genotipos, que oscilaron entre 54,03 y 76.73 % de vainas sanas, se consideró al genotipo UN6651 como promisorio para ser tenido en cuenta en las futuras evaluaciones por reacción al patógeno, *Oídium erysiphoides* Fr. Por otra parte, en la fuente de variación tutorado, tanto el sistema vertical (TV) como el sistema horizontal (TH), presentaron el mejor porcentaje de sanidad con 78,2% y 76,9% respectivamente, superando al testigo ST que obtuvo el menor promedio con (56,46%) (Tabla 14).

Tabla 14. Comparación de medias para el factor tutorado en la variable de porcentaje de vainas sanas (% VS).

SISTEMA	Promedio Sistema	
TV	78,2	A
TH	76,9	A
ST	56,46	B

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

En las tres épocas de siembra, se observó la presencia de enfermedades en vainas de las líneas manejadas principalmente bajo el sistema sin tutor, cuya producción se postró quedando en contacto directo con el suelo, siendo afectados por los patógenos anteriormente nombrados. Por esta razón, se demuestra que los sistemas de tutorado vertical (TV) y horizontal (TH), son una interesante alternativa para lograr vainas más sanas bajo condiciones de alta humedad, al evitar el contacto de las vainas con el suelo, siendo menos afectadas por los patógenos fungosos, lo cual representa una ventaja desde el punto de vista de la sanidad del producto final.

Análisis económico

Costos Variables. Basados en los resultados obtenidos en la presente investigación, se calculó los costos variables de la implementación de tutorado en el cultivo de arveja arbustiva, donde se incluyeron unidades y valores de fibra, postes y mano de obra requerida en los sistemas evaluados (tutorado horizontal, tutorado vertical y el testigo sin tutor) (Tabla 15). Igualmente se incluyen los costos de capital, teniendo en cuenta la tasa de interés anual de 33,5%, que tomada para los cuatro meses durante los cuales se manejó el cultivo, fue del 11,7%. Así para el sistema vertical, se obtuvo un costo variable de \$ 4.422.426, para el sistema de tutorado horizontal \$ 4.154.346 y para el testigo sin tutor, un costo variable de \$ 0 (Tabla 15).

Tabla 15. Costos variables para los sistemas de tutorado horizontal, vertical y el testigo (sin tutor).

FACTOR DE COSTO	Valor Unitario	TUTORADO VERTICAL		TUTORADO HORIZONTAL		TESTIGO	
		Unid	subtotal	Unid	subtotal	Unid	subtotal
Postes (5m)	600	5332	3199200	5332	3199200	0	0
Fibra (Rollo 750m)	8000	30	240000	0	0	0	0
Fibra (Rollo 3000m)	8000	0	0	45	360000	0	0
Fibra (Rollo 5000m)	8000	25	200000	0	0	0	0
Jornales	16000	20	320000	10	160000	0	0
Subtotal			3.959.200		3.719.200		0
Costos de Capital			463.226	0	435.146		0
Total costos			4.422.426		4.154.346		0

variables

*Tasa de interés por año=11,7%

Ingreso Total e Ingreso Neto. Al no observar diferencias significativas para el factor tutorado en la variable rendimiento (Tabla 2), se tomó el promedio de los tres sistemas (tutorado vertical, horizontal y sin tutor) como rendimiento corregido que junto a los resultados de porcentaje de vainas sanas (%VS) obtenido para cada época, se realizó un ajuste del rendimiento por porcentaje de sanidad (Tabla 16), siendo este un factor más preciso para la asignación del precio en el mercado (\$120.000 por bulto de 52 kilos) que equivale a un valor de \$2.307.692 por tonelada de arveja con buena calidad en vaina verde, necesario para el cálculo del ingreso total e ingreso neto de cada uno de los tratamientos.

Tabla 16. Rendimiento, Ingreso total e ingreso neto, para cada sistema de tutorado en cada época por sistema de tutorado.

Tratamientos		RTO (ton.ha ⁻¹)		RTO Corregido (ton.ha ⁻¹)	%Sanidad		Ajuste de RTO por % de sanidad (ton.ha ⁻¹)	Ingreso Total	Ingreso Neto
Época I	TV	6,5	A	6,04	80,23	A	4,84	11.169.229	6.760.400
	TH	6,1	A	6,04	78,84	A	4,76	10.984.614	6.834.735
	ST	5,5	A	6,04	58,98	B	3,56	8.220.904	8.220.904
Época II	TV	13,7	A	12,95	79,94	A	10,19	23.528.307	19.373.960
	TH	13,3	A	12,95	78,69	A	10,35	23.902.057	19.479.630
	ST	11,8	A	12,95	54,64	B	7,08	16.337.358	16.337.358
Época III	TV	11,4	A	10,21	74,42	A	7,60	17.534.495	13.112.068
	ST	9,9	A	10,21	73,18	A	7,48	17.242.332	17.242.332
	TH	9,3	A	10,21	55,76	B	5,70	13.137.912	8.983.566

Análisis de dominancia

Al enfrentar los tratamientos, se logró establecer que para las épocas I y III el sistema vertical (TV) y horizontal (TH) resultaron dominados, debido a que el testigo sin tutor (ST) obtuvo mayor ingreso neto, sin aumentar sus costos variables. Para la época II, todos los sistemas resultaron no dominados (Tabla 17).

