

**EVALUACIÓN DE 20 LINEAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) AFILA POR  
REACCION A OIDIO (*Oidium erysiphoides* Fr.) Y RENDIMIENTO EN EL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**MARTHA ENRIQUEZ E.  
SORAIDA CHAMORRO Q.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2014**

**EVALUACIÓN DE 20 LINEAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) AFILA POR REACCION A OIDIO (*Oidium erysiphoides* Fr.) Y RENDIMIENTO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**MARTHA ENRIQUEZ E.  
SORAIDA CHAMORRO Q.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera Agrónoma**

**Asesor:  
Oscar Checa C.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2014**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

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

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

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2014

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	7
MATERIALES Y METODOS.....	9
RESULTADOS Y DISCUSION .....	13
CONCLUSIONES.....	24
BIBLIOGRAFIA .....	24

**EVALUACIÓN DE 20 LINEAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) AFILA POR REACCION A OIDIO (*Oidium erysiphoides* Fr.) Y RENDIMIENTO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**EVALUATION OF 20 AFILA PEA LINES (*Pisum sativum* L.) BY REACTION TO POWDERY MILDEW (*Oidium erysiphoides* Fr.) AND YIELD IN DEPARTAMENTO NARIÑO.**

Martha Enriquez E. <sup>1</sup>, Soraida Chamorro Q. <sup>1</sup>, Oscar Checa C. <sup>2</sup>

**RESUMEN**

Las variedades de arveja de uso más frecuente en Nariño presentan hábito de crecimiento voluble, hojas compuestas normales, porte alto y abundante ramificación que dificulta los procesos de tutorado haciéndolos más costosos, además son afectadas por el oidio (*Oidium erysiphoides* Fr.) el cual produce pérdidas entre el 10 y el 65%. Existen líneas de arveja voluble con gen afila generadas por la Universidad de Nariño, que cambian las hojas por zarcillos modificando la arquitectura de la planta y facilitando los procesos de tutorado. La presente investigación se realizó en la granja Lope del SENA, Pasto, Colombia, con el objetivo de evaluar 20 líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) con gen afila, por reacción a oidio (*Oidium erysiphoides* Fr.) y componentes de rendimiento. El estudio se dividió en dos fases; en la primera se evaluó la severidad del patógeno (% del área foliar afectada) y el rendimiento en vaina verde y en la segunda se evaluó el potencial de rendimiento y sus componentes en las 20 líneas afila en condiciones controladas de enfermedades foliares. La línea UNAF179 obtuvo el mejor comportamiento frente a *O. erysiphoides* con el 18% de severidad que le permitió alcanzar una calificación de resistente. El 40% de las líneas tuvieron una reacción moderadamente resistente al patógeno y un rendimiento similar a Andina y Sindamanoy. UNAF174 presentó moderada resistencia y rendimiento superior a la variedad Andina e igual a Sindamanoy.

**Palabras clave:** genotipos, mildeo, severidad, resistencia, componentes de rendimiento.

---

Trabajo de grado para optar al título de ingenieras agrónomas 2014

Facultad de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto - Colombia

<sup>1</sup> Estudiantes ingeniería agronómica. Facultad de ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: Ah\_tram14@hotmail.com; floribel1991@hotmail.com

<sup>2</sup> Profesor Asociado. I.A. Ph. D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: ochecha@udenar.edu.co

## ABSTRACT

The pea varieties most commonly used in Nariño present habit of fickle growth, normal compound leaves, good size and abundant branching that hinder tutoring processes, making them more expensive, also, they are affected by powdery mildew (*Oidium erysiphoides* Fr.) which produces yield loss 10 and 65%. Exist fickle pea lines with afila gene generated by the University of Nariño which changes the leaves to tendrils modifying plant architecture and facilitating the tutoring process. The investigation was made at Lope, SENA's farm (National Service Learning) in Pasto-Colombia, with the objective of evaluating 20 pea lines (*Pisum sativum* L.) with afila gene, by reacting to powdery mildew (*Oidium erysiphoides* Fr.) and yield component. The study was divided into two phases; in the first phase was evaluated pathogen severity (% leaf area affected) and green pod yield, in the second phase was evaluated potential yield and its components in the 20 afila lines under controlled foliar diseases. The UNAF179 line obtained the best performance versus *O. erysiphoides* with 18% severity that allowed it to achieve a rating of resistant. 40% of the lines had a moderately strong reaction to the pathogen and a similar performance to Andina and Sindamanoy class. UNAF174 showed moderate resistance and higher yield than the Andina variety and equal to Sindamanoy variety.

**Keywords:** genotypes, powdery mildew, severity, resistance, yield components.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la arveja (*Pisum sativum* L.), después del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), es la leguminosa de mayor importancia (Fenalce, 2010) con 31.155 hectáreas, la mayor producción se encuentra en el departamento de Nariño

con 15.816 hectáreas sembradas al año que corresponde a 60.178 t de las 86.948 t que se producen en el país. En Colombia, Nariño representa el 51% del área dedicada a este cultivo seguido por Cundinamarca con 19%, y Boyacá con 17% (DANE, 2011). Se estima que más de 26.000 productores dependen de este

cultivo, que genera alrededor de 2,3 millones de jornales, y unos 15.000 empleos directos (Fenalce, 2010).

El cultivo de la arveja ha sido un factor estabilizador de los pequeños productores de las zona andina y ha contribuido a su seguridad alimentaria (Fenalce, 2010). Sin embargo los cultivadores de arveja de Nariño se enfrentan a diferentes problemas tecnológicos para su manejo, que afectan la rentabilidad y competitividad, entre ellos el porte alto de las plantas en las variedades Andina, Sindamanoy y San Isidro y su susceptibilidad a patógenos foliares que encarecen los costos de producción, por la necesidad de construir sistemas de tutorados fuertes y realizar aplicaciones de agroquímicos para el manejo de enfermedades (Checa, 2014).

