

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES DE N-P-K PARA EL
CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN EL MUNICIPIO DE PUERRES,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

POR:

NOHORA MARCELA JOJOA LÓPEZ

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

2017

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES DE N-P-K PARA EL
CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN EL MUNICIPIO DE PUERRES,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

NOHORA MARCELA JOJOA LÓPEZ

Informe de pasantía empresarial presentado como requisito para optar al título parcial de
Ingeniero Agrónomo

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL M.Sc, Ph.D
Director de pasantía empresarial

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

2017

Nota de aceptación:

Marino Rodríguez Rodríguez I.A. Ms.c

JURADO

Jairo Mosquera Guerrero I.A. Ms.c.

JURADO

Oscar Checa Coral I.A. M.Sc, Ph.D

PRESIDENTE DE PASANTIA

San Juan de Pasto, Noviembre 2017.

Agradecimientos

A Dios por la fuerza espiritual que me guio el camino para alcanzar un triunfo.

A la Universidad de Nariño por la oportunidad de educarme y formarme en ella.

Al Grupo de Investigación de Cultivos Andinos por darme la oportunidad de realizar la pasantía empresarial y brindarme su apoyo en la formación técnica e investigativa durante el desarrollo del presente trabajo.

A mis padres por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo.

A familiares amigos por la motivación y su buena energía en la finalización de este documento.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA.....	9
4. MARCO TEORICO.....	11
4.1 Generalidades.....	11
4.2 Clasificación taxonómica.....	12
4.3 Arquitectura de la planta.....	13
4.4 Enfermedades.....	15
4.4.1 Nutrición mineral en la tolerancia a enfermedades en las plantas.....	16
4.5 Incidencia y Severidad.....	17
4.6 Densidades de siembra.....	18
4.7 Fertilización.....	19
4.7.1 Necesidades nutritivas de la arveja.....	20
4.7.2 Estudios realizados en fertilización.....	25
4.8 Riego.....	25
4.9 Priorización de la investigación en arveja y su problemática en Nariño.....	26
5. OBJETIVOS.....	28
5.1 Objetivo general.....	28
5.2 Objetivos específicos.....	28
6. METODOLOGÍA.....	29
6.1 Localización.....	29
6.2 Diseño experimental.....	30
6.3 Modelo estadístico.....	30
6.4 Métodos estadísticos.....	38
6.5 Variables evaluadas.....	38
6.5.1 Evaluación de incidencia y severidad.....	39
6.6 Análisis estadístico.....	41
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
8. CONCLUSIONES.....	60
9. BIBLIOGRAFIA.....	62
10. CIBERGRAFIA.....	71
11. ANEXOS.....	73

1. RESUMEN

El cultivo de arveja ha sido un factor estabilizador de la economía de pequeños y medianos productores de la zona andina y ha contribuido a su seguridad alimentaria. Además es generador de empleo, pues requiere una cantidad importante de mano de obra, dado el número de labores culturales que se deben realizar para su producción. En el departamento de Nariño se ha identificado que los agricultores tienen desconocimiento de la aplicación de dosis de fertilizante para dicho cultivo, pues la alta cantidad de fertilizante incrementa los costos de producción y reduce la competitividad del producto en el mercado. El objetivo de esta investigación es contribuir al conocimiento del manejo eficiente del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) con el uso óptimo de dosis de fertilizantes. Este trabajo se desarrolló en la vereda la Hacienda, Municipio de Puerres, Departamento de Nariño. Se utilizó un diseño de Bloques completos al Azar con arreglo en parcelas divididas y 3 repeticiones, en el cual, el factor A correspondió a 5 genotipos de arveja, y el factor B a 6 sistemas de fertilización de NPK. Bajo las condiciones del presente estudio los genotipos evaluados mostraron respuesta a la fertilización destacándose el nivel correspondiente a 75-10-35 Kg.ha⁻¹ de NPK. Los menores rendimientos estadísticamente se obtuvieron cuando se aplicó solamente los faltantes indicados por el análisis de suelos.

Palabras claves: dosis, fertilizante, genotipos, suelo, producción.

2. INTRODUCCIÓN

En Colombia, la arveja se cultiva en catorce departamentos, pero su producción se concentra en Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Tolima y Huila, que cubren cerca del 90% del área reportada en el 2009 (Fenalce, 2010). Al respecto Checa (2014), anota que el departamento de Nariño cuenta con un área de siembra de 16.000 hectáreas por año.

El cultivo de la arveja ha sido un factor estabilizador de la economía de los pequeños productores de las zonas andinas, y ha contribuido a su seguridad alimentaria. Además el cultivo de la arveja es generador de empleo, pues requiere una cantidad importante de mano de obra, dado el número de labores culturales que se deben realizar para su producción. Se estima que este cultivo del cual dependen más de 26.000 productores, generan alrededor de 2,3 millones de jornales, unos 15.000 empleos directos (Fenalce, 2010).

En los diferentes sitios productores de arveja correspondiente a la parte sur del departamento se ha identificado que en el sistema productor de esta leguminosa hay desconocimiento de un manejo eficiente de fertilizantes y con ello las características de estos suelos que son provenientes de cenizas volcánicas lo cual presentan problemas de fijación del fósforo; además de tener un pH ácido influye en la poca disponibilidad de los elementos nutricionales. De acuerdo a lo anterior para que exista un buen funcionamiento del cultivo se debe tener en cuenta la relación agua, suelo, planta y atmosfera.

La alta cantidad de fertilizantes incrementa los costos de producción y reduce la competitividad del producto en el mercado, de esta manera contribuir al uso racional de minerales y evitar la contaminación del ambiente por residuos.

Las recomendaciones de fertilización para el cultivo de arveja se han realizado sin criterio técnico, lo cual los agricultores de los municipios como Pupiales, Puerres y Gualmatan hacen la aplicación de fertilizantes que varían entre 4 a 16 bultos de 50 Kg de 10-30-10 o de 13-26-6. Además la poca información del manejo de suelo ha llevado a buscar una propuesta que permita el buen desarrollo del cultivo.

Por lo anterior, el presente trabajo pretende evaluar diferentes dosis de fertilizante compuesto N-P-K en el municipio de Puerres con el fin de obtener una aproximación hacia la recomendación de fertilizante a una mejor respuesta. Se prueban 5 propuestas o sistemas de fertilización dentro del rango de aplicación de los agricultores, alrededor del requerimiento del cultivo de arveja establecido por Alarcón (1997), de 150- 20-70 Kg.ha⁻¹ de N-P-K para obtener 10 t.ha⁻¹, que se compararon con la cantidad aplicada teniendo en cuenta el análisis del suelo, además se evaluaron 5 genotipos de arveja. Para tal efecto se estableció un experimento de campo en la vereda La Hacienda del municipio de Puerres.

3. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

El cultivo de arveja en Nariño se siembra en los municipios de Gualmatán, Pupiales, Ipiales, Puerres y Potosí (Checa 2015) en zonas agroecológicas Fa, Fb y Fc entre 2.000 2.600 msnm. Con la utilización de variedades Piquinegra, Gorriona y Santa Isabel se recomendaron 100 a 150 Kg. ha⁻¹ de fertilizantes con alto contenido de fósforo para zonas altas y fertilizantes con igual contenido de N-P-K para zonas bajas, complementándose la fertilización con elementos secundarios, para obtener producciones de 3 a 4 t.ha⁻¹ en vaina verde. Sañudo *et al* (1995).

Debido a procesos de mejoramiento genético y a la introducción del sistema de tutorado, en la actualidad el productor cuenta con nuevas variedades de rendimientos mayores de 10 t.ha⁻¹ en vaina verde y ha adoptado en forma empírica patrones de abonamiento costosos, cuyas proporciones de NPK utilizadas no satisfacen los verdaderos requerimientos de la arveja. Al respecto, Alarcón (1997), definió para suelos de Boyacá y Cundinamarca requerimientos de 15 - 2-7 Kg.ha⁻¹ de N-P-K, nitrógeno, fósforo y potasio para obtener 1 t.ha⁻¹ en vaina verde.

Según Garcia y Pantoja (1993), el alto costo de la fertilización, la incidencia en la producción y la variabilidad de las respuestas en las diferentes zonas productoras son factores que indican la necesidad de una permanente actualización de las recomendaciones en los diferentes cultivos de acuerdo con los factores clima, suelos, variedades y manejo, entre otros.

Por otra parte, la arveja se siembra en suelos de ordenes Andisol e Inceptisol, IGAC (2004) procedentes de cenizas volcánicas, altamente fijadores de fósforo, pH ácido y baja eficiencia de la fertilización con fósforo, lo cual presenta una baja correlación entre el análisis y la producción del cultivo, por lo tanto, las recomendaciones de este elemento deben basarse necesariamente en las respuestas obtenidas bajo las condiciones de cada sitio y cada cultivo. (Espinosa, 1987).

También se ha encontrado que los agricultores en sus labores culturales de aplicación de fertilizantes utilizan dosis que normalmente aplican a los diferentes cultivos anteriormente sembrados, en su mayor parte se rigen del cultivo de papa (Espinosa, 1987).

Finalmente el agricultor tiene desconocimiento del manejo del suelo y nutrición vegetal, lo cual la poca información técnica conlleva a la utilización inapropiada de fertilizantes, de tal manera limita su capacidad tecnológica para mejorar su productividad.

4. MARCO TEORICO

4.1 Generalidades

El origen exacto de la arveja (*Pisum sativum*), conocida también como chicharro o guisante es incierto, es una especie utilizada desde épocas remotas, la literatura griega ya lo menciona en el año 371 a.c. en Colombia ha sido un cultivo de importancia en la economía de pequeños y medianos agricultores de las zonas andinas y su producción se concentra en Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Tolima (Lees, 1985; Zamorano *et al.* 2008). Según el DANE 2010 el área en Colombia se estimó en 31.155 ha, ocupando el primer lugar el departamento de Nariño con un 51%, Cundinamarca con un 19 % y Boyacá con un 17 % del total de arveja sembrada.

Según Buitagro *et al.* (2006) afirma que en Nariño se produce arveja, principalmente en los municipios de Funes, Guaitarilla, Yacuanquer y Pasto. Con el uso de las nuevas variedades como Sindamanoy, Andina, San Isidro, Sureña y Alcalá. A partir del año 1995, se vinculó a la producción de arveja la ex provincia de Obando convirtiéndose en la principal zona productora de Nariño, en donde los municipios de mayor área sembrada son Ipiales, Pupiales, Gualmatàn, Puerres, Potosí y Córdoba.

Por otra parte además de la arveja producida en los municipios del sur de Nariño para consumo en granos fresco, existen algunas áreas dedicadas a la producción de grano seco las cuales se ubican en el norte y centro del departamento. Los municipios involucrados en la producción de grano seco en Nariño son Buesaco, El Tablón de Gómez, San Jose de Alban, Tangua y Yacuanquer (Arcila, 2002). Esta producción revende como semilla para el norte del país y corresponde principalmente a la variedad Santa Isabel.

En análisis realizado por Fenalce (2010), como gremio representante en las leguminosas en Colombia, considera importante en momento del consumo de arveja fresca porque esta es una fortaleza desde el punto de vista de ser un cultivo generador de empleo en el campo de ingresos favorables para el productor. De igual manera hay interés por mirar nuevas variedades para producción en seco y nuevas formas de producción que permitan sustituir parte de la importación que en la actualidad están entre las 40.000 y 50.000 t.año.

Los productores de arveja de Nariño, adoptaron ampliamente las variedades Ica-corpoica, Sindamanoy, Andina y San Isidro, aprovechando sus bondades lo cual los llevo a ubicarse como los principales del país, sin embargo su uso intensivo condujo al incremento de enfermedades foliares como ascochyta (*Ascochyta pisi*) y oidio (*Oidium* sp) (Quistal J. y Chavez D. 2009).

4.2 Clasificación taxonómica

Según, Terranova Enciclopedia Agropecuaria (2001), la arveja se clasifica en:

Reino: Plantae

Subreino: Fanerógamas

División: Magnoliophyta (Angiospermas)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae (Leguminosae)

Subfamilia: Papilionoideae

Tribu: Viciae

Género: *Pisum*

Especie: *sativum* L.

Nombre científico: *Pisum sativum* L.

Nombre común: Español: arveja, guisante, chícharo, pésol, arveja de campo, alverja de huerta, tito, bisalto, poas, arvejos, galbana, pitipúa, tacón. Inglés: Pea

4.3 Arquitectura de la planta

En arveja es posible encontrar arvejas arbustivas, semiarbustivas y volubles, las arvejas arbustivas son de porte bajo y su crecimiento termina en flor, las semiarbustivas son arvejas de porte intermedio que terminan en foliolos, mientras que las volubles son altas, requieren tutor y terminan en foliolos. Uno de los limitantes para la producción de arveja volubles es el costo del tutorado, pues la estructura de las plantas no representa suficientes zarcillos para asirse sobre los tutores para evitar que las plantas caigan sobre el suelo, siendo necesario el alto uso de hilos de polipropileno para su amarre.

Según el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra (2003), en España, las características más importantes a tener en cuenta para la elección de las variedades más apropiadas de arveja, son la productividad y la tolerancia varietal al encamado. Cuando se habla de productividad de las variedades para secanos frescos, las diferencias entre las variedades recomendadas no son elevadas, siendo Messire la variedad que destaca ligeramente sobre el resto. Previamente a la consideración de la altura de la variedad es imprescindible conocer el tipo de hoja. Se puede encontrar variedades con folios abundantes y zarcillos poco desarrollados, afilas (sin foliolos y

zarcillos muy desarrollados) o variedades semiafilas, (intermedio en los otros dos). En general se puede decir que a mayor desarrollo del zarcillo, la resistencia al encamado o volcamiento es mayor.

