

EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE  
MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS (Ca, Mg Y S) SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
CALIDAD DE LA ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN EL MUNICIPIO DE POTOSI

GERALDIN DEL ROCIO BARAHONA OJEDA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SAN JUAN DE PASTO

OCTUBRE, 2017

EVALUACIÓN DE CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE MACROELEMENTOS  
SECUNDARIOS (Ca, Mg y S) SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA ARVEJA  
(*Pisum sativum* L.) EN EL MUNICIPIO DE POTOSI

GERALDIN DEL ROCIO BARAHONA OJEDA

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

Director de pasantía empresarial

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL M. Sc, Ph.D

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

OCTUBRE, 2017

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Oscar Eduardo Checa Coral Ph.D.

Firma del Presidente de Pasantía

---

Daniel Marino Rodríguez Rodríguez Ms.c

Firma del Jurado

---

Jairo Hernán Mosquera Guerrero Ph.D.c.

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Octubre del 2017

## **Dedicatoria**

A Dios por el hermoso milagro de la vida ya que sin él no podría seguir cumpliendo mis sueños, a mis padres por su apoyo incondicional a pesar de los obstáculos, a mi hija por ser el motor de mi vida y la razón de mi ser, a mi esposo por ser un pilar en mi vida y a mis familiares y amigos que me apoyaron en momentos difíciles.

## Tabla de contenido

1. Introducción.....	8
2. Objetivos .....	10
2.1. Objetivo general.....	10
2.2. Objetivo específico .....	10
3. Marco Teórico .....	11
3.1. Fundamento teórico.....	11
3.2. Arquitectura de planta .....	13
3.3. Fertilización .....	14
3.3.1. Elementos menores: .....	17
3.3.1.1. Calcio:.....	17
3.3.1.2. Magnesio: .....	18
3.3.1.3. Azufre: .....	20
3.3.2. Factores y procesos relacionados con la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes.....	21
4. Metodología.....	25
4.1. Localización.....	25
4.2. Diseño experimental .....	25
4.3. Tamaño de la unidad experimental .....	27
4.4. Análisis estadístico.....	27
4.5. Variables evaluadas.....	27
5. Resultados Y Discusión.....	29
5.1. Número de plantas (NP).....	30
5.2. Numero de Vainas por planta (NVP).....	31
5.3. Peso de vaina con grano (PGCV) .....	32
5.4. Peso de grano en verde (PGV).....	33
5.5. Numero de granos por vaina (NGV).....	34
5.6. Relación grano vaina (RGV).....	36
5.7. Rendimiento en vaina verde (RTOV) .....	36
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	38
7. Agradecimientos .....	39
8. Bibliografía .....	40



## 1. Introducción

Nariño es el principal productor de arveja del país ocupando el primer lugar con 17.000 hectáreas en el 2015. Esta especie se convirtió una de las principales fuentes de empleo rural en Nariño, generando más de 2.550.000 jornales al año. Actualmente se despachan en un promedio de 150 toneladas diarias de arveja de Nariño al resto del país. (Checa, 2017)

El cultivo de la arveja se lleva a cabo por pequeños y medianos agricultores, representando un factor estabilizador en la economía del campesino, además tiene influencia en el mejoramiento de suelos y en la seguridad alimentaria como tal (Pabón, 2011).

La arveja es una especie que produce granos con un alto valor proteico (20 al 24 %), es exigente en nitrógeno, siguiéndole en importancia cuantitativa el potasio, luego el magnesio y en menor medida fósforo y azufre.

Para un rendimiento de 4 a 5 toneladas por hectáreas en vaina, se tiene una extracción de 125-30-75 de N-P-K (Guerrero, 1998; Inat-Corpoica, 2000; ICA, 1993). La fertilización con elementos mayores se hace empíricamente utilizando formulas y cantidades variables desde 4 a 20 bultos de 10-30-10 de NPK o 13-26-6. En la actualidad se hacen experimentos para determinar las proporciones y dosis de NPK, óptimas y con esta base investigar sobre el efecto

de los elementos secundarios Calcio, Magnesio y azufre; para obtener una recomendación que sea ventajosa, técnica y económicamente viable para el agricultor.

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.

Cuando cualquiera de estos nutrientes son escasos en el suelo, el desarrollo de la planta es afectado y rápidamente aparecen los síntomas propios de la deficiencia. (Gliessman, 2002). Estos elementos ayudan a la estimulación microbiana además de aportar resistencia a algunas plagas y enfermedades en el caso de Ca. (Fenalce, 2006)

En la generación de las recomendaciones técnicas para la fertilización del cultivo de arveja, cuando ya se han definido las dosis apropiadas de NPK, es necesario evaluar diferentes dosis de elementos secundarios Ca Mg y S. De igual manera es conveniente establecer la respuesta de distintos genotipos a los diferentes niveles de fertilización.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Contribuir al conocimiento en el manejo del suelo con el uso eficiente de fertilizantes en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) y aplicación de diferentes dosis de macroelementos secundarios calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

### **2.2. Objetivo específico**

Evaluar cinco niveles de fertilizantes de macroelementos secundarios (Ca, Mg y S) sobre el rendimiento y calidad de la arveja (*Pisum sativum* L.) en el municipio de Potosí.