La productividad del cultivo de la arveja puede ser afectada por varios problemas fitosanitarios, entre los cuales se encuentra el oidio o mildew polvoso *Oidium erysiphoides* Fr fase perfecta *Erysiphe polygoni* (Molina, 1971), enfermedad importante en este cultivo en todo el mundo (Dixon, 1978), que puede producir pérdidas de rendimiento del 10-

65% (Heringa *et al.* 1969; Tiwari *et al.* 1997; Nagaraju y Pal 1990). Además reduce la calidad de los cultivos de arveja cosechados en verde, afectando negativamente el sabor y la apariencia (Gritton y Ebert, 1975). *Erysiphe pisi* es un parásito obligado que obtiene los nutrientes de la planta a través de haustorios en las células epidérmicas (Agrios, 1988).

El patógeno al llegar a cubrir toda la planta, impide a ésta desarrollar el proceso fotosintético, pues los haustorios destruyen un gran número de células, afectando al clorénquima y por consiguiente a la planta, con la pérdida subsiguiente del color verde normal, tornándose pardo y luego café oscuro. Cuando las plantas logran ser infestadas una vez formadas las vainas o en plena floración pueden morir rápidamente, con una producción totalmente nula (Molina, 1971).

La utilización de la resistencia a enfermedades es una estrategia importante para el control de patógenos de las plantas, y una vez obtenida puede ser relativamente fácil de usar, rentable y

ambientalmente más aceptable que la dependencia de los plaguicidas (Hogenboom, 1993).

El uso de variedades resistentes es el método más económico, asequible, seguro y de mayor efectividad para controlar las enfermedades de las plantas. El cultivo de variedades resistentes no sólo elimina las pérdidas que ocasionan las enfermedades, sino también eliminan los gastos debidos a aspersiones y a otros métodos, además no contamina el ambiente con compuestos químicos tóxicos que de otra manera tendrían que utilizarse para el control (Agrios, 2007).

En cuanto a las arvejas tipo afila, se trata de un logro de la genética, en el cual las plantas de arveja carecen casi del todo de hojas, presentando en cambio numerosos 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. Su rendimiento es comparable al de las variedades comunes; y facilitar la aplicación de pesticidas. (Giaconi y Escaff, 2004) El follaje áfilo, donde los folíolos son transformados en zarcillos

por acción del alelo recesivo *af* confiere menor susceptibilidad a la tendadura temprana y mejor aireación del follaje (Ali *et al.*, 1993).

El Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño ha generado líneas promisorias de arveja con gen afila a través del cruzamiento de las variedades comerciales Andina, San Isidro y Sindamanoy de hojas normales, con los genotipos arbustivos ILS3575, ILS3568 y Dove portadores del gen afila. Estas líneas aún no se han evaluado por su reacción a enfermedades foliares, ni se ha valorado su potencial de rendimiento. Los objetivos de la presente investigación fueron: identificar la reacción a oidio (*O. erysipoides*) de 20 líneas de arveja con gen afila, determinar su rendimiento en condiciones de infestación natural del patógeno y evaluar el rendimiento y sus componentes en condiciones controladas de la enfermedad.

## MATERIALES Y METODOS

**Localización:** El trabajo se desarrolló en la granja Lope perteneciente al servicio nacional de aprendizaje SENA, ubicada a 2633 msnm 1°12'40" latitud N y 77°15'18" longitud W con una temperatura promedio de 13°C y una

precipitación promedio anual de 700 mm (Valencia y Timaná, 2012).

**Material vegetal:** El material vegetal evaluado correspondió a 20 líneas de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) con gen afila de hábito de crecimiento indeterminado, procedentes del programa de mejoramiento de Arveja del Grupo de Investigación en Cultivos Andinos de la Universidad de Nariño.

Las líneas evaluadas se identificaron como:

UNAF179, UNAF174, UNAF167,  
UNAF187, UNAF205, UNAF206,  
UNAF54, UNAF197, UNAF175,  
UNAF194, UNAF207, UNAF875,  
UNAF169, UNAF199, UNAF183,  
UNAF186, UNAF185, UNAF191,  
UNAF204, UNAF173.

**Evaluación preliminar de rendimiento y reacción a oidio (*Oidium erysiphoides*).**

Las líneas de arveja afila fueron sembradas utilizando un diseño de bloques aumentados no replicados con 23 tratamientos que correspondieron a las 20 líneas en evaluación y 3 testigos

comerciales identificados como Andina, San Isidro y Sindamanoy. Se establecieron tres bloques en los cuales se ubicaron las líneas y los testigos. Cada línea estuvo presente en un solo bloque y los testigos en los tres bloques. La estimación del error experimental se obtuvo de los testigos repetidos. La unidad experimental fue de un surco de 3 metros de largo con distancia entre surco de 1.20 m y 0.1 m entre sitios, depositando una semilla por sitio. El área útil de la parcela fue de 3.36 m<sup>2</sup> y se obtuvo descartando las plantas extremas de los surcos.

Para la evaluación de severidad (% del área foliar afectada) de la enfermedad, causada por *Oidium erysiphoides* se tomaron tres plantas en forma aleatoria de cada genotipo, en cada una de ellas se seleccionó una hoja de los tercios inferior, media y superior de la planta. La primera evaluación se realizó a inicio de floración, la segunda a inicio de llenado de vaina y la tercera en el momento de cosecha en verde. Para calificar la enfermedad se aplicó la escala 1 a 5 propuesta por Falloon *et al.* (1989), con base a la

severidad observada, de la siguiente forma:

**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.

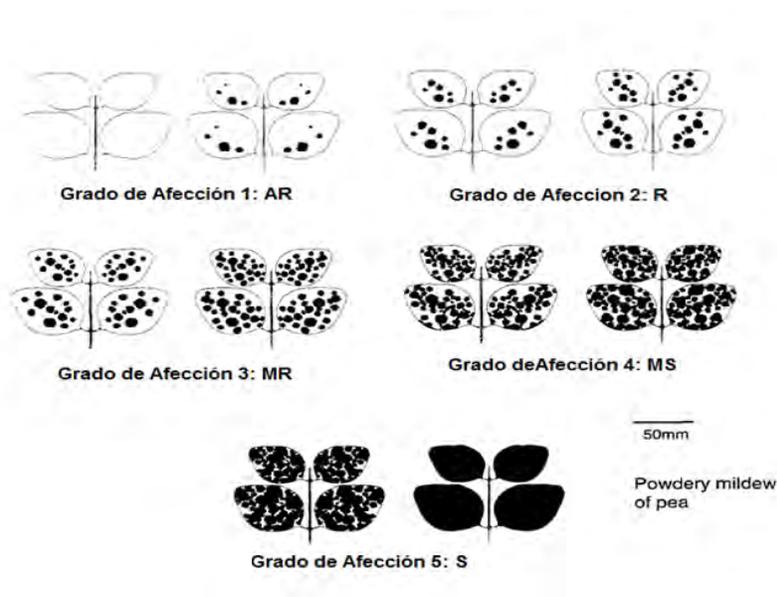
**3=** MR moderadamente resistente. Del 26 al 50% de del área foliar afectada.

**4=** MS moderadamente susceptible. Del 51 al 75% del área foliar afectada.

**5=** S susceptible. Del 76 al 100 % de del área foliar afectada.

Para facilitar la evaluación, se utilizó además una escala gráfica que mantiene concordancia con la escala de severidad anterior.

**Escala grafica de severidad para evaluación de *Oídium erysiphoides* por Falloon *et al.* (1989).**



Se tomaron los datos de precipitación y temperatura, en los meses de evaluación de oidio (*O. erysiphoides*), de la estación meteorológica de botana ubicada 2820

msnm 1°09' latitud N y 77°16' longitud W.

**Rendimiento:** se cosechó la parcela útil en vaina verde, tomando los datos en kg para luego llevarlos a t ha<sup>-1</sup>.

### **Evaluación de la severidad**

El porcentaje de severidad se determinó a partir de los datos obtenidos en la evaluación con las escalas del comportamiento de la enfermedad en el cultivo, utilizando la fórmula de porcentaje de severidad propuesta por Gohain *et al.* (2004):

$$\%S = \frac{\sum \text{Grados leídos}}{\text{N}^\circ \text{ Datos leídos} \times \text{N}^\circ \text{ Grados de la escala}} * 100$$

**Análisis estadístico:** Los resultados de rendimiento se sometieron a un análisis de varianza y la comparación de promedios de las líneas con los testigos se efectuó mediante la prueba de t-student.

### **Multiplicación y evaluación por rendimiento y sus componentes en condiciones controladas para la enfermedad.**

Con el fin de contar con suficiente semilla para la evaluación del potencial de

rendimiento en condiciones controladas para enfermedades foliares de las 20 líneas afila en estudio se estableció un lote de multiplicación de semillas en el cual se sembraron los materiales genéticos correspondiendo a cada línea un surco de 2 metros de largo con distancia entre surcos de 1,20 metros y distancia entre plantas fue de 0,1m depositando una semilla por sitio. La semilla se obtuvo cuando el 75% de las plantas alcanzó la madurez de cosecha, uniformizando su secamiento hasta el 12% de humedad en el grano.

Para la evaluación por rendimiento y sus componentes en condiciones controladas del patógeno, se trabajó con un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por dos surcos de tres metros de largo, la distancia entre surcos fue de 1 m y la distancia entre plantas de 0,1 m, para un área de parcela de 6 m<sup>2</sup>. Se utilizó como testigos las variedades Andina y Sindamanoy.

El área útil fue de 5,6 m<sup>2</sup> y se obtuvo descartando las plantas de los extremos de los surcos de la parcela.

## **Variables evaluadas**

**Días a cosecha en verde (DCV):** Se registró los días desde la siembra hasta cuando el 75% de las vainas verdes alcancen el llenado de los granos.

**Número de vainas por planta (NVP):** Se contó el número de vainas de un surco de la parcela útil se dividió entre el número plantas cosechadas para así obtener el promedio.

**Peso de la vaina con grano (PVG):** se tomó el peso de 20 vainas tomadas al azar de la parcela útil, se sacó el promedio en gramos.

**Número de granos por vaina (NG):** tomamos 10 vainas al azar y se contó el número de granos por vaina y se sacó el promedio.

**Peso de grano por vaina (PG):** se tomó el respectivo peso de los granos y se dividió entre el número de vainas registrando el resultado en gramos.

**Relación grano vaina (RGV):** se pesó 20 vainas verdes llenas por parcela, después desgranó sus granos en fresco y se obtuvo su respectivo peso. Posteriormente se dividió el peso de los

granos sobre el peso de la vaina con granos.

**Rendimiento (RTO):** Se tomó el peso en vaina verde en kg/parcela y se llevó a  $ha^{-1}$ .

**Análisis estadístico:** todas las variables relacionadas con componentes de rendimiento se sometieron a un análisis de varianza, aquellas que mostraron diferencias significativas en el ANDEVA se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Reacción a oidio (*Oidium erysiphoides*) y evaluación preliminar de rendimiento.**

Con base a la escala de severidad 1-5, se pudo establecer que las líneas evaluadas mostraron una reacción que osciló entre resistente y susceptible, ninguna de las líneas mostró una respuesta altamente resistente. La línea UNAF179 obtuvo el mejor comportamiento frente al patógeno con el 18% de severidad que le permitió alcanzar una calificación de resistente. El 40% de las líneas evaluadas obtuvieron una severidad entre 28 y 47.47% siendo

moderadamente resistentes con calificación 3 en la escala 1-5. Estas líneas se identifican como UNAF174, UNAF167, UNAF187, UNAF205, UNAF206, UNAF54, UNAF197 Y UNAF195. El 50% de las líneas en estudio presentaron una severidad entre 52.17 y 73.13% consideradas como moderadamente susceptibles con una calificación de 4. La línea UNAF173 fue la más afectada por el patógeno con un porcentaje de severidad de 86.53% que la define como susceptible con un valor de 5 en la escala de severidad. Las variedades comerciales Andina, San Isidro y Sindamanoy con porcentajes de severidad de 30.33, 41 y 34.16% fueron catalogadas como moderadamente resistentes. En la comparación de severidad sobresale la línea UNAF179 (18%) que presentó menor severidad de ataque de oidio respecto a las variedades Andina, San Isidro y Sindamanoy (30-41%). La línea UNAF174 (28%) mostró menor severidad

con diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) respecto al testigo comercial San Isidro (41%) sin embargo obtuvo una reacción a oidio similar a Andina y Sindamanoy. Las líneas UNAF167, UNAF187, UNAF206 y UNAF54 con porcentajes entre 34.7 y 38% mostraron una reacción moderadamente resistente sin diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) respecto a Andina, San Isidro y Sindamanoy. UNAF205 (43.35%) no presentó diferencias significativas en la severidad de ataque de oidio respecto a San Isidro y Sindamanoy pero si mostró mayor severidad que Andina. La línea UNAF195 con 47.47 % igualó en severidad a San Isidro pero presentó mayor porcentaje que Andina y Sindamanoy. Las 11 líneas restantes con promedios entre 52.17 y 86.53% mostraron mayor severidad en el ataque de oidio que las variedades comerciales Andina, San Isidro y Sindamanoy (Tabla1).

**Tabla 1.** Reacción a *O. erysiphoides* en la evaluación de 20 líneas de arveja *P. sativum* L. y dos testigos comerciales.

LÍNEA AFILA	GENEALOGIA	ESCALA 1-5	%SV	ANDINA	SAN ISIDRO	SINDAMANOY
				30,33 (MR)	41 (MR)	34,16(MR)
UNAF 179	SX3575F51	2 (R)	18,00	*	**	*
UNAF174	SX3568RC140	3 (MR)	28,00	NS	*	NS
UNAF187	SX3575F512	3 (MR)	34,70	NS	NS	NS
UNAF167	SX3568RC158	3 (MR)	38,00	NS	NS	NS
UNAF206	SIXDRC1100	3 (MR)	38,00	NS	NS	NS
UNAF54	SIXDRC134	3 (MR)	38,00	NS	NS	NS
UNAF205	SIXDRC183	3 (MR)	43,30	*	NS	NS
UNAF197	SX3568F53	3 (MR)	44,87	*	NS	*
UNAF195	SXDRC116	3 (MR)	47,47	**	NS	*
UNAF175	SIXDF514	4 (MS)	52,17	**	*	**
UNAF207	SX3575RC11	4 (MS)	52,17	**	*	**
UNAF875	SIXDF54	4 (MS)	52,17	**	**	**
UNAF169	SX3568RC221	4 (MS)	52,87	**	*	**
UNAF183	ANXDF510	4 (MS)	53,13	**	*	**
UNAF199	SIXDF53	4 (MS)	53,47	**	*	**
UNAF186	SX3575F516	4 (MS)	55,83	**	*	**
UNAF185	SIXDF58	4 (MS)	59,13	**	**	**
UNAF191	ANXDF512	4 (MS)	63,13	**	**	**
UNAF204	SIXDF59	4 (MS)	73,13	**	**	**
UNAF173	ANDXDF55	5 (S)	86,53	**	**	**

\* = diferencias significativas; p<0,05 \*\* = diferencias altamente significativas; p<0.01

NS = diferencias no significativas.

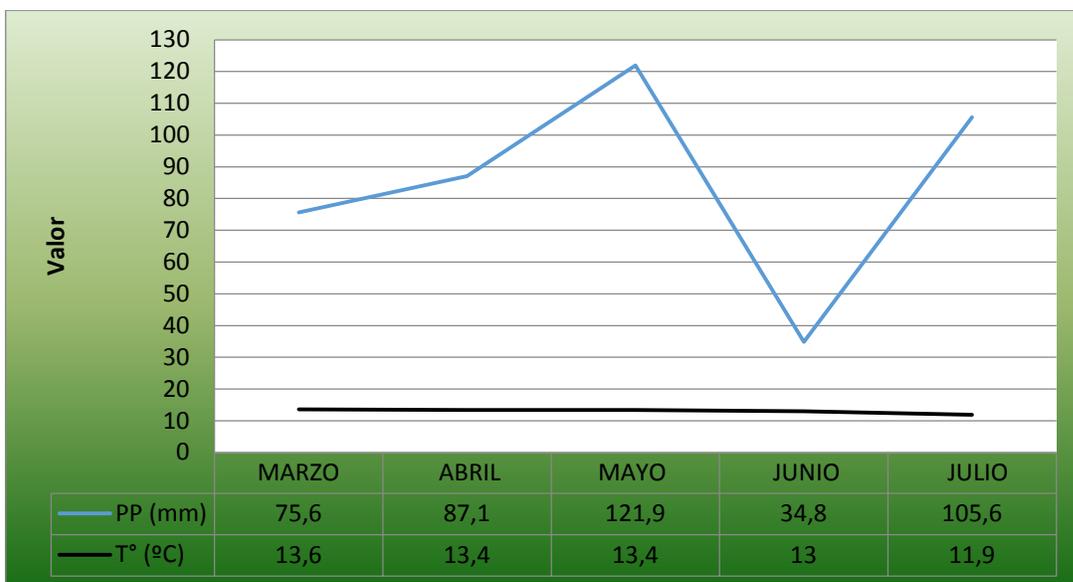
MR= moderadamente resistente.

MS= moderadamente susceptible.

S= susceptible.

La presencia de *O. erysiphoides* en las condiciones del ensayo se incrementó en el mes de Junio cuando se registraron los tiempos secos con precipitación mensual de 34.8 mm y la temperatura promedio fue 13.0°C, lo anterior confirma las observaciones sobre epidemiología del patógeno realizadas por Hagedorn (1984) quien afirma que la infección del hongo se ve favorecida por tiempos secos y noches frías (gráfica 1).