Algunos investigadores sugieren que la introducción del gen afila en las variedades volubles de arveja, puede conducir a reducir el rendimiento como consecuencia de la reducción del área fotosintética de las plantas no obstante esta afirmación no ha sido comprobada. Otros por el contrario, consideran viable esta posibilidad, bajo el argumento de que el rendimiento es el resultado de un gran número de genes y que cualquier reducción que ocurra, no se debe atribuir a la presencia del gen afila, sino al trasfondo genético de los progenitores que son utilizados en el cruzamiento. Además la reducción de la superficie foliar parece ser importante para reducir enfermedades foliares, aumentar la resistencia al encamado. Se ha introducido varias mutaciones que aportan bien el gen “af” (gen afila, sin hojas) que transforman los folíolos en zarcillos con lo que logran un tipo de guisantes con vegetación y biomasa (Morales, 2005).

Según Mera *et al.* (1998), la presencia del gen afila en las plantas, representa una ventaja, para su manejo agronómico, puesto que el incremento en los zarcillos de la planta, contribuyen a evitar que las plantas coloquen su producción contra el suelo. Además el follaje afilo permite resistir bien la tendadura temprana que afecta a las variedades de follaje convencional (Mera *et al.* 1998).

En arvejas volubles, existen en Colombia, diferentes sistemas de siembra como son: al voleo, en surcos sencillo y doble, y tutorado; este último se adoptó en el departamento de Nariño a partir del año 1995 permitiendo mejores resultados. Al respecto Sañudo *et al.*, (1999), indican que el sistema tutorado permiten mejor control de arvenses y enfermedades, no tiene limitaciones con los periodos de lluvia incrementa considerablemente los rendimientos.

4.4 Enfermedades

El cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) es afectado por numerosos problemas del clima, suelo y fitosanitarios en las etapas de desarrollo y producción, por lo que es necesario establecer un manejo técnico adecuado. No obstante, se presentan riesgos de pérdidas en la cosecha debido a las altas precipitaciones propias de la zona andina, que crean condiciones favorables para el desarrollo de patógenos fungosos, principalmente del género *Ascochyta*, los cuales adquieren importancia económica por el daño que causan a los órganos aéreos de la planta como hojas, tallos y vainas presentando un grave problema en la comercialización en vaina verde (Tamayo, 2000).

Jones, (1927) y (Messiaen *et al.*,1995) coinciden al afirmar que la arveja es muy sensible a tres especies del hongo que pertenecen al género *Ascochyta*; *Ascochyta pisi*, *Ascochyta pinodes* y *Ascochyta pinodella*. Llegando a ser la enfermedad más sobresaliente en el cultivo de arveja, la principal de las leguminosas de grano. No obstante de las tres especies la de mayor importancia es la causada por *Ascochyta pisi*. *Ascochyta* sobrevive en los residuos de cosecha o en la semilla infectada en época de invierno. Según Tamayo (2000) *Ascochyta pisi*. Produce lesiones en hojas, tallos y vainas, en las hojas provoca lesiones circulares (2 a 8 mm de diámetro) de color café claro con anillos concéntricos. La mayor incidencia de este patógeno se presenta en el tercio inferior de la planta pero en ocasiones puede llegar a afectar severamente el tercio medio de la misma (Sañudo *et al.* 2001). *Ascochyta pisi* causante del mal de *Ascochyta* puede producir pérdidas en calidad hasta del 100% en sistemas de siembra no tutorado cuando la humedad es alta y reducir los rendimientos en un 60 %.

Por otra parte, el cultivo de la arveja durante las épocas de verano se ve afectado por la cenicilla, oidio o mildew polvoso la cual es una enfermedad que produce daños en todas las zonas productoras de Colombia. El hongo *Eryshipe pisi* afecta hojas, vainas y tallos en todos los estados

de desarrollo del cultivo. *Oidium* sp., que es el estado anamorfo de *Erysiphe pisi*, se asocia a *Phoma medicaginis* var *pinodella* en cultivos densos y contribuye significativamente a debilitar la planta. Se estima que en rendimiento puede ser reducido entre un 20 y un 44% por causa de esta enfermedad, dependiendo de la variedad. El hongo que causa la cenicilla tiene un amplio rango de hospederos, en los que se incluye malezas y otras especies cultivadas, que sirven de focos de infección.

La cenicilla es más prevalente y severa en condiciones ambientales secas o durante periodos de verano prolongado y temperaturas cercanas a 25 °C. Los síntomas de la enfermedad se manifiestan sobre hojas, tallos y vainas. La cenicilla cubre totalmente los tallos y en los puntos de infección se desarrollan lesiones rectangulares oscuras de 5 x 10 mm, distribuidas a lo largo de los tallos. Las hojas bajas de la planta y las vainas sufren ataques severos. Las manchas son blancas, circulares, pulverulentas y más visibles sobre la cara superior de las hojas. En casos de mucha severidad, el hongo causa secamiento prematuro de las hojas. En los tallos se observan pequeñas lesiones irregulares en forma de estrella. En ataques fuertes la cenicilla cubre totalmente los tallos y en los puntos de infección se desarrollan lesiones rectangulares oscuras 5 x 10 mm. Las vainas tornan una apariencia azulosa cuando se cubren de un polvillo blanquecino y en los puntos de infección aparecen lesiones superficiales oscuras estrelladas de forma irregular (Tamayo, 2000).

4.4.1 Nutrición mineral en la tolerancia a enfermedades en las plantas.

La nutrición mineral de las plantas, considerada como un factor exógeno, puede manejarse fácilmente. Esta característica constituye un punto fundamental complementario a una serie de actividades que el hombre realiza para hacer frente a las enfermedades y obtener productos que le

beneficien. Los nutrimentos influyen en el crecimiento y la supervivencia de los patógenos, en la predisposición, tolerancia y resistencia de las plantas. De igual forma, las enfermedades causadas por virus alteran a los nutrimentos en su absorción, translocación y concentración en las plantas (Velasco, 1999).

4.5 Incidencia y Severidad

La determinación del grado de incidencia de una enfermedad, probablemente es el factor de mayor importancia en cualquier programa de evaluación de pérdidas y es de la mayor importancia definir y estandarizar la metodología de evaluación de la enfermedad. Muchos son los requisitos para una buena determinación, pero existen dos criterios que se deben cumplir durante las etapas de evaluación y antes de emplear un método en trabajos experimentales o en prospecciones. Primeramente, utilizando el mismo método, diferentes observadores deben obtener resultados similares. En segundo lugar, el procedimiento de evaluación debe ser simple y rápido; este último aspecto, la rapidez, tiene particular importancia para realizar extensas prospecciones (Laborda, 2008).

Las enfermedades se pueden cuantificar por métodos directos (por ejemplo: determinación de la incidencia de la enfermedad en la planta) o por métodos indirectos (por ejemplo: detectando las variaciones en la población de esporas). Los métodos directos han tenido una aplicación más amplia debido a que presentan una mejor correlación con las pérdidas en producción. Los métodos indirectos son más complicados y consumidores de tiempo. Los métodos directos miden una enfermedad en términos de incidencia o severidad:

$$\text{Incidencia} = \frac{\% \text{ de plantas enfermas}}{\text{Total (sanas + enfermas) observadas}} \times 100$$

$$\text{Severidad} = \frac{\text{superficie (area)de tejido enfermo}}{\text{Area total}} \times 100$$

La incidencia generalmente se usa para evaluar infecciones sistémicas, por ejemplo marchitamientos, virosis, o en aquellos casos en que se producen pérdidas totales (Laborda, 2008).

4.6 Densidades de siembra

La arveja se cultiva mediante diferentes densidades de siembra, de acuerdo con el hábito de crecimiento de la variedad y con las condiciones climáticas de las zonas productoras (Monsalve, 1993). La distancia entre surcos depende de la variedad y el hábito de crecimiento. Las variedades precoces exhiben menos desarrollo exigiendo menos separación entre hileras de siembra (Lobo y Girard, 1983).

En investigaciones realizadas en el cultivo de arveja durante 20 años en Inglaterra, se verifico que reduciendo la distancia de siembra entre plantas de 60 a 40 cm se obtiene un aumento del 35% en el rendimiento al reducir la distancia entre hileras 20 cm (King, 1996). Holliday (1960), en los Estados Unidos, encontró que al aumentar la densidad de población en un cultivo de arveja, había una reducción en el número de vainas por planta al igual que el número de granos por vaina.

En contraste, Gritton y Eastin (1968), trabajando con variedades tempranas y tardías de arveja, utilizando diferentes distancias entre hileras y con distintas densidades de siembra por hectárea, encontraron que la producción por planta y número de granos por vaina disminuía a medida que la población aumentaba. Según Vicent (1958) al disminuir la distancia de siembra entre hileras, era muy frecuente la no formación de vainas en el nudo basal. Ensayos realizados en la Estación Experimental Carillanca Temuco en Chile, la densidad de siembra es un factor determinante en el rendimiento de la arveja. A medida que aumenta la densidad, las plantas son individualmente menos productivas por la competencia, sin embargo la producción por superficie aumenta. El peso

del grano prácticamente no es afectado por la densidad de las plantas, pero si pueden ser afectados por las condiciones climáticas de la temperatura (Mera *et al.*, 1998).

En Colombia Tamayo y Duarte, citados por Montezuma y Ruiz (1974), recomiendan distancias de siembra de 60 cm entre surcos y de 15 a 20cm entre plantas; también aconsejan utilizar sistemas de surcos dobles, sembrando surcos sencillos a 30 cm y a 60 cm entre pares de surcos, con la misma distancia entre plantas. Entre los sistemas de siembra más utilizados surcos sencillos con densidades entre 110 a 830 mil plantas por hectáreas y en surcos dobles con densidades de 130-140 mil plantas por hectárea; en algunos casos el sistema de siembra más aconsejable es al voleo, dependiendo de la variedad. En ciertas zonas para variedades de crecimiento indeterminado se utiliza el tutorado en la producción de arveja para mercado fresco (FEDECAFE, 1986).

4.7 Fertilización

La fertilidad del suelo se mantiene cuando la salida de los elementos nutritivos (exportaciones) es compensada por la entrada de los mismos (aportaciones). Si las exportaciones son superiores a las aportaciones, la fertilidad del suelo disminuye (Alarcón, 2000).

Tabla 1. *Extracción de nutrientes (kg.t⁻¹) para el cultivo de arveja*

cultivo	Extracción de nutrientes (kg.t ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Arveja	15.0	2.0	7.0	0.7	0.3	0.1

Fuente: IFA. (1992) y Bertsch (2003).

4.7.1 Necesidades nutritivas de la arveja.

El nitrógeno es el elemento más abundante de la atmósfera (78% está constituido por nitrógeno). Parece paradójico que siendo el más abundante, es el más difícil de conseguir. La razón es que el nitrógeno del aire es inerte y no puede ser directamente aprovechado por los vegetales ni tampoco por los animales.

El nitrógeno atmosférico está inmovilizado entre sí mediante un triple enlace muy estable y muy fuerte (N_2), y en estas condiciones no puede ser utilizado por las plantas ni por los animales. Para que pueda ser utilizado, hay que romper esos enlaces y fijar o unir el nitrógeno a otros elementos, como el hidrógeno u oxígeno. Solo en estas condiciones, el nitrógeno puesto en el suelo es absorbido por las raíces de las plantas. A partir de este nitrógeno, bajo la forma de iones nitrato (NO_3) o amonio (NH_4), los vegetales inician la fabricación de los aminoácidos, y por ende sus proteínas (Creces, 1997).

Los suelos del departamento de Nariño son moderadamente ácidos, con contenidos medios a altos de materia orgánica y altos en N total, el contenido de N asimilable fue encontrado relativamente bajo, esperándose respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado (Muñoz *et al*, 1974).

En suelos volcánicos del departamento de Nariño, Muñoz, Wieksoreck y Leon (1973) encontraron respuestas positivas a la aplicación de 30 a 90 $Kg.ha^{-1}$ de nitrógeno, cuando se aplicaron niveles de fósforo (P_2O_5) entre 125 y 150 $Kg.ha^{-1}$ cuando aplicaron dosis inferiores de fósforo la respuesta fue nula.

Una de las características más importantes de los Andisoles es su capacidad para inmovilizar (fijar) fósforo (P) en la superficie de los minerales amorfos. Esta es la principal limitante química de los Andisoles. Aparentemente, la capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de

arcilla presente y esto a su vez cambia el efecto residual de las aplicaciones de fosfato. En ciertos cultivos, los estudios de calibración, no han logrado correlacionar adecuadamente el contenido de P en el suelo con las recomendaciones de fertilización (Espinosa, 1987).

El potencial de fijación de P en Andisoles parece estar relacionado con la presencia de diferentes materiales en la fracción arcilla como resultado de las diferentes condiciones de meteorización de la ceniza volcánica. Los suelos dominados por complejos humus-Al parecen tener un mayor potencial de fijar P, lo cual aparentemente es difícil de satisfacer (Espinosa, 1987).

El fósforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de P para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de P en los cultivos varía de 0.1 a 0.5% (Agronómicas, 2000).

El potasio no es componente estructural de la planta, ni tampoco de las enzimas y proteínas. Su función parece ser principalmente reguladora; por ejemplo, participa en la osmoregulación (movimiento estomatal) y como cofactor en varios sistemas enzimáticos. Se conoce donde se encuentra el potasio dentro de la planta, pero no la función que desempeña. El potasio afecta la mayoría de los procesos metabólicos que se han estudiado. Por ejemplo, en el metabolismo de las proteínas parece que activa ciertas enzimas responsables del enlace entre los péptidos y la incorporación de los aminoácidos a las proteínas. El potasio es requerido para la formación del almidón y los azúcares, para su distribución a toda la planta. Se ha comprobado que este nutrimento es necesario para la división y el crecimiento celular y que de alguna forma está vinculado a la

permeabilidad y a la hidratación. Las plantas son más resistentes a las plagas y al estrés ambiental cuando satisfacen sus requerimientos de potasio (Gliessman, 2002).

El calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) son macronutrientes secundarios, pero esta clasificación responde más a los niveles relativamente altos en que se acumulan en los tejidos vegetales y no a su importancia en las estructuras y procesos. Esto no significa que su papel no sea valioso porque cuando cualquiera de estos nutrientes son escasos en el suelo, el desarrollo de la planta es afectado y rápidamente aparecen los síntomas más propios de la deficiencia (Gliessman, 2002).

En cuanto a elementos menores, entre los más importantes para el cultivo de arveja se encuentran el manganeso, el hierro, el azufre, el magnesio, el cobre y el zinc, esenciales en el metabolismo y en la fotosíntesis. El molibdeno es importante para el funcionamiento correcto de la simbiosis y la asimilación de nitratos. El boro genera tejido vascular entre las raíces y los nódulos (Negret y Lara, 1991).

Todos los elementos minerales obran entre sí y actúan sobre los otros, provocando sinergismo y antagonismo por efecto de la competencia iónica o la interacción en los procesos de precipitación. Ejemplo: los altos niveles de fósforo en el suelo o en la hoja competirán con el magnesio, hierro, zinc y cobre en la asimilación (Torres, Chinchilla, 2009).

El antagonismo se presenta cuando el aumento en la concentración de un elemento reduce la absorción de otro. Ejemplos: NO_3^- -Cl, Fe-Mn, Na-Ca, NH_4^+ -Ca, K-Mg, Ca-Mg. Cuando los iones fijados al complejo coloidal guardan una adecuada proporción estos antagonismos no suelen presentarse (Alarcón 2008).

El sinergismo se presenta cuando el aumento en la concentración de un elemento favorece la absorción de otro. Ejemplo: N-Ca, P-Mo. Puede darse el caso de existir “sinergismos negativos”,

donde la carencia de un determinado elemento propicia la deficiencia del otro, como el caso B-Ca, un déficit de boro dificulta la absorción de calcio y viceversa, si bien es cierto que entre un exceso de uno de ellos se comportan como elementos antagónicos, dificultando la normal absorción del otro (Alarcón 2008).

Las dosis deficientes, excesivas o inadecuadamente aplicadas de fertilizantes de síntesis conducen a grandes riesgos ambientales, altas dosis terminan contaminando las fuentes de agua local y para acuicultura, pero poco fertilizante conduce a bajas producciones, pérdida de fertilidad del suelo y agotamiento de la tierra (Estrada, 2000).

Teniendo en cuenta lo anterior las aplicaciones de fertilizante dependerán del análisis de suelos, pero deberán tenerse en cuenta los siguientes parámetros: La arveja exige fósforo y potasio para la obtención de buenos rendimientos; la arveja como leguminosa desarrolla nódulos para la fijación de nitrógeno, factor que en suelos nuevos en arveja es importante estimular con inoculación y de esta manera se puede disminuir la aplicación directa de nitrógeno. Finalmente, la aplicación del fertilizante puede realizarse por incorporación al voleo o en banda a un lado y ligeramente debajo de la semilla (FNC,1990; Ica Corpoica Sindamanoy, 1995).

Se recomienda los fertilizantes 13-26-6 y 10-30-10 para regiones altas, respectivamente para épocas veranosas y lluvias. En regiones bajas de mejores resultados los abonos de las formulas 15-15-15 o 18-18-18. Las cantidades recomendadas van de 100 a 150 kg.ha⁻¹ según análisis de suelos (Sañudo *et al.*, 1999).

Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) cubren una gran extensión de América Central y América del Sur. La fracción arcilla de estos suelos está dominada por alofana e imogolita (minerales amorfos de rango corto) que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos producto de recientes deposiciones volcánicas. Investigación conducida en los

últimos años ha demostrado que los complejos humus aluminio (Al) juegan también un significativo papel en el comportamiento de los Andisoles (Espinosa, 1987).

Los suelos de clima frío de Nariño tienen texturas con predominio de las francas sobre las franco-arcillosas. En general, los suelos tienen altas proporciones de limos y arenas (Guerrero, 1998).

En Nariño, la estabilidad estructural de los suelos está muy asociada con los contenidos de materia orgánica. La mayoría de los suelos son no plásticos o ligeramente plásticos. Porosidad y permeabilidad altas. La retención de humedad, de baja a media, está muy influenciada por el contenido de materia orgánica (Guerrero, 1998).

Los andisoles de Nariño tienen un alto poder de fijación de fósforo, moderados contenidos de aluminio intercambiable y de compuestos libres (Guerrero, 1998).

Según Camarcho *et al.*, (1993), mencionan que los suelos paperos de la región andina se clasifican dentro del orden de los Inceptisoles y el suborden de los Andisoles. Son suelos que se han originado a partir de las rocas eruptivas provenientes de la actividad volcánica de finales del terciario y cuaternario.

Para Wiczorec (1979), la mayoría de los suelos en zonas donde se cultiva papa responden favorablemente a la aplicación de N y P (P_2O_5), obteniéndose los mayores rendimientos con dosis de 50 a 100 $kg \cdot ha^{-1}$ de N y entre 100 y 300 $kg \cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 en zonas de alturas menores a 2900 msnm.

4.7.2 Estudios realizados en fertilización

Estudios realizados por Santamaria *et al.*, (2010) en “Evaluación de dos fertilizantes orgánicos frente al fertilizante 10-30-10 y sus mezclas, en el cultivo de arveja *Pisum sativum* L. en Madrid Cundinamarca”, encontraron que los mayores rendimientos de arveja Santa Isabel en vaina verde se presentaron en los tratamientos fertilizados con el abono orgánico líquido Fertigran (potasio soluble en agua, carbono de extracto húmico, carbono de ácidos húmicos y carbono de ácidos fulvicos) con un fertilizante edáfico de humus-gallinaza relación 1:3 respectivamente, y el otro tratamiento fue con abono mineral 10-30-10, los cuales obtuvieron los mejores rendimientos en vaina verde.

4.8 Riego

Las hortalizas son cultivos que requieren un manejo adecuado de la humedad del suelo para rendir buenas cosechas. Los excesos de humedad perjudican el crecimiento del sistema radical y promueven el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas. En nuestro país se han realizado pocas investigaciones para establecer el manejo más adecuado del agua de riego, debido quizás a que los agricultores acostumbran sembrar al inicio del periodo de lluvias y al final de este, cuando la humedad residual es suficiente para obtener buenas cosechas.

En las plantaciones de hortalizas, que se hacen a la salida del invierno, el agricultor aplica el riego por aspersión durante las últimas semanas del cultivo, pues la preparación del terreno se hizo para una condición de alta precipitación y por consiguiente no es apropiado para riego. Los sistemas de conducción y aplicación del agua, en la producción de hortalizas, son rudimentarios y no se controla el volumen del líquido a aplicar (Bolaños, 2001).

La arveja requiere 250 a 380 mm de agua bien distribuidos por ciclo de cultivo; es muy sensible a la escases de agua, sobre todo en épocas de crecimiento e inicio de la floración (Inat-CORPOICA, 2000; ICA, 1993).

4.9 Priorización de la investigación en arveja y su problemática en Nariño.

De acuerdo con la Matriz Consolidada de la Agenda de Competitividad de Hortalizas para el departamento de Nariño (2012), se estableció que la arveja es la hortaliza de mayor importancia por su área sembrada y por ser una fuente permanente de empleo en el campo y una alternativa rentable para el productor. En la reunión departamental realizada para consolidar la Agenda de Competitividad de Hortalizas, se determinó como prioritaria la obtención de variedades adaptadas a las condiciones ambientales de las zonas productoras con alto rendimiento y calidad nutricional para el consumo en fresco y para la industria y resistencia a las enfermedades limitantes (*Ascochyta* sp., *Fusarium oxysporum*, *Oidium* y *Botrytis cinerea*). Se hizo énfasis en la necesidad de generar variedades con cambio de arquitectura de planta que favorezca los procesos de tutorado mediante el uso del gen afila, así como también generar recomendaciones tecnológicas para el manejo eficiente del agua, aprovechando los distritos de riego de la región (CORPOICA, Matriz de la Agenda de Competitividad de Hortalizas para el departamento de Nariño, Marzo de 2012).

En la misma matriz, se priorizó la generación de recomendaciones tecnológicas en nutrición vegetal bajo las condiciones biofísicas de Nariño, indicando la necesidad de definir para arveja, coliflor, zanahoria, cebolla junca y de bulbo, las recomendaciones de fertilización específica por cultivo.

El desarrollo de la presente pasantía empresarial está enmarcada dentro del proyecto: Investigación para el Mejoramiento de la Tecnología de Producción de Arveja (*Pisum sativum* L.) del

departamento de Nariño, que contempla como uno de sus objetivos la obtención de recomendaciones técnicas para fertilización y riego en arveja.

Dentro de la fertilización, el proyecto plantea la actividad 10 que corresponde a la evaluación de diferentes dosis de NPK en cinco municipios del sur de Nariño. En este contexto la pasantía tuvo lugar en el ensayo que se realizó en el municipio de Puerres.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Contribuir al conocimiento del manejo eficiente del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) con el uso óptimo de dosis de fertilizantes en el municipio de Puerres, Departamento de Nariño.

5.2 Objetivos específicos

5.2.1 Evaluar la respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) a la aplicación de diferentes dosis de NPK para satisfacer sus requerimientos en el municipio de Puerres, Departamento de Nariño.

5.2.2 Evaluar la interacción de algunos genotipos con diferentes dosis de fertilizante.

6. METODOLOGÍA

6.1 Localización

La presente investigación se desarrolló en el Municipio de Puerres, vereda la Hacienda, ubicado a 80 Km de la ciudad de Pasto, con una altitud de 2764 m.s.n.m., latitud 0° 55' 44" N y longitud 77° 32' 37" W, con una temperatura promedio de 13°C y una precipitación anual de 979.9 mm (IDEAM,2016).

De acuerdo con IGAC (2004) estos suelos se clasificaron como Pachic Melanudands. Morfológicamente presentan un perfil de tipo A-B-C. El horizonte Ap, tiene 18cm de espesor, color negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, fina y media, moderada; luego aparece el A2, color negro, textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares, media fuerte. El horizonte B de alteración color pardo oscuro, con manchas negras y textura franco arenosa; que yace sobre un C, de colores pardo grisáceo muy oscuro y pardo amarillento, texturas franco arcillosas (al tacto) y sin estructura masiva.

Químicamente son de reacción fuerte a moderadamente ácida. De alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos a altos contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio, bajos en fósforo y de fertilidad alta (IGAC 2004)

Estos suelos se presentan en los bancos de las mesas, dentro del paisaje de altiplanicie; comprende suelos muy profundos, bien drenados y textura franco gruesa; se han desarrollado de cenizas volcánicas sobre tobas de ceniza y lapilli. Geomorfológicamente ocupan sectores de las mesas de relieve plano y ligeramente inclinado a moderadamente inclinado, con pendientes entre 0 y 12%, cortas, algunas veces medias y moderada disección (IGAC, 2004).

6.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de Bloques completos al Azar con arreglo en parcelas divididas y 3 repeticiones, en el cual, el factor A corresponde a 5 genotipos de arveja y el factor B a 6 sistemas de fertilización.

6.3 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha \gamma)_{ik} + \beta_j + (\beta \gamma)_{jk} + (\alpha \beta)_{ij} + (\alpha \beta \gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = media

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A (**Genotipo Arveja**)

γ_k = efecto de K-ésimo nivel del factor R (Bloque)

$(\alpha \gamma)_{ik}$ = efecto de la interacción A*R en la combinación ik (error A)

β_j = efecto del factor B (**Sistema de fertilización**) en su nivel j.

$(\beta \gamma)_{jk}$ = interacción B*R en jk.

$(\alpha \beta)_{ij}$ = efecto de la interacción A*B en la combinación ij.

$(\alpha \beta \gamma)_{ijk}$ = interacción AB*R en la combinación ijk (error B)

ε_{ijk} = Error aleatorio en la casilla ijk.

Factor A = genotipos de arveja

1. L18 (SI x DRC183)
2. L3 (S x 3575 F3RC13)
3. Sureña
4. San Isidro
5. Alcalá

Factor B = Sistemas de fertilización NPK evaluados

Tabla 2. *Sistemas de fertilización de NPK del cultivo de arveja para producir 10 t.ha⁻¹ con valores superiores e inferiores del 25 y 50%, de acuerdo a la propuesta por Alarcón (1997).*

	N (kg.ha⁻¹)	P (kg.ha⁻¹)	K (kg.ha⁻¹)
1	225	30	105
2	188	25	88
3	150	20	70 (Alarcón, 1997)
4	113	15	53
5	75	10	35
6	El tratamiento fue definido según análisis de suelo y teniendo en cuenta los requerimientos de N, P y K.		

Fuente: esta investigación.

Los sistemas de fertilización se seleccionaron tomando como patrón el requerimiento del cultivo de arveja para producir 10 t.ha⁻¹, de 150-20-70 Kg.ha⁻¹ de NPK respectivamente, recomendado por Alarcón (1997), el cual se tomó como el tratamiento base del 100%, estableciendo para los

otros tratamientos o niveles de fertilización valores superiores e inferiores del 25 y 50% de la propuesta antes mencionada.

El requerimientos para el cultivo de arveja utilizado por el autor Alarcón (1997), fue una base para este ensayo, ya que la investigación realizada por Alarcón se llevó a cabo en suelos del municipio de Pasca, Cundinamarca. De acuerdo con el IGAC (2009), el suelo se clasifica como Ultic Melanudands, el perfil es un Andisol en el que se destaca el color negro de los horizontes Ap. El municipio de Pasca tiene una altitud de 2300 msnm, temperatura que varía 12 a 18° C y precipitación anual de 868.8 mm.