### 3. Marco Teórico

#### 3.1. Fundamento teórico

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 a 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.

Al respecto (Buitrago et al. 2006) afirma que en Cundinamarca, el cultivo se encuentra disperso en la región Andina destacándose algunas zonas como la Sabana de Bogotá, Valle de Ubaté y las Provincias del Sumapaz y Oriente. En Boyacá, se concentran principalmente en los valles de Duitama y Samacá y la provincia de Márquez. Y en Nariño se produce principalmente en los municipios de Funes, Guaitarilla, Yacuanquer y Pasto. Con el uso de las nuevas variedades como Sindamanoy, Andina y San Isidro, 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 Gualmatán, Puerres, Potosí y Cordoba.

Por otra parte además de la arveja producida en los municipios del sur de Nariño para consumo en grano 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 Tablon de Gomez, San Jose de Alban, Tangua y Yacuanquer (Arcilla 2002). Esta producción revende como semilla para el norte del país y corresponde principalmente a la variedad Santa Isabel.

En el análisis realizado por Fenalce (2010), como gremio representante en las leguminosas en Colombia, considera importante el 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 productores del país, sin embargo su uso intensivo condujo al incremento de enfermedades foliares como ascochyta (*Ascochyta pisi*) y oídio (*Oidium sp*) (Quistal J. & Chávez D. 2009).

### 3.2. Arquitectura de planta

En arveja es posible encontrar líneas arbustivas, semiarbustivas y volubles, las arvejas arbustivas son de porte bajo y su crecimiento termina en flor, las semiarbustivas son 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 voluble es el costo del tutorado, pues la estructura de las plantas no presenta suficientes zarcillos para asirse sobre los tutores a 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 pocos 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 biomas. (Morales, 2005).

Según Mera et al., (1998), La presencia del gen *aphila* 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).

### **3.3. Fertilización**

“La fertilidad del suelo está referida a la capacidad de aporte de agua y nutrientes esenciales que se encuentran interactuando entre la fase coloidal y la solución del suelo. Un suelo fértil no necesariamente es un suelo productivo, es el caso de un suelo compactado saturado y uno salino, que puede tener alta concentración de nutrientes pero en desequilibrio iónico o con limitantes en la toma de agua para el normal crecimiento de los cultivos”. (Castro & Gómez 2013, p.55).

Un adecuado diagnóstico de la fertilidad natural del suelo contribuye de manera importante al manejo integral de los nutrientes, pues a través de indicadores es posible conocer la reserva aprovechable de los elementos en el suelo y seleccionar las tecnologías de fertilización y fuentes de abonos más apropiados.

Las necesidades nutritivas de la arveja son descritas en la Tabla 1. Como es una especie que produce granos con un alto valor proteico (20 al 24 %), es exigente en nitrógeno, siguiéndole en importancia cuantitativa el potasio, luego el magnesio y en menor medida fósforo y azufre. En arveja los elementos menores con mayor importancia son el manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y molibdeno (Mo).

**Tabla 1:** *Requerimientos nutricionales en el cultivo de Arveja*

Cultivo	Absorción de nutrientes										
	(Kg/ha)						(g/ha)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	S	Ca	Mn	Zn	Cu	B	Fe
<b>Arveja</b>	100**	30**	70**	40**	21**	90**	2500-	4000-	2000**	1500-	4500**
							3000**	8000**		2000**	

Nota: Los valores que se muestran son generales para el cultivo de arveja tomado de Gómez (2006)

El nitrógeno es el elemento más abundante de la atmósfera (el 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.

Es que 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 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. Sólo 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 (Crece, 1997)

El cultivo de leguminosas como la arveja, ofrece la ventaja de tratarse de cultivos que son capaces de utilizar el nitrógeno del aire que es fijado por las bacterias nitrificantes a sus raíces. Por este motivo no es necesario el aportar fertilizantes nitrogenados al cultivo de guisante, excepto, en todo caso, un pequeño aporte de 30 UF/ha en el momento de la siembra, especialmente si la siembra se realiza de cara a la primavera. (Navarra, 2003)

El fósforo (P) es uno de los 17 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 de 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 a el estrés ambiental cuando satisfacen sus requerimientos de potasio (Gliessman, 2002)

**3.3.1. Elementos menores:** 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 importación en la estructura y procesos. Esto no significa que su papel no sea valioso porque cuando cualquiera de estos nutrimentos es escaso en el suelo, el desarrollo de la planta es afectado y rápidamente aparecen los síntomas más propios de la deficiencia. (Gliessman, 2002).

3.3.1.1. *Calcio:* El calcio actúa sobre la asimilación del nitrógeno, estimulando la actividad microbiana. Induce el desarrollo de raíces y hojas, es esencial para el llenado de vaina.