**Grafica 1. Precipitación y temperatura en los meses de evaluación de reacción a oidio (*O. erysipoides*).**



### **Evaluación preliminar de rendimiento**

La línea UNAF179 que presentó la mejor respuesta a oidio con una reacción resistente, alcanzó un rendimiento de 5.46 t ha<sup>-1</sup>, superando a las variedades Andina, San Isidro y Sindamanoy que oscilaron entre 3.33 y 3.76 t ha<sup>-1</sup> (Tab. 2). Las líneas UNAF186, UNAF195, UNAF173, UNAF204, UNAF205 y UNAF185 con rendimientos entre 3.8 y 2.65 t ha<sup>-1</sup> no mostraron diferencias significativas respecto a los testigos Andina, San Isidro y Sindamanoy. Las líneas UNAF167 y UNAF174 presentaron promedios estadísticamente iguales (P<0.05) a Andina y San Isidro, pero inferiores a

Sindamanoy. UNAF207 y UNAF197 con rendimientos de 2.19 y 2.09 t ha<sup>-1</sup> igualaron a la variedad Andina pero fueron inferiores a San Isidro y Sindamanoy. Nueve líneas con rendimientos entre 1.94 y 0.06 t ha<sup>-1</sup> fueron superadas por las tres variedades comerciales, dentro de estas, seis estuvieron entre las más afectadas por oidio y es probable que la severidad del patógeno haya logrado afectar significativamente los rendimientos de las mismas. Tiwari et al., (1997) afirma que el ataque de este patógeno puede reducir pérdidas en el rendimiento del 10-65%. Munjal *et al.* (1963), Kumar and Singh

(1981), Reiling, (1984), Warkentin *et al.* (1996) reportaron pérdidas del rendimiento de 25- 50%.

**Tabla 2.** Comparación de rendimiento de 20 líneas de arveja con gen afila con tres testigos comerciales no afila.

LINEA AFILA	GENEALOGIA	PROMEDIO	ANDINA <sup>1</sup>	SAN ISIDRO <sup>1</sup>	SINDAMANNOY <sup>1</sup>
			3,33	3,56	3,76
UNAF 179	SX3575F51	5,46	*	*	*
UNAF186	SX3575F516	3,80	NS	NS	NS
UNAF195	SXDRC116	3,46	NS	NS	NS
UNAF173	ANDXDF55	3,36	NS	NS	NS
UNAF204	SIXDF59	2,92	NS	NS	NS
UNAF205	SIXDRC183	2,80	NS	NS	NS
UNAF185	SIXDF58	2,65	NS	NS	NS
UNAF167	SX3568RC158	2,45	NS	NS	*
UNAF174	SX3568RC140	2,39	NS	NS	*
UNAF207	SX3575RC11	2,19	NS	*	*
UNAF197	SX3568F53	2,09	NS	*	*
UNAF175	SIXDF514	1,94	*	*	*
UNAF199	SIXDF53	1,88	*	*	*
UNAF183	ANXDF510	1,83	*	*	*
UNAF206	SIXDRC1100	1,67	*	*	*
UNAF191	ANXDF512	1,66	*	*	*
UNAF875	SIXDF54	1,34	*	**	**
UNAF169	SX3568RC221	1,34	*	**	**
UNAF54	SIXDRC134	0,87	**	**	**
UNAF187	SX3575F512	0,06	**	**	**

\* = diferencias significativas;  $p < 0,05$  \*\* = diferencias altamente significativas;  $p < 0,01$

NS = diferencias no significativas.

variedades no afila<sup>1</sup>

La línea UNAF174 que logró rendimiento similar a Andina y San Isidro presentó una reacción a oidio moderadamente resistente medida por el porcentaje de severidad, sin diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) a Andina y Sindamano y menor afección que San Isidro, lo cual permite considerarla como promisoría. De

manera similar la línea afila UNAF167 que igualó en rendimiento a las variedades Andina y San Isidro presentó la misma reacción a oidio (MR) de las variedades antes mencionadas y de la variedad Sindamano y. UNAF205 con igual rendimiento que las tres variedades comerciales (Andina, San Isidro y

Sindamanoy) mostró moderada resistencia a oidio igualando en su reacción de severidad con San Isidro y Sindamanoy.

De lo anterior se concluye que las líneas afila UNAF179 de reacción resistente a oidio y UNAF174, UNAF167 y UNAF205 de reacción moderadamente resistente lograron rendimientos similares a las variedades comerciales las cuales presentaron también moderada resistencia. Teniendo en cuenta que entre los progenitores de las líneas antes mencionadas se encuentran las variedades Sindamanoy y San Isidro, la evaluación y selección de estas líneas con gen afila contribuye a cambiar la arquitectura de las plantas no afila (Sindamanoy y San Isidro), remplazando sus hojas laterales por zarcillos, característica que logra mantener plantas más erectas y mejorar su capacidad de agarre sobre los hilos de polipropileno que sirven como tutor, además permite entrelazar los zarcillos entre plantas vecinas dentro del mismo surco. Según el ITGA (2003) y Wang

(2003) a mayor desarrollo del zarcillo, la resistencia al acame es mayor. Este cambio de arquitectura en las plantas ofrece nuevas posibilidades para la búsqueda de reducción en los costos de producción, llevando a explorar sistemas de tutorado más sencillos y apropiados para genotipos con gen afila sin afectar el rendimiento.

### **Evaluación de rendimiento y sus componentes en condiciones controladas para la enfermedad.**

El análisis de varianza (Tab. 3) presentó diferencias altamente significativa entre líneas, para las variables: peso de la vaina con grano (PVG); número de granos por vaina (NG); peso de grano por vaina (PG); y rendimiento (RTO). No se observaron diferencias para número de vainas por planta (NVP) y relación grano vaina (RGV), lo cual sugiere que no existió variabilidad para estos caracteres y por lo tanto el mismo no puede usarse como criterio de selección para este estudio.

**Tabla 3.** Cuadrados medios de peso de la vaina con grano (PVG); número de granos por vaina (NG); peso de grano por vaina (PG); relación grano vaina (RGV) y rendimiento (RTO) en la evaluación de 20 líneas y 2 testigos de arveja (*P. sativum* L.).