Entre las propiedades químicas presenta alta capacidad de cambio catiónico; alta fijación fosfórica para los dos primeros horizontes, así como los valores del aluminio y el hierro activo, el pH corresponde a fuertemente ácido. En cuanto a las propiedades físicas, la densidad aparente contrasta entre los horizontes superficiales y los subsuperficiales, el primer horizonte es inferior a 0.8 mg/m³, y en los subyacentes es mayor de 1 mg/m³; la porosidad es alta en los horizontes superficiales y disminuye en los horizontes subyacentes presentándose allí un aumento en la microporosidad (Sánchez, 2016).

Además el autor menciona que el requerimiento de 150-20-70 kg.ha⁻¹ de NPK también se utilizó en suelos del departamento de Boyacá, ya que estos son derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), la fertilidad se agrupa en baja, moderadamente alta y muy alta. Todos los suelos de Boyacá responden satisfactoriamente a la aplicación de fertilizantes potásicos y fosfóricos; el pH es menor o igual a 5,5 en zonas de clima frío, saturaciones de aluminio superiores al 65%. Comprende una altitud de 2427msnm y una temperatura promedio de 13°C (IGAC, 2005).

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de suelo, se encontró que el nitrógeno presente en el suelo no es suficiente para cubrir el requerimiento como se indica en la tabla 4. Para el caso de fósforo y potasio se obtuvo un buen contenido de nutrientes por lo cual se aplicó solo un 30% del requerimiento para el cultivo de arveja con el fin de devolver al suelo los nutrientes extraídos y evitar un desbalance nutricional. Teniendo en cuenta lo mencionado se utilizó fertilizante complejo 10-30-10 de NPK hasta igualar el requerimiento de potasio, además se complementó con Urea fuente simple para el nitrógeno y Fosfato diamónico (DAP) fuente compuesta de fósforo y nitrógeno, de tal manera lograr satisfacer el requerimiento.

La aplicación del fertilizante se hizo a los dos 20 días después de la siembra como lo hacen los agricultores de la región, en surco localizado a 5 centímetros al lado de la planta.

Las parcelas principal sobre la cual se ubicó el genotipo tuvo un área de $6\text{ m} \times 18\text{ m} = 108\text{ m}^2$ y las subparcelas que contienen el sistema de fertilización correspondieron a 5 surcos de 3 metros de largo dispuestos a una distancia entre surcos de 1.20 m y entre plantas a 0.10 m.

La siembra se hizo colocando una semilla por sitio, para obtener idealmente una población de 13500 plantas en toda el área experimental. El área útil o de cosecha fue la correspondiente a los tres surcos centrales de la subparcela.

Tabla 3. Información registrada del análisis de suelo, vereda la Hacienda, municipio de Puerres.

PARÁMETROS QUÍMICOS					
Parámetro	Especie química	Unidad de medida	Resultado	Diagnostico	
pH	NA	Unidades de pH	4.68	Extremadamente ácido	
Aluminio de cambio	Al ³⁺	mg/kg	65	Alto	
Conductividad eléctrica (sólidos solubles totales)	NA	µS/cm (ppm)	187.6 (93.8)	Baja (No salino)	
CIC	NA	cmol ⁺ /kg	18	NA	
Fósforo disponible	P	mg/kg	82.34	Muy alto	
Bases de cambio	calcio	Ca	mg/kg	1223.07	Medio
	magnesio	Mg	mg/kg	115.87	Alto
	potasio	K	mg/kg	171.53	Muy alto
Materia orgánica	NA	%	9.74	Medio	
Carbono orgánico	C	%	5.65	NA	
Nitrógeno total	N	%	0.49	NA	
PARÁMETROS FÍSICOS					
Textura (dispersión/floculación)		40.0% Arena; 47.0% Limo; 13.0% Arcilla		Franco	
Densidad aparente (Gravimétrica)		1 g/cm ³			
NA: No Aplica; ND: No Determinado; CIC: Capacidad de Intercambio Cationico; CE: Conductividad Eléctrica.					

Análisis de los resultados obtenidos por medio del software SMART FERTILIZER.

Tabla 4. Resumen de los cálculos de plan de fertilización.

Requerimiento del cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.)	N 150 kg.ha⁻¹	P 20 kg.ha⁻¹	K 70 kg.ha⁻¹
Suelo de la vereda la Hacienda, Mpio de Puerres.	146	165	343
	-4	+ 145	+ 273
Aplicar el 30% del requerimiento (Hugo Ruiz)		6	21
Fuentes Conversión P ₂ O ₅ K ₂ O		0.4366 P ₂ O ₅	0.8297 K ₂ O
		6 / 0.4366	21 / 0.8297
	4	13.74 kg P ₂ O ₅	25.31 kg K ₂ O
Eficiencia de cada elemento	60 % (0.60)	10% (0.10)	60% (0.60)
Corrección por eficiencia	4 / 0.60	13.74 / 0.10	25.31 / 0.60
	6.66	137.4 kg P ₂ O ₅	42.18 kg K ₂ O
Aplicación de fuente	UREA 46%		
	6.66 / 0.46		
	14.47 kg UREA		

Teniendo en cuenta los respectivos requerimientos del cultivo de arveja, para la aplicación de un fertilizante complejo NPK 10-30-10, se realizó los respectivos cálculos cubriendo al elemento de menor cantidad.

Tabla 5. Mezcla de fertilizante 10-30-10 de NPK + Urea+ Dap para 2250 plantas para cada sistema de fertilización de NPK.

	Sistemas de fertilización de NPK	Fertilizante 10-30-10 Kg	UREA Kg	DAP Kg	Total Kg	g/planta	Surco (30plantas) g
1	225-30-105	18	0.8	1.1	20	8.8	264
2	188-25-88	15	0.6	0.9	16.5	7.3	219
3	150-20-70	12	0.5	0.7	13.2	5.8	174
4	113-15-53	9	0.4	0.5	10	4.4	132
5	75-10-35	6	0.3	0.4	7	3	90
6	Análisis	-----	0.5	-----	0.5	0.2	6

Figura 1. *Diseño de mapa de campo con la ubicación de los Sistemas de fertilización de la vereda la Hacienda, Municipio de Puerres.*

30 METROS											
	SUREÑA		SAN ISIDRO		SIxDRC183		ALCALA		Sx3575 F3 RC13		
B	3	P1	2	P36	4	P37	1	P72	1	P73	B
B	5	P2	5	P35	2	P38	5	P71	5	P74	B
B	1	P3	4	P34	3	P39	3	P70	6	P75	B
B	4	P4	6	P33	6	P40	4	P69	4	P76	B
B	2	P5	3	P32	1	P41	2	P68	2	P77	B
B	6	P6	1	P31	5	P42	6	P67	3	P78	B
	Sx3575 F3 RC13		ALCALA		SUREÑA		SAN ISIDRO		SIxDRC183		
B	6	P7	3	P30	3	P43	4	P66	1	P79	B
B	4	P8	6	P29	6	P44	6	P65	6	P80	B
B	1	P9	1	P28	1	P45	1	P64	4	P81	B
B	3	P10	2	P27	2	P46	5	P63	3	P82	B
B	2	P11	5	P26	5	P47	2	P62	2	P83	B
B	5	P12	4	P25	4	P48	3	P61	5	P84	B
	SAN ISIDRO		SUREÑA		SIxDRC183		Sx3575 F3 RC13		ALCALA		
B	3	P13	5	P24	1	P49	1	P60	3	P85	B
B	2	P14	4	P23	5	P50	5	P59	6	P86	B
B	6	P15	6	P22	6	P51	4	P58	4	P87	B
B	4	P16	1	P21	4	P52	2	P57	2	P88	B
B	5	P17	2	P20	3	P53	3	P56	1	P89	B
B	1	P18	3	P19	2	P54	6	P55	5	P90	B

18
M

1M

Figura N° 1 mapa de campo experimento de fertilización Puerres.

1.4 Métodos estadísticos

Los resultados se procesaron mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey. De esta forma se estableció cuál de las dosis de N-P-K es la de mejor respuesta igualmente se hizo una prueba de tendencia para dosis de fósforo.

1.5 Variables evaluadas

La evaluación se realizó por componentes de rendimiento, utilizando las siguientes variables:

Número de vainas por planta (NVP): se contaron el número total de vainas en las plantas de la parcela útil de cada subparcela para obtener un promedio.

En 15 vainas al azar tomadas de la parcela útil de la variable anterior se registraron las siguientes variables:

Peso de la vaina con grano (PVCG): se registró el promedio en gramos; Número de granos por vaina (NGV): se contaron los granos de las vainas y se obtuvo el promedio; Peso de grano por vaina (PGV): se tomó el respectivo peso de los granos para dividir entre el número de vainas y se registró el resultado en gramos; Relación grano vaina (RGV): se obtuvo de dividir el peso de los granos sobre el peso de las vainas con grano; Rendimiento (RTO): se cosechó en vaina verde el área útil de las subparcelas para obtener el rendimiento en vaina verde por parcela y luego llevarlo a $t.ha^{-1}$.

1.5.1 Evaluación de incidencia y severidad

Incidencia: se tuvo en cuenta el porcentaje de plantas afectadas con manchas de *Ascochyta* y Antracnosis de cada uno de los tratamientos evaluados.

Severidad: se hizo una estimación visual en la cual se estableció grados de infección sobre el tejido vegetal enfermo, haciendo referencia al porcentaje del área necrosada o enferma.

La evaluación se realizó al momento de la cosecha en vaina verde correspondiente a cada tratamiento de los tres surcos centrales de la subparcela. La calificación se hizo con base en la escala gráfica, cuantitativa y cualitativa de severidad propuesta por (Orbes y Becerra 1982). (Fig. 2, 3, 4).

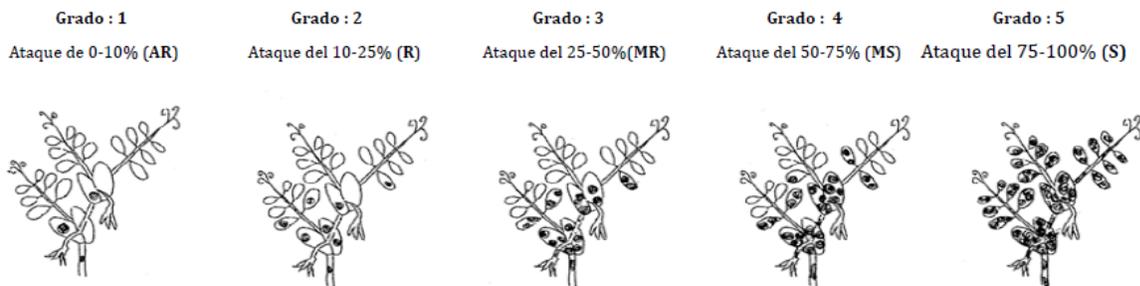


Figura 2. Escala de severidad para evaluación de *A. pisi*. en hojas y tallo. 1=Sin evidencia visible de la enfermedad o presencia de lesiones pequeñas del 1 al 10% del tejido afectado; 2= Del 10 al 25% de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta; 3= Del 25 al 50% de tejido afectado; 4= Del 50 al 75% de tejido afectado; 5= Del 75 al 100 % de tejido afectado (Orbes y Becerra, 1982).

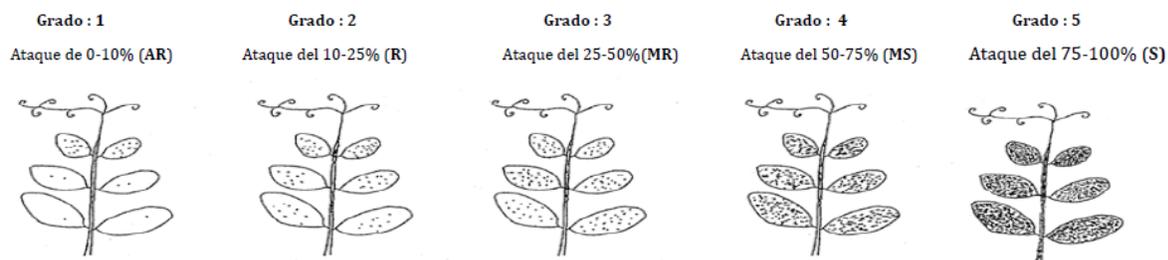


Figura 3. Escala de Severidad para evaluación de *Mycosphaerella pinodes* (*A. pinodes*) en hojas y tallo. 1=Sin evidencia visible de la enfermedad o presencia de lesiones pequeñas del 1 al 10% del tejido afectado; 2= Del 10 al 25% de tejido afectado en los diferentes órganos de la planta; 3= Del 25 al 50% de tejido afectado; 4= Del 50 al 75% de tejido afectado; 5= Del 75 al 100 % de tejido afectado (Orbes y Becerra, 1982).