Tasa de Retorno Marginal (TRM)

Para las **épocas I y III**, en el sistema sin tutor los ingresos netos de producción de arveja en verde fueron de \$ 8.220.904 y \$ 17.242.332 respectivamente, presentando costos variables por tutorado de \$0, haciendo de este el sistema más viable económicamente en comparación a los sistemas de tutorado horizontal y vertical. Por lo tanto no fue necesario realizar el análisis de la Tasa de Retorno Marginal.

Tabla 17. Dominancia para los tres sistemas de tutorado en cada época.

Tratamiento	Ingreso Neto	Costos Variables	
Época I			
Sin tutor	8.220.904	0	ND
Tutorado Horizontal	6.834.735	4.154.346	D
Tutorado Vertical	6.760.400	4.422.426	D
Época II			
Tutorado Vertical	19.479.630	4.422.426	ND
Tutorado Horizontal	19.373.960	4.154.346	ND
Sin Tutor	16.338.459	0	ND
Época III			
Sin tutor	17.242.332	0	ND
Tutorado Vertical	13.112.068	4.422.426	D
Tutorado Horizontal	8.983.566	4.154.346	D

En la **época II** el análisis económico del presupuesto parcial, indicó que la opción económica más favorable para agricultores con recursos limitados, fue el manejo del tratamiento sin tutor, el cual alcanzó un beneficio neto parcial de \$16.338.459 con un costo variable de \$0; sin embargo si el agricultor está en condiciones económicas y cuenta con los recursos para adoptar una nueva tecnología e incrementando los costos variables en \$4.154.346, puede acceder a la siembra de materiales arbustivos bajo el sistema de tutorado horizontal, logrando aumentar sus ingresos netos en \$3.036.603, sobre los ingresos ya obtenidos, con una tasa de retorno marginal de 73% que indica que por cada \$100 invertidos en el cambio del sistema sin tutor, al sistema horizontal, se obtendría una ganancia adicional de \$73 (Tabla 18). Si se cuenta con mayores recursos es posible pasar al sistema de tutorado vertical para lo cual es necesario aumentar a los costos variables del

sistema anterior (horizontal) en un valor de \$105.670, permitiendo incrementar el ingreso neto en \$268.080 adicionales, lo cual representa una TRM de 39% que indica que por cada \$100 pesos invertidos en el paso del sistema vertical a horizontal se recibe un retorno de \$39.

Tabla 18. Tasa de retorno marginal.

	Ingreso neto	Costos variables	Beneficio en ingreso neto	Incremento en costo variable	TRM
Época II					
TV	19.479.630	4.422.426	105.670	268.080	39%
TH	19.373.960	4.154.346	3.036.603	4.154.346	73%
ST	16.338.459	0	0		

CONCLUSIONES

La línea UN6651 presentó los mejores rendimientos, sanidad, peso de vaina con grano y número de granos por vaina en las épocas de siembra II (abril) y III (mayo) de mayor disponibilidad de agua para de cultivo.

La línea UN5174 presentó mayor precocidad y alto rendimiento, siendo consistente a través de las tres épocas de siembra.

Los sistemas de tutorado horizontal y vertical presentaron los mayores promedios de sanidad de vainas.

Las épocas de siembra II (abril) y III (mayo), presentaron las condiciones ambientales que permitieron la mejor respuesta de las líneas estudiadas.

La mayor viabilidad económica la presentó el sistema no tutorado en las épocas I (marzo a junio) y III (mayo a agosto) de menor precipitación.

La tasa de retorno marginal de los tutorados vertical y horizontal, fue favorable para el agricultor en la época II (abril a julio).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, M. W. 1967. Basis of yield component compensation in crop Plants with special referece to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. Crop Science. 7: 505 - 510.
2. BRAVO, M., 1987. El Cultivo de arveja. El campesino. 118(3): 48 - 62.
3. CASANOVA, E., SOLARTE, J. y 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.
4. CELIS, A. y PRETT, G. 1995. Producción Estival de Arvejas en la Costa Interior en la Décima Región. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico Remehue. No. 232. Chile. pág. 12.
5. CHECA, O. 2014. Investigación para el mejoramiento de la tecnología de producción de arveja (*Pisum sativum* L.) en el departamento de Nariño. En: <http://www.ucc.edu.co/pasto/prensa/2014/Documents/1->; consulta: septiembre, 2016.
6. CUARÁN, P.; ORTEGA, A. 2011. Evaluación de 15 Lineas Promisorias de Arveja (*Pisum sativum*L.) en Cinco Municipios de la Zona del Sur del Departamento de Nariño. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. 14p.
7. DANE. 2013. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). En: <https://www.dane.gov.co>; consulta: octubre, 2016.
8. ENRÍQUEZ, M.; CHAMORRO, S. 2014. Evaluación de 20 Líneas de Arveja (*Pisum sativum* L.) Afila por Reacción a Oidio (*Oidium erysiphoides* Fr) y Rendimiento en el Departamento De Nariño. Universidad de Nariño. 22 p. En:

<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/bibliotecavirtual/viewer.aspx?&var=90563;consulta: noviembre, 2016>

9. EBERHART, S.; RUSSEL, W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.
10. FENALCE. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES. 2010. El Cultivo de Arveja, Historia e Importancia. En: fenalce.org/arch_public/arveja93.pdf; consulta: septiembre, 2016.
11. GEORGIEVA, N.; NIKOLOVA, I.; KOSEV, V. 2015. Adaptation and stability of field peas (*pisum sativum* l.) cultivars. *Journal of Global Agriculture and Ecology*. 3(1): 1- 10
12. GONZÁLES, F. y LIGARRETO, G. 2006. Rendimiento de Ocho Genotipos Promisorios de Arveja Arbustiva (*Pisum sativum*L.) Bajo Sistema de Agricultura Protegida. *Fitotecnia Colombiana*. 61p.
13. HAGEDORN, O.J. 1984. Compendium of pea disease. The American phylopatological society. Minnesota. 57p.
14. IDEAM. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. 2016. Departamento Administrativo de Estadística. En: www.ideam.gov.co; consulta: octubre, 2016.
15. LIGARRETO, G. y OSPINA A. 2009. Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agron. colomb.* 27(3):333-339.
16. MATEO BOX, J. 1955. Guisante: variedades y cultivo. Instituto nacional de Semillas Selectas. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. p. 187.
17. MAYORGA, F. 2016. Evaluación de rasgos morfoagronómicos del grano de arveja (*Pisum sativum* L.) en ambientes de clima frío del departamento de Cundinamarca. Trabajo de grado para optar al título de Magister. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias Bogotá, Colombia.97p.
18. MERA, M., KEHR E., MEJÍAS, J., IHL M.; BIFANI, V. 2007. Investigación arvejas (*Pisum sativum* L.) de vaina comestible “sugar snap”: antecedentes y comportamiento en el sur de Chile. *Agricultura técnica*. 67(4):343-352.

19. MORENO, F. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. *Agronomía Colombiana*. 27(2), 179-191, 200.
20. 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.
21. MUÑOZ, A. 2012. Interacción Genotipo Ambiente de 20 Líneas de Arveja Arbustiva *Pisum sativum* L. para Cinco Municipios de la Zona del Departamento de Nariño. Pasto. Nariño. 55. En: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/bibliotecavirtual/viewer.aspx?&var=85214>; consulta: octubre, 2016.
22. NEY, B., DUTHION, C.; TURC, O. 1994. Phenological response of pea to water stress during reproductive development. *Crop Science*, Madison. 34:141-146.
23. PANDEY, S.; GRITTON, E.T. 1975. Genotypic and phenotypic variances and correlations in peas. *Crop Sci*. 15:353 - 356.
24. PERRIN, R.; WINKELMAN, D.; MOSCARDI, E; ANDERSON, J. 1976. Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27. México, CIMMYT. 54p.
25. POLANÍA, J. 2011. Identificación de características morfofisiológicas asociadas a la adaptación a sequía para ser usadas como criterios de selección en mejoramiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia – sede Palmira. 110p.
26. PRIETO, G.; ANTONELLI, M. 2007. Evaluación de cultivares de Arveja (*Pisum sativum*) en el sur de Santa Fe Argentina.
27. RIOJAS, R.; UGAS, R. 2003. Ensayo Comparativo de Cultivares de Arveja Verde (*Pisum sativum* L.) en Pucará, Huancayo. Programa de Hortalizas. Universidad Nacional Agraria de La Molina. Lima, Perú.
28. SARAWAT, P.; STODDARD, F.L.; MARSHALL, D.R. & ALI, S.M. 1994. Heterosis for yield and related characters in pea. *Euphytica*. 80: 39 - 48.

29. SINGH, A.; SINGH, S.; PRASAD, J. 2011. Heritability, Character Association and Path Analysis Studies in Early Segregating Population of Field Pea (*Pisum sativum* L. *var avense*). International Journal of Plant Breeding and Genetics. 1819 - 3595. doi: 10.3923/ijpbg.2011.
30. TAMAYO, J. 2000. Enfermedades del cultivo de arveja en Colombia: Guía de reconocimiento y control. Boletín técnico. Fondo Nacional de Leguminosas. Bogota, Colombia. 50p.