FV	GL	NVP	PVG	NG	PG	RGV	RTO
Bloques	21	441.13	25,39	8,72	9,25	0,46	142,23
Genotipos	2	7.61 NS	3,09**	0,77**	1,19**	0,05 NS	9,5*
Error	42	45.31	0,39	0,11	0,13	0,003	1,95
CV%		23.87	8,61	6,13	9,55	10,95	21,94

\* = diferencias significativas;  $p < 0,05$  \*\* = diferencias altamente significativas;  $p < 0,01$

NS = diferencias no significativas.

**Peso de la vaina con grano (PVG).** La línea UNAF179 con 8.4 g superó a UNAF185, UNAF191, UNAF204 y UNAF173 con promedios de 6.33, 6.25, 5.16 y 4.95 g que estuvieron en el grupo de menor peso de vaina con grano, sin embargo no mostró diferencia estadística con los testigos Andina y Sindamanoy con promedios de 8.95 y 8.21 g respectivamente. 17 de las 20 líneas evaluadas con promedios de 8.4 a 6.33 g no presentaron diferencias con el testigo Sindamanoy (8.21 g). El testigo Andina con 8.95 g superó al 50% de las líneas evaluadas que oscilaron entre 6.96 a 4.95 g (Tab. 4).

**Tabla 4.** Prueba de comparación de media de Tukey para las variables peso de la vaina con grano (PVG); número de granos por vaina (NG); peso de grano por vaina (PG) relación grano vaina (RGV) y rendimiento (RTO).

LÍNEA	PROCEDENCIA	PVG	NG	PG	RGV	RTO
UNAF179	SX3575F51	8.40 A B	5.83 A B C	4.50 A B C	0.49 A	7.21 B C D
UNAF174	SX3568RC140	8.25 A B C	5.30 A B C D E	3.46 C D E F G	0.47 A	11.81 A
UNAF167	SX3568RC158	8.15 A B C D	4.90 C D E	3.66 C D E F G	0.44 A	6.92 B C D
UNAF187	SX3575F512	8.08 A B C D	5.50 A B C D E	3.40 C D E F G	0.45 A	5.01 B C D
UNAF205	SIXDRC183	8.01 A B C D	6.20 A	4.00 A B C D E F	0.46 A	8.80 A B
UNAF206	SIXDRC1100	7.78 A B C D	5.80 A B C	5.06 A	0.56 A	6.69 B C D
UNAF54	SIXDRC134	7.76 A B C D	5.06 B C D E	4.36 A B C	0.51 A	7.07 B C D
UNAF197	SX3568F53	7.60 A B C D	5.30 A B C D E	3.90 B C D E F	0.45 A	5.80 B C D
UNAF175	SIXDF514	7.41 A B C D	4.83 C D E	3.66 C D E F G	0.46 A	5.51 B C D
UNAF195	SXDRC116	7.35 A B C D	5.63 A B C D	4.26 A B C D	0.55 A	7.99 A B C
UNAF207	SX3575RC11	6.96 B C D E	5.96 A B	4.23 A B C D E	0.57 A	6.02 B C D
UNAF875	SIXDF54	6.90 B C D E F	5.70 A B C D	4.66 A B C D E	0.54 A	6.01 B C D
UNAF169	SX3568RC221	6.88 B C D E F	4.73 D E	3.46 C D E F G	0.52 A	6.40 B C D
UNAF199	SIXDF53	6.78 B C D E F	6.23 A	4.06 A B C D E	0.57 A	6.39 B C D
UNAF183	ANXDF510	6.73 B C D E F	5.63 A B C D	3.36 C D E F	0.55 A	5.05 B C D
UNAF186	SX3575F516	6.61 B C D E F	5.36 A B C D E	3.50 C D E F G	0.52 A	4.80 B C D
UNAF185	SIXDF58	6.33 C D E F	4.73 D E	2.90 F G	0.49 A	3.42 D
UNAF191	ANXDF512	6.25 D E F	4.46 E	3.13 D E F G	0.48 A	5.60 B C D
UNAF204	SIXDF59	5.16 E F	5.36 A B C D E	3.10 E F G	0.54 A	3.74 C D
UNAF173	ANDXDF55	4.95 F	4.66 D E	2.73 G	0.50 A	6.70 B C D
	Andina	8.95 A	5.83 A B C	4.93 A B	0.46 A	5.38 B C D
	Sindamanoy	8.21 A B C	5.53 A B C D	4.50 A B C	0.47 A	7.81 A B C
comparador de Tukey		1.95	1.03	1.14	0.17	4.37

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**Número de granos por vaina (NG).** En esta variable se destacan las líneas UNAF199 y UNAF205 con promedios de 6.23 y 6.20 las cuales presentaron diferencias significativas respecto al 31,82% de los genotipos evaluados (Tab.4). Sin embargo estas líneas mostraron promedios similares a los testigos Andina y Sindamanoy que alcanzaron valores de 5,83 y 5,53 respectivamente. De igual manera el 80% de las líneas en estudio igualaron al testigo Andina y solo una línea estuvo por

debajo del testigo Sindamanoy. Los cruzamientos que dieron origen a las líneas evaluadas se plantearon con el fin de generar variedades de arveja voluble con gen afila que a la vez que reemplazan hojas laterales por zarcillos, estén en capacidad de conservar los atributos favorables de las variedades comerciales. De acuerdo con los resultados antes mencionados, la mayor parte de las líneas evaluadas cumplen con tal objetivo en la característica número de granos por vaina. Según Blixt, (1972) el

número de granos por vaina puede variar de 1 a 13, lo cual significa que las líneas evaluadas se encuentran en posición intermedia respecto al anterior rango. Gottschalk (1964) afirma que la herencia del número de granos por vaina es un tema complejo controlado por varios genes. El número de semillas por vaina es uno de los componentes de rendimiento más importantes en el mejoramiento de la arveja para el caso de Colombia, donde más de 95% de la producción de arveja se destina al mercado de vaina verde. Según Ligarreto y Ospina, (2009) lo deseable es un número igual o superior a seis granos por vaina, pero la mejora genética es difícil dado que hay mecanismos de compensación de los componentes del rendimiento, y si se aumentan las semillas por vaina, se puede disminuir el número de vainas por planta y el peso de la semilla. Según Timerman- Vaughan *et al.*, (2004), una alternativa es desarrollar trabajos en mapeo de ligamiento de QTL para rendimiento y realizar su aplicación en la mejora genética de la especie.