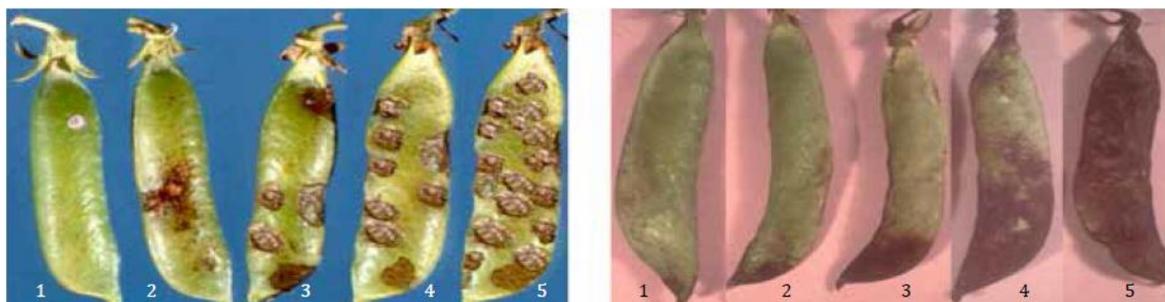


Figura 4. Escala de Severidad para evaluación de *Ascochyta pisi* y *Mycosphaerella pinodes* (*A. pinodes*) en vainas. **Grado: 1** Ataque de 0-10% (AR) , **Grado 2 :** Ataque del 10-25% (R) , **Grado 3 :** Ataque del 25-50%(MR) , **Grado 4:** Ataque del 50-75% (MS) , **Grado : 5** Ataque del 75-100% (S).

1.6 Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey. Para establecer la respuesta del cultivo a los diferentes sistemas de fertilización y validarla estadísticamente se hicieron pruebas de tendencia lineal, y cuadrática mediante contrastes ortogonales de acuerdo con la metodología señalada por Quiroga (1984).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 6 se puede observar los cuadrados medios que indican diferencias estadísticas entre genotipos para las variables peso de vaina con Grano (PVCG), número de granos por vaina (NGV), relación grano vaina (RGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV). No se encontraron diferencias estadísticas entre las demás variables número de plantas por surco (NP), número de vainas por planta (NVP) y peso de vainas con grano (PVG).

También se encontró diferencias estadísticas para fertilización en las variables número de vainas por planta (NVP), relación grano vaina (RGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV). No se encontraron diferencias estadísticas entre las demás variables número de plantas por surco (NP), peso de vaina con grano (PVCG), número de granos por vaina (NGV) y peso de grano por vaina (PGV). Tampoco se encontró diferencias significativas para la interacción genotipo por fertilización en ninguna de las variables evaluadas.

Tabla 6. Cuadrado medio de las variables número de plantas por surco (NP), número de vainas por planta (NVP), peso de Vaina con Grano (PVCG), número de granos por vaina (NGV), peso de grano por vaina (PGV), relación grano vaina (RGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV). Puerres 2016.

F.	NP	NVP	PVCG	NGV	PGV	RGV	RTOV	INCL.	SEVER.
VARIACION									
Modelo	168,62	38,15	1,96	0,44	0,18	0,0047	8,54	294,70	257,38
Genotipos	473,02	96,64	16,18**	2,86**	0,93	0,03*	52,18**	526,11	498,33
Bloques	608,14	70,49	0,12	0,18	0,07	0,00056	7,94	67,68	854,44
Error a	302,87	53,03	0,59	0,37	0,18	0,01	5,82	905,28	351,67
Fertilización	51,02	19,21*	0,39	0,06	0,17	0,0021*	6,29**	196,44	359,11
G*F	39,50	9,75	0,23	0,10	0,05	0,00087	1,53	51,44	86,33
Error b	38,15	6,94	0,27	0,17	0,10	0,00085	1,21	47,11	76,22
R²	0,78	0,78	0,85	0,67	0,59	0,81	0,85	0,83	0,72
CV	8,80	12,42	7,51	7,79	10,34	6,52	15,72	12,45	19,35

* Diferencias significativas; $p < 0.05$ **diferencias altamente significativas $p < 0.01$.

Peso de vaina con grano (PVCG)

En la tabla 7 se puede observar los promedios de las variables evaluadas, en el peso de vaina con grano (PVCG), se encontró diferencias significativas indicando que Alcalá presentó un mayor peso con un promedio de 8,24 g en comparación a San Isidro, Sureña, L3 y L18 con valores de 7,30 g, 6.73 g, 6,37 g y 5,74 g respectivamente. Sin embargo San Isidro presentó un mayor peso en comparación a L18. Sureña y L3 presentaron pesos similares en un rango de 6.73 g a 6,37 g.

Desde el punto de vista comercial, el peso de vaina verde incluyendo el grano en fresco, es muy importante para los compradores de arveja, quienes buscan y pagan mejor las vainas grandes y de mayor peso porque las asocian con mayor tamaño y peso de los granos. Sin embargo, hay agricultores y comerciantes que sostienen que cuando las variedades de arveja se siembran en las zonas altas por encima de 2800 msnm, las vainas pueden presentar mayor peso debido al aumento en el grosor de sus valvas pero que ello no significa mayor tamaño y peso de sus granos (Pantoja *et al.* 2014).

Número de granos por vaina (NGV)

Para esta variable la L3 con un valor de 5,94 granos lo cual presentó mayor cantidad en comparación a los genotipos L18, Sureña, San Isidro y Alcalá con menores promedios que oscilan de 5,20, 5,18, 5,07 y 4,91 granos por vaina respectivamente. (Tabla 7).

El número de granos por vaina es posible a la constitución genética que gobierna este carácter dentro de los materiales evaluados. Por otra parte se observó el comportamiento de los diferentes genotipos en las variables PVCG y NGV, lo cual se puede apreciar compensaciones de tal manera que cuando se mejora la condición peso de vaina con grano se puede observar reducciones en el número de granos por vaina; dicha tendencia se evidencia en el material Alcalá, mientras que en el genotipo L3 ocurre el caso contrario.

Datos similares a la presente investigación, donde materiales afila y no afila se encontró que para la variable NGV Los resultados sugieren que hay independencia entre los genes que controlan la expresión del carácter afila y los que corresponden al número de granos por vaina, pues tener o no la presencia de hojas transformadas en zarcillos por efecto del gen afila no implica una reducción o un aumento en el número de granos por vaina (Pantoja *et al.* 2014).

Según Tulcan y Castillo (1998) sugieren que el número de granos por vaina es un carácter cuya expresión es altamente heredable. El comportamiento para esta característica estuvo dentro del rango reportado por Khan *et al.* (2013) quienes encontraron variaciones entre 4,0 y 8,5 granos por vaina. Cuando el NGV se sitúa entre tres y cuatro, se considera bajo, medio entre cinco a seis y alto mayor de seis (Biddle *et al.*, 1988).

El NGV, es uno de los componentes de rendimientos más importantes en el mejoramiento genético de arveja para el caso de Colombia, donde más del 90% de la producción de arveja se destina al mercado de vaina verde (Pantoja *et al.* 2014). 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 en los componentes de rendimiento, de tal forma que si se aumentan las semillas por vaina, se puede disminuir el número de vainas por planta o el peso de la semilla (Tiemerman *et al.*, 2004; Ligarreto *et al.*, 2009).

No se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos para la variable número de vainas por planta (NVP), indicando que L3, Sureña, San Isidro, Alcalá y L18 con valores que oscilan entre 24,23 a 18,46 vainas por plantas donde los promedios son estadísticamente similares entre sí, así se ratifica en la tabla 7.

Tabla 7. Promedios de las variables número de vainas por planta (NVP), peso de vaina con grano (PVCG), número de granos por vaina (NGV) para genotipos. Municipio de Puerres. Vereda la Hacienda. 2016.

GENOTIPOS	NVP	GENOTIPOS	PVCG	GENOTIPOS	NGV
L3	24,23 a	Alcalá	8,24 a	L3	5,94 a
Sureña	22,30 a	San Isidro	7,30 b	L18	5,20 b
San Isidro	21,72 a	Sureña	6,73 bc	Sureña	5,18 b
Alcalá	19,39 a	L3	6,37 cd	San Isidro	5,07 b
L18	18,46 a	L18	5,74 d	Alcalá	4,91 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso de grano por vaina (PGV)

Para los genotipos Alcalá, L3 y San Isidro con promedios entre 3,18, 3,15 y 3,14 g, superaron a L18 que mostró un peso inferior de 2,64 g y la variedad Sureña con un valor intermedio de 3,10 g (Tabla 8). Esta variable es importante puesto que representa la parte útil para el consumo de esta leguminosa. En general son muy apreciadas en el mercado las variedades con mayor peso de grano por vaina, porque se asocian con mayor número de granos por vaina y con granos de mayor tamaño (Pantoja *et al.* 2014).

Relación grano/vaina (RGV)

En cuanto a la relación grano vaina (RGV) en la comparación de genotipos, la L3 con 0,49 superó a Alcalá que alcanzó un promedio de 0,39. San Isidro, Sureña y L18 mostrarán un comportamiento intermedio con una RGV entre 0,43 a 0,46 (Tabla 8). Checa y Rodríguez (2015), afirman que la relación grano vaina (RGV) es un importante factor que influye en la aceptación

del producto en el mercado de arveja en vaina verde o en fresco. Una relación grano vaina alta significa que el mayor peso del producto se encuentra en el grano y no en la vaina, lo cual mejora su precio en el mercado.

Para el factor sistema de fertilización se observó que en la variable relación grano vaina (RGV) de 188-25-88 Kg.ha⁻¹ de NPK presentó mayor promedio de 0,46 en comparación del sistema de fertilización de 113-15-53 Kg.ha⁻¹ de NPK siendo el más bajo con un valor de 0,43. En cuanto a los demás sistemas como: Análisis, 75-10-35, 225-30-105 y 150-20-70 Kg.ha⁻¹ de NPK se encuentran en un rango intermedio de 0,46 a 0,44. (Tabla 9).

Rendimiento en verde (RTOV)

Para esta variable los genotipos San Isidro, L3 y Alcalá, presentaron rendimientos similares en un rango de 7,23 a 9,15 t.ha⁻¹, superando a la L18 con menor rendimiento de 4,43 t.ha⁻¹; sin embargo Sureña con 6,73 t.ha⁻¹ presentó un comportamiento intermedio sin diferencias con ninguno de los genotipos evaluados (Tabla 8).

Para el factor sistemas de fertilización se observó que en la variable rendimiento en verde (RTOV) hay respuesta a la fertilización, al utilizar la propuesta 75-10-35 y 150-20-70 Kg.ha.⁻¹ de NPK obtuvieron mayor rendimiento con 7,70 t.ha⁻¹, en comparación al fertilización derivada del Análisis de suelo que alcanzó un promedio de 5,96 t.ha⁻¹. Los demás sistemas de fertilización (113-15-53, 188-25-88 y 225-30-105 Kg.ha.⁻¹ de NPK) presentan valores intermedios de rendimiento en un rango de 6,92 a 6,85 t.ha⁻¹ (Tabla 9). Esto se debe posiblemente a que el tratamiento correspondiente con el resultado del análisis de suelo se hizo solo con aplicación de Urea lo cual se ve reflejado con un menor rendimiento en comparación con los otros tratamientos que se fertilizaron con diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, indicando que el suelo del

municipio de Puerres, vereda la Hacienda tiene buen contenido nutricional, como se observa los rendimientos mencionados (tabla 9).

Tabla 8. Promedios de las variables peso de grano por vaina (PGV), relación grano vaina (RGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV), para genotipos. Municipio de Puerres Vereda la Hacienda. 2016.

GENOTIPOS	PGV	GENOTIPOS	RGV	GENOTIPOS	RTOV
Alcalá	3,18 a	L3	0,49 a	Alcalá	9,15 a
L3	3,15 a	L18	0,46 ab	L3	7,50 a
San Isidro	3,14 a	Sureña	0,46 ab	San Isidro	7,23 a
Sureña	3,10 ab	San Isidro	0,43 ab	Sureña	6,73 ab
L18	2,64 b	Alcalá	0,39 b	L18	4,43 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 9. Promedios de las variables relación grano vaina (RGV), rendimiento en vaina verde (RTOV) para los diferentes sistemas de fertilización de NPK en materiales de arveja. Puerres, vereda la Hacienda. 2016.

SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	RGV	SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	RTOV
188-25-88	0,46 a	75-10-35	7,70 a
Análisis	0,46 ab	150-20-70	7,70 a
75-10-35	0,45 ab	113-15-53	6,92 ab
225-30-105	0,44 ab	188-25-88	6,90 ab
150-20-70	0,44 ab	225-30-105	6,85 ab
113-15-53	0,43 b	Análisis	5,96 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Las diferencias en las respuestas observadas pueden estar relacionadas con la fertilización mineral de los sistemas de fertilización de 75-10-35 y 150-20-70 Kg.ha.⁻¹ de NPK, porque esta fertilización permite una rápida disponibilidad de elementos para la planta al presentar una rápida mineralización y adsorción al suelo favoreciendo algunas variables de crecimiento y el rendimiento final (Citak y Sonmez 2010).

Los estudios realizados por Puenayan *et al.* (2008) en la evaluación “Respuesta de brócoli *Brassica oleracea* var Italica L. Híbrido legacy a la fertilización con NPK en el municipio de Pasto, Nariño”, indica que la acidez producida durante la descomposición de la Urea como fertilizante nitrogenado favorece la absorción de P confirmando lo manifestado por INPOFOS (1993) y California Fertilizer Association (CFA, 2004), además, el K es importante en el incremento de la eficiencia del uso del N en los cultivos (Lazcano, 2007).

Los resultados obtenidos de los diferentes sistemas de fertilización con de NPK se debe probablemente a diferentes factores como a la presencia de Ascochyta y Antracnosis, así como a una nueva enfermedad de arveja presentada en el lote que afectó por igual a todos los tratamientos no permitiendo la manifestación del estímulo aplicado en cantidades diferentes de fertilizante. También se puede atribuir que el lote donde se llevó a cabo el experimento fue de un cultivo de arveja.

En estos predios dedicados al cultivo de papa, hortalizas y arveja en rotación permanente a través de los años se forma un horizonte antrópico con altos contenidos de elementos como el fósforo y el potasio cuyo efecto y comportamiento son erráticos en cuanto al efecto sobre el cultivo, aunque generalmente no tienen efecto en la respuesta el cultivo.

Molina (1998), manifiesta que la acidez de los suelos, constituye un problema de importancia en la producción agrícola, dado que afecta de una forma muy particular y determinante, algunas de las características químicas y biológicas del suelo (reduce el crecimiento de las plantas, ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como calcio, magnesio, potasio, fósforo y favorece la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio y el manganeso).

Al respecto Espinosa (1991), afirma que en suelos procedentes de cenizas volcánicas fijadores de fósforo no existe correlación entre la cantidad registrada en el análisis y la respuesta del cultivo y anota que la principal limitante química de los Andisoles es la capacidad de fijación de P. Anota que en ciertos cultivos, los estudios de calibración, no han logrado correlacionar adecuadamente el contenido de P en el suelo con las recomendaciones de fertilización.

Muñoz y Wieczorek (1977) en un estudio sobre fertilización en papa en 22 sitios experimentales en suelos de Nariño, encontraron que las respuestas al nitrógeno no presentaron relación con el contenido de materia orgánica del suelo. La falta de correlación entre el contenido de materia orgánica del suelo y el nitrógeno asimilable para las plantas, puede tener su origen en las bajas temperaturas y altos contenidos de alófana.

Sin embargo, cuando se estudió la respuesta con los diferentes niveles de fósforo, incluyendo el nivel correspondiente al análisis de suelos no se encontró significancia estadística en los componentes lineal ni cuadrático como lo muestra la tabla 12 y la figura 5, lo cual indica la falta de correlación entre el nivel aplicado y la respuesta del cultivo.

Muñoz y Wieczorek (1977), en un estudio sobre fertilización en papa encontraron que en Nariño, las respuestas a la fertilización con potasio no son muy consistentes mientras que en unos suelos aumentó ligeramente la producción en otros fue deprimente.

Guerrero (1998), anota que existen respuestas de la papa a la aplicación de fertilizantes con alto contenido de fósforo cuando el análisis de suelos registra mayor cantidad de fósforo que 60 ppm, aun cuando los requerimientos son de 30 Kg.ha⁻¹ lo cual indica que no existe un patrón matemático de recomendación determinado por el análisis de suelos sino por la respuesta del cultivo en la experimentación.

Incidencia

En la tabla 10 la variable porcentaje de incidencia se encontró que el tratamiento realizado según el Análisis de suelos fue el que presentó el mayor porcentaje de daños causado por Antracnosis y Ascochyta con 61.33% y el de menor daño los sistemas de fertilización de 113-15-53 y 75-10-35 kg.ha⁻¹ de NPK, con 53.33% y 50.67% respectivamente; además los sistemas de fertilización de 225-30-105, 150-20-70 y 188-25-88 kg.ha⁻¹ de NPK presentaron valores intermedios en un rango de 56,67% a 54,00%. Sin embargo el mayor problema es la presencia de las manchas en las vainas producido por Antracnosis y Ascochyta que afecta la comercialización en vaina verde, siendo rechazado en el mercado y causando pérdidas económicas.

Severidad

En la evaluación de severidad los resultados indican que el sistema de fertilización de NPK realizado según el análisis de suelos presentó mayor porcentaje de área de tejido dañado causado por Antracnosis y Ascochyta con un valor de 54,67% en comparación con los demás sistemas de fertilización como son 225-30-105, 113-15-53, 150-20-70, 188-25-88 y 75-10-35 kg.ha⁻¹ de NPK, con porcentajes que se encuentran en un rango de 44,67% a 49,67% de menor daño (Tabla 10).

Otros estudios realizados por Valencia *et al.*, (2014), en la “Evaluación de 20 líneas de arveja *Pisum sativum* L. y su reacción al complejo de Ascochyta” encontraron que los patógenos *A. pisi*

y *M. pinodes* afectaron más la calidad de las vainas que el rendimiento en vaina verde de los materiales de arveja (*P. sativum* L) evaluados.

En resultados obtenidos por Alarcón (1998) en la evaluación “Incidencia y severidad del tizón o añublo (*Ascochyta* ssp.) en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* var. Arvense (L.) poir) con fertilización convencional y biofertilizantes en el municipio de Pasca-Cundinamarca”, se encontró que el complejo fungoso de *Ascochyta* ssp afectó las variedades Santa Isabel e Ica Tominé encontrándose el patógeno en todos los tratamientos de fertilización con biofertilizantes y abonos químicos aplicados en combinación o en forma independiente; sin embargo al utilizar la fertilización con NPK + Micorriza disminuyó la incidencia de la enfermedad en las dos variedades. La variedad Santa Isabel mostró tendencia a presentar los menores porcentajes de incidencia.

Además la fertilización con NPK + Micorriza indujo en las dos variedades una mayor susceptibilidad al complejo fungoso frente a los demás tratamientos, al observar menores porcentajes de severidad de la enfermedad en las plantas con esta aplicación, siendo la variedad Santa Isabel la de mayor tolerancia; cuando se fertilizó únicamente con abono químico, las dos variedades presentaron el mayor porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad (Alarcón, 1998).

El manejo nutrimental a través de la fertilización es un control cultural importante en las enfermedades de las plantas y un componente integral de la producción agrícola (Huber, 1989; Fageria *et al.*, 1997). Las plantas que reciben una nutrición mineral balanceada son más tolerantes a las enfermedades; es decir, tienen mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y de limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrimentos son abastecidos en cantidades excesivas o deficientes. Es evidente que la severidad de muchas enfermedades de las plantas puede

reducirse mediante control químico, biológico, genético y con una adecuada nutrición (Huber, 1989).

Muchos de los elementos minerales, requeridos por la planta para su crecimiento, incrementan o disminuyen la severidad de algunas enfermedades. Los efectos de N, P y K en las enfermedades son los más reportados, debido a su limitada disponibilidad en muchos suelos y a la gran cantidad requerida por las plantas (Huber, 1980; 1981).

El N ha sido intensamente estudiado en relación a la nutrición del huésped y a la severidad de las enfermedades, debido a que es esencial para el crecimiento de las plantas, a su limitada disponibilidad en el suelo y a su efecto en el tamaño y grosor de la pared celular. La forma disponible más que la cantidad de N determina la severidad de la enfermedad (Huber y Watson, 1974).

El fósforo y el potasio, en general incrementan la resistencia contra las enfermedades, aunque este efecto es mayor para el potasio. Las aplicaciones de P reducen las enfermedades en semillas, así como enfermedades fungosas en la raíz, al estimular un desarrollo vigoroso que permite a las plantas evadir las enfermedades (Huber, 1980).

La compleja relación de la nutrición del K con las funciones metabólicas y el crecimiento así como su interrelación con otros nutrimentos dentro de la planta y el suelo, permiten al K modificar la resistencia o susceptibilidad a las enfermedades. El K probablemente ejerza un gran efecto sobre la enfermedad, a través de una función metabólica específica que altera la compatibilidad de la relación ambiental parásito-huésped (Huber y Arny, 1985).

Tabla 10. Promedios de las variables severidad (SEV) e incidencia (I) del complejo de enfermedades de *Ascochyta* y *Antracnosis* pata los diferentes sistemas de fertilización de NPK en materiales de arveja. Municipio de Puerres, vereda la Hacienda. 2016.

SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	I. %	SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	SEV.%
Análisis	61,33 a	Análisis	54,67 a
225-30-105	56,67 ab	225-30-105	44,67 b
150-20-70	54,67 ab	113-15-53	44,00 b
188-25-88	54,00 ab	150-20-70	44,00 b
113-15-53	53,33 b	188-25-88	42,67 b
75-10-35	50,67 b	75-10-35	40,67 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Número de vainas por planta

En la tabla 11 se observa los promedios de las variables evaluadas, el cual los resultados indica que los diferentes sistemas de fertilización utilizados en la variable número de vainas por planta (NVP) indica que si presentó respuesta a la fertilización. Al utilizar el sistema de fertilización de 225-30-105 y 75-10-35 Kg.ha⁻¹ de NPK indicando similar número de vainas entre 22,38 y 22,17 respectivamente en comparación del Análisis con menor promedio de 19,23 vainas. Los sistemas de fertilización de 150-20-70, 188-25-88 y 113-15-53 Kg.ha⁻¹ presentaron comportamientos intermedios en un rango de 21,54 a 20,93 vainas.

Tabla 11. Promedios de las variables número de vainas por planta (NVP), peso de vaina con grano (PVCG), número de granos por vaina (NGV), Peso de grano por vaina (PGV), para diferentes sistemas de fertilización de NPK. Municipio de Puerres, vereda la Hacienda. 2016.

SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	NVP	SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	PVCG	SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN N-P-K	NGV	SISTEMAS DE FERTILIZACION N-P-K	PGV
225-30-105	22,38 a	150-20-70	7,03 a	Análisis	5,32 a	188-25-88	3,21 a
75-10-35	22,17 a	188-25-88	7,01 a	225-30-105	5,30 a	Análisis	3,08 a
150-20-70	21,54 ab	113-15-53	6,99 a	150-20-70	5,29 a	150-20-70	3,08 a
188-25-88	21,09 ab	Análisis	6,81 a	75-10-35	5,28 a	75-10-35	3,01 a
113-15-53	20,93 ab	75-10-35	6,80 a	188-25-88	5,22 a	113-15-53	2,97 a
Análisis	19,23 b	225-30-105	6,62 a	113-15-53	5,15 a	225-30-105	2,91 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

No se encontraron diferencias estadísticas entre requerimientos de fertilización para la variable peso de vaina con grano (PVCG) en los sistemas de fertilización de 150-20-70, 188-25-88, 113-15-53, Análisis, 75-10-35 y 225-30-105 kg.ha⁻¹ de NPK, con valores que oscilaron entre 7,03 a 6,62 g. (Tabla 11).

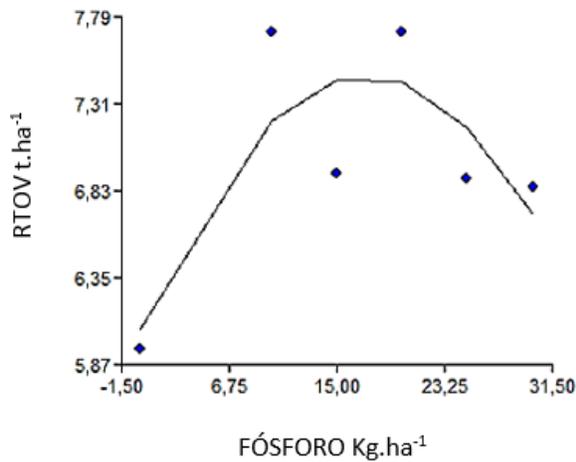
Para la variable número de granos por vaina (NGV) no se encontraron diferencias estadísticas entre los sistemas de fertilización de Análisis, 225-30-105, 150-20-70, 75-10-35, 188-25-88 y 113-15-53 kg.ha⁻¹ de NPK, presentaron promedios que varían entre 5,32 a 5,15 granos por vaina. (Tabla 11).

No presentó diferencias estadísticas en el peso de granos por vaina (PGV) para los sistemas de fertilización de 188-25-88, Análisis, 150-20-70, 75-10-35, 113-15-53 y 225-30-105 kg.ha⁻¹ de NPK, presentando valores entre 3,21 a 291 gramos por vaina (Tabla 11).

Tabla 12. Prueba de tendencia para la relación entre el fósforo aplicado y el rendimiento.

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
Modelo	1,41	2	0,70	3,06	0,1886
FOSFORO	0,26	1	0,26	1,13	0,3664
FOSFORO^2	1,15	1	1,15	5,00	0,1114
Error	0,69	3	0,23		
Total	2,10	5			

Figura 5. Tendencia de rendimiento a la aplicación de fósforo.



En la figura 5 se observa que la tendencia del rendimiento a la aplicación del fósforo es menor cuando no se hace aplicación de P_2O_5 que es la recomendación resultante del análisis de suelos, pero al aplicar una cantidad de fósforo equivalente a 10 Kg.ha^{-1} mayores rendimientos, mientras que cuando se hizo uso de las mayores dosis (25 y 30 Kg.ha^{-1}) disminuyeron.

Con la propuesta de fertilización de 75-10-35 Kg.ha⁻¹ se obtuvo 7,70 t.ha⁻¹ de arveja verde, siendo este rendimiento igual a la propuesta de requerimiento de Alarcón (1997), 150-20-70 Kg.ha⁻¹, lo cual sugiere que bajo las condiciones del presente ensayo, es posible usar la mitad de la dosis antes mencionada para lograr similares rendimientos, además el sistema de fertilización de 75-10-35 Kg.ha⁻¹ de NPK indica la opción económica más favorable para los agricultores, porque al utilizar una cantidad adecuada, correcta y oportunamente también permite optimizar costos y evita la contaminación del ambiente por exceso de fertilizante.

García y Pantoja (1993), exponen que la extracción del fósforo es relativamente baja. Además manifiestan que debido a los procesos de fijación del suelo es necesario hacer altas aplicaciones de fertilizantes fosfatados y si se consideran estos más el fósforo disponible en el suelo, la eficiencia en la extracción del fósforo por parte del cultivo es inferior al 10%.

En otras leguminosas como frijón se encontró una máxima producción al utilizar las dosis de 120 Kg.ha⁻¹ de nitrógeno, 66 Kg.ha⁻¹ de fósforo y 45 Kg.ha⁻¹ de potasio (Aguirre y Taramuel, 2007). Otros estudios realizados en frijón, afirman que el rendimiento del grano y sus componentes, tienen una respuesta favorable a la aplicación de 90 kilogramos de nitrógeno cuando se combina con cualquier nivel de fósforo (Muñoz y Molina, 1982).

Al respecto Clavijo *et al.*, (2001), menciona que existe una solidaridad de los elementos fertilizantes, es decir que la insuficiencia de un solo elemento esencial afecta la producción, aunque los demás elementos se encuentren en cantidades suficientes, cada factor de producción actúa tanto mejor cuanto más cerca de su óptimo se hallan los restantes factores.