**Peso de grano por vaina (PG).** La comparación de promedios indica que UNAF206, UNAF875, UNAF179,

UNAF54, UNAF195, UNAF207, UNAF199, UNAF205 y UNAF197 con un peso de grano por vaina entre 5.06 a 3.9 g, lograron igualar al testigo Andina que alcanzó un promedio de 4.93 g. Así mismo 16 de las 20 líneas evaluadas con 5.06 a 3.36 g igualaron estadísticamente al testigo Sindamanoy que obtuvo una media de 4.5 g. El peso de grano por vaina es una variable determinante a nivel comercial porque constituye la parte aprovechable del cultivo en la alimentación humana. Al igual que en la variable número de granos por vaina, es importante conservar o mejorar características deseables de los testigos Andina y Sindamanoy, que tienen amplia aceptación comercial en el peso de grano por vaina. Al observar la procedencia del material genético evaluado se puede establecer que con el cruzamiento de líneas de arveja que presentan el gen recesivo *afila* como son ILS3575, ILS3568 y DOVE con las variedades comerciales Andina, Sindamanoy y San Isidro, se logró generar materiales segregantes que llevados a una generación F5, permitieron la selección de líneas que además de poseer el gen *afila* (*af*) en estado

homocigoto, mantuvieron o mejoraron características comerciales de las variedades antes mencionadas. De igual manera se puede establecer que el retrocruzamiento entre padres donantes del gen *afila* (ILS3575, ILS3568 y DOVE) y variedades comerciales (padres recurrentes), permitió obtener líneas con gen *afila* que además fueron fenotípicamente similares o superiores a las variedades comerciales en componentes de rendimiento. Lo anterior se evidencia en los resultados de la presente investigación en los cuales el 45% (9) de las líneas evaluadas presentan similitud en el peso de grano por vaina con la variedad Andina, cinco de las cuales fueron obtenidas por retrocruzamiento y el resto por cruzamientos simples. De igual forma el 80% (16) de las líneas mostraron similitud con la variedad Sindamanoy, entre ellas se encuentran las 8 líneas obtenidas por retrocruzamiento.

**Relación grano vaina (RGV).** El análisis de varianza mostró un P valor de 0.058 para los genotipos evaluados, indicando diferencias no significativas entre las 20 líneas y los dos testigos (Andina y

Sindamanoy) que tuvieron promedios de 0.57g a 0.44 g (Tab. 4) La relación grano vaina es importante en el proceso de mejoramiento porque mide cuanto del peso de la vaina con grano corresponde al grano. En las colecciones de trabajo de arveja, es posible encontrar genotipos con vainas grandes y granos pequeños que presentan baja relación grano vaina, así como también existen accesiones con vainas constreñidas en donde el peso de la vaina con grano depende en una alta proporción del peso de los granos. El aumento de la relación grano vaina 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 las mismas depende más del grano. No obstante la importancia de la relación grano vaina, en la presente evaluación todas las líneas en estudio y los testigos Andina y Sindamanoy tuvieron valores similares.

**Rendimiento (RTO).** El análisis de varianza presentó diferencias significativas entre genotipos con un P valor igual a 0.01 (Tab. 4) En la comparación de promedios se destacó la

línea UNAF174 con 11,8 t ha<sup>-1</sup> mostrando diferencias significativas sobre el 81,81% de los genotipos evaluados incluyendo el testigo Andina, que presentaron rendimientos entre 7,21 y 3,42 t ha<sup>-1</sup> (Tab. 4). Sin embargo la línea UNAF174 mostró rendimientos estadísticamente similares a la variedad Sindamanoy y a las líneas UNAF195 y UNAF205 que tuvieron rendimientos de 7,81, 7,99 y 8,80 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. 19 de las 20 líneas evaluadas con promedios entre 8,8 y 3,42 t ha<sup>-1</sup> lograron rendimientos estadísticamente similares a la variedad Andina (5,38 t ha<sup>-1</sup>). En el mismo sentido 19 de las líneas evaluadas lograron rendimientos similares a la variedad Sindamanoy (7,81 t ha<sup>-1</sup>), siendo la línea UNAF185 (3,42 t ha<sup>-1</sup>) el único genotipo que presentó rendimiento inferior a dicha variedad.

Lo anterior indica que una de las líneas evaluadas (UNAF174) además de presentar el gen afila que reemplaza las hojas por zarcillos, logró superar en rendimiento a uno de los testigos comerciales de amplia aceptación en las zonas productoras y más del 80% de las líneas con gen afila igualaron en

rendimiento a los testigos. En consecuencia se deduce que la expresión del gen afila no afectó negativamente el rendimiento, lo cual es comprensible si se tiene en cuenta que este carácter (rendimiento) es el resultado de la combinación y expresión de muchos genes, por lo tanto su herencia es de tipo cuantitativo.

En el mejoramiento genético del cultivo de arveja, resulta importante aumentar el rendimiento conservando los mismos costos de producción, sin embargo no es menos interesante buscar reducir los costos de producción conservando los mismos rendimientos. Uno de los objetivos de la realización de cruzamientos para la obtención de líneas con cambios en la arquitectura de la planta introduciendo el gen afila que transforma las hojas laterales por zarcillos, fue encontrar genotipos que teniendo esta transformación pudiesen mantener o superar los rendimientos de las variedades comerciales (Andina y Sindamanoy).

En el departamento de Nariño el 51% de los costos de producción en arveja se derivan de los costos relacionados con la

posteadura, la fibra de polipropileno y la mano de obra necesaria para establecer los sistemas de tutorado horizontal y vertical que son de común uso en las variedades volubles ampliamente utilizadas en las zonas productoras (Checa, 2014). Obtener variedades con gen afila y de alto rendimiento permitiría evaluar sistemas de tutorado más sencillos con menor uso de fibras de polipropileno, contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental y reduciendo el uso de postes de madera o cambiándolos por estructuras más simples.