El CIAT (1989), menciona que los nutrientes como el fósforo dependen de su solubilización en el agua del suelo, no pudiendo ser absorbido en un suelo seco. Esta agua en el suelo puede ser muy

rica en ácidos orgánicos, facilitando la solubilización. La falta de humedad se presenta más temprano en los suelos arenosos y más tarde en los arcillosos, cuando ambos permiten una infiltración normal. El fósforo puede ser lixiviado, principalmente en los suelos arenosos, aunque el índice de lixiviación sea bajo.

Según Sañudo, Checa, y Arteaga (1999), los requerimientos de agua son de 300 a 400 milímetros por ciclo de cultivo, es decir cuando se hace por riego, especialmente en las etapas de siembra a emergencia, desarrollo vegetativo a floración e inicio de envainamiento a llenado de grano. Las condiciones secas en las fases de desarrollo vegetativo y floración, conducen a mermas en el número de ramas y vainas. Si después de la floración se presentan épocas húmedas, hay pérdidas de plantas, por competencia de malezas y por ataque de enfermedades fungosas.

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (1990), señalan que la arveja prefiere suelos ligeramente ácidos, aunque no tolera acidez en exceso. El pH requerido está entre 5.5 - 6.5.

En otros estudios realizados aclaran que las aplicaciones de fertilizante dependerán del análisis de suelos, pero deberán tenerse en cuenta los siguientes parámetros: La arveja exige fósforo y potasio para la obtención de buenos rendimientos.

La arveja como leguminosa desarrolla nódulos para la fijación de nitrógeno, factor que en suelos nuevos en arveja es importante estimular con inoculación. De esta manera se puede disminuir la aplicación directa de nitrógeno (Paspuel, 2013).

Según Sañudo *et al.*, (1999), recomienda los fertilizantes 13-26-6 y ,10-30-10 para regiones altas, respectivamente para épocas veranosas y lluviosas. En regiones bajas, da mejor resultados los abonos de las formulas 15-15-15 o 18-18-18. Las cantidades recomendadas van de 100 a 150 por hectárea, según la fertilidad de los suelos. Dichos fertilizantes se deben mezclar con 10 a 15 kilos

por hectárea de una fuente de elementos menores como MICRONFOS, COLJAP RADICULAR 102 o AGRIMINS en regiones altas o BOROZINCO en regiones bajas.

Por otra parte Buitrago *et al.*, (2006), menciona que para obtener un rendimiento de 4 a 5 toneladas por hectáreas en vaina, se tiene una extracción de 125-30-75 de N-P-K (nitrógeno, fósforo y potasio) (Guerrero, 1998; Inat-Corpoica, 2000; ICA 1993). Para otros autores, la extracción de fósforo y potasio puede ser mayor, llegando a 125-50-85, con requerimientos de calcio de 65 a 100 kilogramos por hectárea.

8. CONCLUSIONES

Los sistemas de fertilización de 75-10-35 y 150-20-70 Kg.ha⁻¹ de N-P-K mostraron rendimientos en vaina verde superiores al obtenido con el nivel de fertilización aplicado según en el análisis de suelo.

Los sistemas de fertilización de 225-30-105 y 75-10-35 Kg.ha⁻¹ de N-P-K presentaron mayor número de vainas por planta en comparación con el nivel obtenido del análisis de suelo.

La línea L3 con presencia del gen afila, logró igualar el rendimiento de las variedades comerciales Alcalá y San Isidro, además mostró mejor relación grano vaina respecto a la variedad Alcalá.

La mayor incidencia y severidad del complejo de enfermedades Antracnosis y Ascochyta se presentó con el menor nivel de aplicación de N-P-K obtenido por la información del análisis de suelo.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

Para futuros trabajos realizar un análisis completo de suelos que incluya además de contenidos de N, P, K, Ca, Mg, los demás elementos que pueden tener efecto en el rendimiento.

Realizar estudios de requerimientos nutricionales en las variedades mejoradas de arveja usadas en el Departamento de Nariño, mediante curvas de absorción en etapas fenológicas.

9. BIBLIOGRAFIA

Alarcón, A. 2008. Historia e introducción a la nutrición mineral: Elementos esenciales. Módulo 1. Máster en nutrición vegetal en cultivos hortícolas intensivos. Área Edafología y química agrícola ETSIA. Universidad politécnica de Cartagena. España. 80p.

Alarcón, A. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Editorial novedades Agrícolas. Murcia. 459 p.

Alarcón, P. 1998. Incidencia y severidad del tizón o añublo (*Ascochyta* ssp.) en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* var. Arvense (L.) poir) con fertilización convencional y biofertilizantes en el municipio de Pasca-Cundinamarca. En: biblioteca Agropecuaria de Colombia 105-105p

Alarcón, P. 1997. Evaluación de variedades de arveja Santa Isabel e ICA Tominé con diferentes niveles de fertilización química y biofertilizantes en el Municipio de Pasca Cundinamarca. Sede Fusagasugá Udec Estado. Tesis Ingeniería agronómica.

Aguirre, E. y Taramuel, J. 2007. Respuesta del frijol *Phaseolus vulgaris* L. variedad FACIANAR UNO, a la fertilización con fuentes simples de nitrógeno, fosforo y potasio en el municipio de Guaitarilla departamento de Nariño. Tesis como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. 69p.

Arcila, M. 2002. Aspectos económicos y de comercialización de arveja en Colombia y en el Departamento de Nariño. Corpoica Centro de Investigación Obonuco. Pasto. 58p

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo. Colorgraf S. A. san Jose, Costa Rica. 307 p.

Buitrago, E., Duarte, P. y Sarmiento, A. 2006. El cultivo de la arveja en Colombia. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas – FENALCE y Fondo Nacional Cerealista. Primera edición. Ed. Produmedios. Bogotá. Colombia. p83.

Biddle, A.J., Knott, C.M. y Gent, G.P. 1988. The PGRO pea growing handbook. Sixth edition. Processors and Growers Research Organization, England. 264p

Camacho, J.; Cortez, M. y López, A. 1993. Estudio general de suelos de los municipios de El Tambo, Pupiales, Pasto, Tuquerres y otros del Centro y Sur, departamento de Nariño. Instituto Geografico Agustin Codazzi. Bogotá. 3V.

CALIFORNIA FERTILIZER ASSOCIATION. CFA. 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Limusa, México; D.C. 366 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT. 1989. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. Cali. 220p

Clavijo, J. 2001. Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Bogotá, Colombia. sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 524p

CORPOICA. 2012. Matriz de la Agenda de Competitividad de Hortalizas para el departamento de Nariño.

Checa, O. y Rodríguez, M. 2015. Resistencia a oidio *Erysiphe polygoni* y rendimiento en arveja afila *Pisum sativum* L. Revista de ciencias Agrícolas 20 (2): 58-71.

Estrada, R.N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Plural Editores. Lima, Perú. 372 p

Espinosa, J. 1987. Evaluación agronómica de fertilizantes fosfatados en zonas altas del Ecuador. En Leon, L. y Arregoces (eds), Memorias Seminario de Alternativas sobre uso como fertilizantes de fosfatos nativos de América Tropical y subtropical. CIAT, IFDC, CIID, Turrialba, Costa Rica.

Fageria, N.K., V.C. Baligar y Ch.A. Jones. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York. 12: 139-165.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FNC). 1990. La Arveja. Colombia.

FEDECAFE, 1986. El cultivo de arveja. Proyecto Hortalizas, Frutales y Flores. Cali. Ed. Litocencia Ltda. p18

Guerrero, R. 1998. Fertilización de cultivos de clima frío. Monómeros. Segunda edición. Santafé de Bogotá, Colombia. 370 p.

García, B. y Pantoja, C. 1993. Fertilización y manejo de suelos en el cultivo de papa en el departamento de Nariño. ICA. Subgerencia de investigación regional N°5. Boletín técnico N°222. San Juan de Pasto. 55p.

Gómez, S. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Microrfetiza S.A. produmedios. Bogotá. Colombia. P116

Gliessman, S. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en Agricultura sostenible. LITOCAT. Costa Rica. P359.

Holliday, R. 1996. Plant population and crop yield. Nature England. 186 (4788): 22-24 (Res. Analit, En Field Crop Abstr. 13:159-1467).

- Gritton, E. y Eastin, J. 1968. Reponse fo pea (*Pisum sativum* L.) to plant population and spacing. *Agronomy Journal*. 60 (5): 482-4853.
- Huber D.M. y R.D. Watson. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Ann. Rev. Phytopathol.*
- Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. pp. 386-406. In: J.G. Horsfall y E.B. Cowling (eds.). *Plant disease and advanced treatise*. Vol. 5. Academic Press, New York.
- Huber, D.M. 1981. The use of fertilizers and organic amendments in the control of plant disease. pp. 357-394. In: D. Pimentel (ed.). *CRC Handbook of pest management in agriculture*. Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, Fl
- Huber D.M. y Arny. 1985. Interactions of potassium with plant disease. pp. 467-488. In: R.D. Munson (ed.). *Potassium in agriculture*. Madison, Wisconsin. USA.
- Huber, D.M. 1989. Introduction. pp. 1-8. In: A.W. Engelhard (ed.). *Soilborne plant pathogen: management of disease with macro and microelements*. APS Press. St. Paul, Minnesota.
- ICA CORPOICA SINDAMANOY, 1995. Variedad mejorada de arveja para clima frio. Ica-Corpoica Pasto- Nariño.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. 2004. Estudio General de suelos y clasificación de tierras del Departamento de Nariño. Subdirección de Agrología. Bogotá D. C.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC (2009). Estudio semidetallado de suelos, Municipio de Fusagasugá. Subdirección de Agrología. Bogotá D.C. Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá. Tomo II. Bogotá D.C. Colombia.

Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra, 2003. Guisante proteaginoso en Navarra. 2003. Disponible en: www.itga.com. Consulta: 15 de Mayo del 2013.

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO. INPOFOS. 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. INPOFOS, Quito, Ecuador. 55 p.

International Fertilizer Industry Association (IFA). 1992. World fertilizer use manual. Paris, France. P 37-550

INAT-CORPOICA, 2000. Manejo de cultivos bajo riego en distritos de pequeña escala. Manual de asistencia técnica, N°5. Convenio Inat-CORPOICA p51-53. Pag 210.

ICA.1993. Hortalizas. Manual de asistencia técnica. N°28.245-251. Pag.555. Bogota, Colombia. pp2.

Jones, L. 1927. Studies of the nature and control of blight, leaf and pod spot, and food rot of peas caused by species of *Ascochyta*. N.Y. State Agric. Rec. Bull. 547: 3-46p.

Khan, T., Ramzan, G., Jillani, G. and Mehmood, T. 2013. Morphological performance of peas (*Pisum sativum* L.) genotypes under rainfed conditions of potowar región. Journal of Agricultural Research. 51:51-60.

King, J. 1996. Row widths and plant population in vining peas. Inglaterra. Pea Growing Research Organization. Pub. N° 18,4pp.

Less, P. El guisante. En Agricultura de las Americas. Kansas. Vol 34 N° 9 (Sep. 1985). p4. Citado por Ordoñez Erazo Gabriel. Efecto de diferentes sistemas de labranza cero en rastrojo de trigo sobre la producción de dos variedades de arveja. Pasto 2005. p24

- Ligarreto, M., Gustavo, A., Ospina, H. y Andrés, R. 2009. Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana*. 27(3):333 - 339.
- Lobo, M. y Girard, E. 1983. La arveja: hortalizas. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogota (Colombia). Manual de Asistencia Técnica. N°28pp
- Mera, M., Alcalde, J. y Ferrada, S. 1998. Arvejas para congelar en el sur: sorprendentemente potencial de rendimiento. *Tierra Adentro* 28: 23-25.
- Messiaen, C.; Blancard , M. D.; Rouxel, F.; Lafon. R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 576P
- Morales, J. 2005. Prontuario de Agricultura. Cultivos Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. p281.
- Montezuma, W. y Ruiz, H. 1974. Efecto de diferentes densidades de población sobre el rendimiento en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. p41.
- Monsalve, O. 1993. Convenio de modernización diversificación para la cebada en: cursos sobre leguminosas comestibles de clima frio. Colombia. ICA. p55-58.
- Muñoz, A. y Wiczoreck, P. 1977. Fertilización de la papa en andosoles del departamento de Nariño. Colombia. Curso de suelos y fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario. Pasto. 14-28p.
- Muñoz, R. y Molina, L. 1982. Fertilización de frijol arbustivo *Phaseolus vulgaris* L. en clima frio y medio de Antioquia. *Suelos Ecuatoriales Colombia*. 12(1) 233-243.

- Muñoz, R., Wieczorek, A., Manzano, Z., Melo, M. y Leon, A. 1974. Fertilización del trigo (*Triticum aestivum* L.) en suelos influenciados por cenizas volcánicas del departamento de Nariño (Colombia). Revista ICA: 4(4): 389-402
- Muñoz, R., Wieczorek, A., y León, L. 1973. Respuesta de la cebada a diferentes dosis de fertilizantes en suelos influenciados por cenizas volcánicas en Nariño. Revista ICA 7 (3) 261-271.
- Negret, G. A. y Lara, C.E.; 1991. Efecto de la fertilización edáfica y foliar en el cultivo de arveja industrial (*Pisum sativum* var. ainl) en un suelo afectado por sales en Sabana de Bogota. Pp . 6-10 y 27-30, pág. 95.
- Orbes, A. y Becerra, J. 1982. Control químico de enfermedades foliares de arveja (*Pisum sativum* L.) en el altiplano de Pasto, departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Colombia, Pasto. 37P.
- Pantoja, D., Muñoz, K. y Checa, O. 2014. Evaluación y correlación de componentes de rendimiento en líneas avanzadas de arveja *Pisum sativum* L. con gen afila. Revista de ciencias Agrícolas 31 (2): 24-39.
- Paspuel, O. 2013. Evaluación de la adaptabilidad de cuatro variedades de arveja de tutoreo (*Pisum sativum* L.) Carchi – Ecuador. Tesis de grado de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario, Facultad de industrias agropecuarias y ciencias ambientales escuela de desarrollo integral agropecuario. Universidad politécnica estatal del Carchi, Ecuador. 106 p.
- Porras, P. 2005. Problemática general del sistema productivo de papa con énfasis en fisiología y manejo de suelos. En: Memorias I Taller Nacional sobre Suelos, Fisiología y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa. Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (CEVIPAPA). Bogotá, Colombia. 103 p.

Puenayan, A., Cordoba, F. y Unigarro, A. Respuesta de brócoli *Brassica oleracea* var *Italica* L. Híbrido legacy a la fertilización con NPK en el municipio de Pasto, Nariño. Tesis como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. volumen 27 (1): 49-57.

Quistal, J. y Chavez, D. 2009. Evaluación agronómica de 20 líneas de arveja voluble. (*Pisum sativum* L.) En cinco municipios del departamento de Nariño. Tesis de agrado I.A. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia.

Sánchez, J. 2016. Mineralogía y génesis de los suelos desarrollados sobre materiales no consolidados en el abanico diluvial de Fusagasugá. Trabajo de grado como requisito para optar el título de doctor en suelos y aguas. Colombia. Universidad nacional de Colombia.

Santamaria, M., Niño, E., Prieto, Y., Blanco, E. y Galeano, J. Evaluación de dos fertilizantes orgánicos frente al fertilizante mineral 10-30-10 y sus mezclas, en el cultivo de arveja *Pisum sativum* L. en Madrid Cundinamarca. 5p

Sañudo, B.; Checa, O. y Arteaga, G. 2001. Perspectiva para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. Universidad de Nariño VIPRI. San Juan de Pasto, Colombia. p50.

Sañudo, B., Checa, O. y Arteaga, M. 1999. Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas; la arveja. Fenalce, Universidad de Nariño, Profiza, CORPOICA y CORPOCEBADA. Primera edición, Produmedios, San Juan de Pasto. pp 49.65. p98.

Tamayo, P. 2000. Enfermedades del cultivo de arveja en Colombia. Guia de reconocimiento y control. Rionegro, Antioquia. CORPOICA. P52

Terranova Enciclopedia Agropecuaria. 2001. Producción Agrícola 1. Panamericana formas e impresos S.A. Bogotá, Colombia. 520p.

Tiemerman, V., Mills, G., Frew, T., Butler, T., Mccallum, J., S., Murray, C., Whitfield, A., Rusell, A y Wilson, D. 2004. Linkage mapping of QTLs for seed yield, yield components and developmental traits in pea (*Pisum sativum* L.). En: 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.

Torres, Chinchilla. 2006. Manual de interpretación de análisis de suelos y foliares para la nutrición de limón, aguacate, cocotero y marañón. Programa Nacional de Frutas El Salvador MAG-FRUTAL-ES. 1° ed. 71p.

Tulcan, G. y Castillo, C. 1998. Efecto de la labranza y aplicación de herbicidas en el manejo de malezas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en el municipio de pasto departamento de Nariño. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, facultad de ciencias agrícolas. Área agronomía.

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

Vicent, C. 1958. Pea plant population and spacing. Washington. Agr.Sta. Bull. 594.9p

Velasco, V. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. Enfermedades causadas por deficiencias minerales. TERRA latinoamericana, 17(3) 193-200.

Zamorano, C., Lopez, H. y Alzate, G. 2008. Evaluación de la competencia de arvenses en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Fusagasuga, Cundinamarca (Colombia). Rev. Agron. Col. 26 (3); 443- 450.

10. CIBERGRAFIA

Alcaldía de Puerres, 1016. Nuestro municipio. Información general. En: www.puerres-narino.gov.co. Consulta Agosto 2016.

Checa, O. 2014. Proyecto: 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/11Resumen_Proyecto_Mejoramiento%20arveja.pdf Consulta: Abril, 2017.

CRECES. 1997. El nitrógeno, nutriente fundamental para las plantas. En: www.creces.cl. p1 consulta Agosto 2016

Citak, S. y Sonmez, S. 2010. Effects of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacea oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Sci. Hortic.* 126(4), 415-420. Doi: 10.1016/j.scienta.2010.08.010 En: www.researchgate.net/profile/Daniel_Bautista_Zamora/publication/317829952_Effect_of_edaphic_fertilization_on_the_growth_and_development_of_Phaseolus_vulgaris_cv_ICA_Cerinza/link/s/594e94cfaca27248ae385798/Effect-of-edaphic-fertilization-on-the-growth-and-development-of-Phaseolus-vulgaris-cv-ICA-Cerinza.pdf Consulta Septiembre 2017.

DANE, 2013. Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. El cultivo de la arveja en Colombia. En: file:///C:/Users/MiPc/Downloads/Bol_Insumos31_mar_2015%20arveja.pdf p1.

Fenalce, 2010. Importancia de los cultivos representados por fenalce. El cultivo de la arveja, historia e importancia. En: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/302571/2016-16-1/Refbibliograf/Unidad_2/arveja93.pdf. Consulta Agosto 2016. p2

IDEAM, 2016. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Información Hidrometeorológica y Ambiental. En: <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion> Consulta Septiembre 2017.

Informaciones Agronómicas, 2000. Funciones del fósforo en las plantas. En: www.ipni.net. p1 consulta Agosto 2016

Lazcano, I. 2007. El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. En: <http://74.125.47.132/search?q=cache:pIf6far6CDoJ:www.ppippic.org/ppiweb/iamex.nsf/%24webindex/1B28DB4CA911C1AC06256B80006EAE5/%24file/EL%2BPOTASIO%2BY%2B%2BEL%2BCONCEPTO%2BDE%2BLA%2BFERTILIZACION%2BBALANCEADA.pdf+El+potasio+y+el+concepto+de+la+fertilizaci%C3%B3n+balanceada&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co> Consulta: Septiembre, 2016.

Laborda, R. 2008. Métodos de evaluación en producción de cultivos. En: <https://cropprotection.files.wordpress.com/2008/12/mc3a9todos-de-evaluac3b3n-en-protecc3b3n-de-cultivos.pdf> Consulta: Octubre, 2017.

Molina, E. 1998. Encalado para la correlación de la acidez del suelo, ACCS. San José, Costa Rica. 45p. tomado de: http://anfcal.org/media/Biblioteca_Digital/Agricultura/Neutralizacion_de_Suelos_Acidos/JM-encalado_y_acidez.pdf Consulta: Octubre, 2017.

11. ANEXOS

De acuerdo con la información registrada en el análisis de suelos como se indica en la tabla 3. Se realizó los siguientes pasos hasta determinar la dosis aplicar a cada sistema de fertilización.

1. Obtener el volumen del suelo

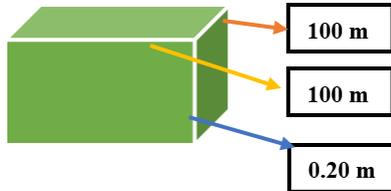


Figura N° 6 volumen del suelo.

$$V = 100 \text{ m} * 100 \text{ m} * 0.20 \text{ m} = \mathbf{2000 \text{ m}^3}$$

2. Peso de la hectárea

$$V * Da = 2000\text{m}^3 * 1\text{g} / \text{cm}^3 * 1000000 \text{ cm}^3 / 1\text{m}^3 = 2000000000 \text{ g}$$
$$2000000000 \text{ g} * 1 \text{ kg} / 1000 \text{ g} = \mathbf{2.000.000 \text{ Kg de suelo.}}$$

3. Para obtener el nitrógeno

$$\mathbf{N. Total} = \text{M.O.} / 20 \% = 9.74 / 20 = 0.487$$

$$\mathbf{N. Asimilable} = 1.5 \text{ valor determinado para sitio de clima frio.}$$
$$= 1.5 / 100 = 0.015$$

$$\mathbf{N. Asimilable} = 0.487 * 0.015 = 0.007305 \%$$

$$\mathbf{N. Disponible} = \mathbf{N. Asimilable} * \mathbf{Wha} / 100 \%$$

$$0.007305 * 2000000 \text{ kg} / 100 = \mathbf{146 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de N}}$$

Para obtener el fósforo

82.34 mg / kg

$82.34 \text{ mg / kg} * 1 \text{ g / 1000 mg} * 1 \text{ kg / 1000 g} = 0.00008243 \text{ kg /kg de P}$

$0.00008243 \text{ kg / kg de P} * 2000000 \text{ kg de suelo} = \mathbf{165 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de P}}$

Para obtener el potasio

171.53 mg / kg

$171.53 \text{ mg / kg} * 1 \text{ g / 1000 mg} * 1 \text{ kg / 1000 g} = 0.00017153 \text{ kg /kg de K}$

$0.00017153 \text{ kg /kg de K} * 2000000 \text{ kg de suelo} = \mathbf{343 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de K}}$

Para obtener el fósforo de forma P₂O₅

$\text{P}_2 = 31 (2) = 62$

$\text{O}_5 = 16 (5) = 80$

$= \mathbf{142 \text{ P}_2\text{O}_5}$

142 P₂O₅ ----- 62 P

100 X

X= 43.6619

100 P₂O₅ ----- 43.6619

1 X

X= **0.4366 factor de conversión para el fósforo**

1 P₂O₅ ----- 0.4366

X 6

X= 13.74 kg P₂O₅

$$142 \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ ----- } 62 \text{ P}$$

$$X \qquad \qquad \qquad 6$$

$$X = 13.74 \text{ P}_2\text{O}_5$$

$$142 / 62 = \mathbf{2.29 \text{ factor de conversión de fósforo}}$$

0.4366 = factor de conversión para dividir.

2.29 = factor de conversión para multiplicar.

Para obtener el potasio de forma K₂O

$$\mathbf{K}_2 = 39 (2) = 78$$

$$\mathbf{O} = 16 \qquad = 16$$

$$= \mathbf{94 \text{ K}_2\text{O}}$$

$$94 \text{ K}_2\text{O} \text{ ----- } 78 \text{ K}_2$$

$$100 \qquad \qquad \qquad X$$

$$X = 82.97$$

$$100 \text{ K}_2\text{O} \text{ ----- } 82.97 \text{ K}_2$$

$$1 \qquad \qquad \qquad X$$

$$X = \mathbf{0.8297 \text{ Factor de conversión para el potasio}}$$

$$94 \text{ K}_2\text{O} \text{ ----- } 78 \text{ K}_2$$

$$X \qquad \qquad \qquad 21$$

$$X = 25.30 \text{ kg K}_2\text{O}$$

$$94 / 78 = \mathbf{1.20 \text{ Factor de conversión para el potasio}}$$

0.8297 = factor de conversión para dividir.

1.20 = factor de conversión para multiplicar.

PARA EL NITRÓGENO

Se utilizó fuente: Urea

14.47 kg UREA = **14.5 kg UREA**

Para las mezclas para los diferentes sistemas de fertilización se trabajó a una densidad de 80000 plantas.ha⁻¹, para obtener dosis por planta y finalmente multiplicar a la población de plantas del ensayo.

Fertilizante 10-30-10 = 421.8 kg

421.8 kg * 1000 g / 1 kg = 421800 g

421800 g / 80000 plantas = **5.3 g de 10-30-10 / planta.**

DAP = 24 kg

24kg * 1000 g / 1 kg = 24000 g

24000 g / 80000 plantas = **0.3 g de DAP / planta.**

UREA = 14.5 kg

14.5 kg * 1000 g / 1 kg = 14500 g

14500 g / 80000 plantas = **0.2 g UREA / planta.**

Mezcla de fertilizante 10-30-10 de NPK + UREA + DAP, cantidad aplicada a una planta.

Sistemas de fertilización NPK		Fertilizante 10-30-10 g/planta	UREA g/planta	DAP g/planta	Total g/planta	Surco (30plantas) g
1	225-30-105	8	0.3	0.5	8.8	264
2	188-25-88	6.6	0.25	0.4	7.3	219
3	150-20-70	5.3	0.2	0.3	5.8	174
4	113-15-53	4	0.15	0.2	4.4	132
5	75-10-35	2.7	0.1	0.15	3	90
6	Análisis	-----	0.2	-----	0.2	6

Para obtener la tabla general correspondiente a 2250 plantas por tratamiento se hizo los siguientes cálculos:

1 planta -----5.3 g de 10-30-10

2250 X

X = 11925 g

11925 * 1kg / 1000 g = 11.925 = **12 kg de 10-30-10**

1 planta -----0.3 g de DAP

2250 X

X = 675 g

675 g * 1kg / 1000 g = 0.675 kg = **0.7 kg de DAP**

1 planta -----0.2 g de UREA

2250 X

$X = 450 \text{ g} * 1 \text{ kg} / 1000 \text{ g} = 0.45 \text{ kg} = \mathbf{0.5 \text{ kg UREA}}$

Mezcla para 2250 plantas para los diferentes sistemas de fertilización.

Sistemas de fertilización NPK		Fertilizante 10-30-10 Kg	UREA Kg	DAP Kg	Total Kg	g/planta	Surco (30plantas) g
1	225-30-105	18	0.8	1.1	20	8.8	264
2	188-25-88	15	0.6	0.9	16.5	7.3	219
3	150-20-70	12	0.5	0.7	13.2	5.8	174
4	113-15-53	9	0.4	0.5	10	4.4	132
5	75-10-35	6	0.3	0.4	7	3	90
6	Análisis	-----	0.5	-----	0.5	0.2	6