### CONCLUSIONES

La línea de arveja afila UNAF179 mostró una reacción resistente a *O. erysipoides* y superó en rendimiento a las variedades Andina, San Isidro y Sindamanoy; en condiciones controladas de la enfermedad igualó a las variedades comerciales Andina y Sindamanoy.

La línea UNAF174 presentó moderada resistencia a *O. erysipoides* y superó en rendimiento a la variedad Andina e igualó a la variedad Sindamanoy cuando se controló la enfermedad.

Las líneas UNAF205, UNAF206, UNAF54, UNAF197 y UNAF195 igualaron a las variedades comerciales Andina y Sindamanoy en su reacción de moderada resistencia a *O. erysipoides*, como también en rendimiento y en los componentes peso de la vaina con grano, número de grano por vaina y peso de grano por vaina.

La reacción a la enfermedad oidio *O. erysipoides* y la oscilación en rendimiento no fue atribuible a la presencia del gen afila en las líneas evaluadas.

### BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G. 2007. Fitopatología. Segunda edición, Limusa, México D.C. 771 p.
- Agrios, G. 1988. Plant pathology. Tercera edición, Academic Press, London, pp. 337–343.
- Ali, S.M., B. Sharma, and M.J. Ambrose. 1993. Current status and future strategy in breeding pea to improve resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica* 73:115-126.

Blixt, S., 1972. Mutation genetics in *Pisum*. *Agric Hort Genet*, 30: 1-293

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-Resumen\\_Proyecto\\_L%C3%ADneas%20Arveja.pdf](http://www.ucc.edu.co/pasto/prensa/2014/Documents/1-Resumen_Proyecto_L%C3%ADneas%20Arveja.pdf); consulta: Octubre 2014.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE 2011. Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria. En: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/doc\\_anexos\\_ena\\_2011.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/doc_anexos_ena_2011.pdf); consulta: Octubre 2014.

Dixon G. R., 1978. Powdery mildews of vegetables and allied crops. In: Spencer DM, ed. *The Powdery Mildews*. London, UK: Academic Press.

Falloon, R. E.; McErlich, A. F.; Scott, R. E. 1989: Powdery mildew of peas; possible causes of recent epidemics and prospects for control. Proceedings of the 42 nd New Zealand Weed and Pest Control Conference: 247-250.

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, FENALCE 2010. El cultivo de la arveja, historia y su importancia. En: [http://www.fenalce.org/arch\\_public/arveja93.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/arveja93.pdf); consulta: Octubre 2014.

Giaconi, V. y Escaff, M. 2004. Cultivos de hortalizas. Decimoquinta edición, Universitaria, Santiago de Chile. 341 p.

Gohain, L.; Maurya, S.; Pandey, M. V.; Pandey, V. V. and Singh, U. P. 2004. Effect of the Mixture of Two Plant Alkaloids Isolated from *Corydalis longipes* Against Balsam Powdery Mildew on Detached Leaves and Pea Powdery Mildew in Field. *Mycobiology*. 32(4):155-159.

Gotschalk, W., 1964. Die wirkung mutierter gene auf di Morphologie

und Funktion pflanzlicher Organe, *Botanische Studien*.

Gritton, E. T., and Ebert, R. D. 1975. Interaction of planting date and powdery mildew on pea plant performance. *Journal of American Society of Horticultural Science* 100:137-142.

Heringa R.J., Vannorel A., Tazelaar M.F. (1969): Resistance to powdery mildew in pea. *Euphytica*, 18: 163–196.

Hogenboom NG, 1993. Economic importance of breeding for disease resistance. In: Jacobs T, Parlevliet JE, eds *Durability of Disease Resistance*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 5.9.

Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra ITGA 2003. Guisante proteaginoso en Navarra, campaña 2003-2004.12p.

Kumar, H. and Singh, R. B. 1981. Genetic analysis of adult plant resistance to powdery mildew in pea (*Pisum sativum* L.) *Euphytica* 30: 147–151.

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.* [online]. vol.27, n.3 [citado 2014-02-15], pp. 333-339.

Molina, L. 1971. Fase perfecta del oidio de la alverja (*Pisum sativum* L.) encontrada en el departamento de Nariño. *Revista de ciencias agrícolas*. 3(2): 23-31.

Munjal, R. L., Chenulu, V. V. and Hora, T. S. 1963. Assessment of losses due to powdery mildew (*Erysiphe polygoni*) on pea. *Indian Phytopathol.* 19: 260–267.

Nagaraju V., Pal A.B. (1990): Character analysis in garden pea lines with variable resistance to powdery mildew and rust diseases. *Mysore J. Agr. Sci.*, 24: 68–71.

Reiling, T. P. 1984. Powdery mildew. D. J.Hagedorn, ed. *Compendium of pea diseases*. American

Phytopathological Society, St. Paul, MN. 21–22.

Sañudo, B.; Checa, O.; Arteaga, G. 1999. Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas. Primera edición, Produmedios, Pasto. 91 p.

Timerman-Vaughan, G., A. Mills, T. Frew, R. Butler, J. McCallum, S. Murray, C. Whitfield, A. Russell y D. Wilson. 2004. Linkage mapping of QTLs for seed yield, yield components and developmental traits in pea (*Pisum sativum* L.). En: 4<sup>th</sup> Intl. Crop Sci. Congr. Brisbane, Australia.

Tiwari K.R., Penner G.A, Warkentin T.D., Rashid K.Y. 1997. Pathogenic variation in *Erysiphe pisi*, the causal organism of powdery mildew of pea. Canadian Journal of Plant Pathology 19, 267–271.

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

Wang F. B; FU J. F; Dong L. F; Zhu Y. B. (2003). Tendril inheritance in semi-leafless pea and its utilization in breeding. Yi Chuan: Mar; Chinese. PubMed PMID: 15639850 25(2): pp18.

Warkentin, T.D., K.Y. Rashid and A.G. Xue. 1996. Fungicidal control of powdery mildew in field pea. Can. J. Plant Sci. 76: 933–935.