Al igual que el potasio, puede dar cierta resistencia a plagas y enfermedades, por dar rigidez a los tejidos. (Negret & Lara, 1991). Las deficiencias de este elemento causa clorosis intervenal, en las hojas jóvenes, el tallo y el pedicelo y los tejidos de las hojas se marchitan y mueren. (Fenalce, 2006).

3.3.1.2. *Magnesio:* Los niveles de Mg en el suelo varían entre 0.1 y 4%. El Mg está presente en distintas fracciones en el suelo, el Mg estructural, Mg de reserva, Mg no cambiante, Mg intercambiable, Mg en la materia orgánica y el Mg en solución. Su deficiencia se puede presentar en suelos arenosos, suelos ácidos con baja capacidad de intercambio catiónico, suelos muy alterados, suelos calcáreos con bajos niveles de Mg, suelos que reciben fertilización intensiva con Potasio, Calcio o Amonio y en suelos cultivados con plantas muy exigentes en Mg.

- *El magnesio en la fisiología de la planta* Las plantas toman el Mg como catión  $Mg^{2+}$  desde la solución del suelo el cual está en equilibrio con el Mg cambiante. El suministro de este elemento a las plantas ocurre mediante transporte por flujo de masa siendo muy móvil dentro del floema y puede ser trascolado desde las hojas más viejas a las más jóvenes o a los ápices. Los cationes Calcio, Potasio y Amonio compiten fuertemente en la toma y transporte del Mg. (Havlin, 1999)

El Mg cumple varias funciones vitales para la planta:

1) Es constituyente del núcleo central de la molécula de la clorofila y como tal elemento clave para la fotosíntesis.

- 2) Participa activamente en las transformaciones del nitrógeno.
- 3) Es necesario en la transferencia del fósforo en la planta.
- 4) Cada transformación o transporte de energía en la planta requiere del Mg.
- 5) Es esencial para la síntesis de carbohidratos, proteínas y aceites.
- 6) Ayuda a la resistencia al ennegrecimiento de la papa y a la duración del almacenamiento.

La importancia nutricional del magnesio se relaciona con la activación del ATP y ADP, influyendo en la síntesis de proteínas y compuestos orgánicos. En presencia de magnesio el fósforo es absorbido al máximo y la falta de magnesio inhibe la fijación de CO<sub>2</sub>. El magnesio es constituyente de la molécula de clorofila y es exigido en reacciones de fosforilación y otras reacciones de la fase oscura, por tanto las deficiencias de magnesio repercuten directamente sobre los rendimientos al afectar el proceso de fotosíntesis. (Lourenço et al, 1968)

Deficiencias de magnesio son reportadas por García y Pantoja (1993), quienes manifiestan que existe una relación calcio/magnesio alta en los suelos del altiplano de Pasto, relación que presiona a que el magnesio sea deficiente en estos suelos, viéndose reflejada en la disminución en la tasa de fotosíntesis y la alteración de la eficiencia fotosintética de las hojas, puesto que se presenta clorosis en las márgenes de las hojas más viejas, trayendo consigo la supresión de los rendimientos. Además de esto según Kraft & Pflieger, (2000) la deficiencia de magnesio es un problema potencial en suelos arenosos y ácidos

3.3.1.3. *Azufre*: Está presente en el suelo tanto en formas orgánicas como inorgánicas, su contenido depende de los minerales de S que están presentes en el suelo, del grado de intemperización, de las condiciones climáticas, del contenido de materia orgánica y de la distancia del sitio a fuentes de S tales como los volcanes o las industrias.(Jiménez, 2017)

*El azufre en la fisiología de la planta* es absorbido por las raíces en forma de  $\text{SO}_4^{2-}$ ; el transporte a larga distancia del sulfato ocurre principalmente en el xilema siendo muy móvil dentro de la planta y se incorpora rápidamente en la estructura de los metabolitos. El S también puede absorberse por las hojas a través de las estomas en forma de dióxido de S gaseoso ( $\text{SO}_2$ ). (Jiménez, 2017)

El S cumple varias funciones en la planta, siendo las principales:

- 1) Constituyente de ciertos aminoácidos los cuales hacen parte de los bloques donde se forman las proteínas.
- 2) Estimula la asimilación del Nitrógeno.
- 3) Es constituyente de vitaminas y hormonas.

La importancia nutricional del azufre, se fundamenta en la actividad enzimática celular, especialmente en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas, al igual que en el proceso de aceptores de electrones en la fotosíntesis y en la síntesis de clorofila. Por tanto las deficiencias de azufre se reflejan en la disminución de síntesis de proteínas, lo que afecta gravemente los procesos de crecimiento y desarrollo de la planta. (Wainwright, 1984).

Según Lora (2001) suelos donde su contenido de S total es alto, su disponibilidad depende principalmente de la mineralización del S orgánico, proceso que en suelos Andisoles es limitado debido a la formación de complejos entre las arcillas amorfas y el humus lo que conlleva a una reducción de la actividad microbial.

Según Simón-Silvestre. (1960) menciona que cuando el ion acompañante para el azufre es calcio o magnesio, el azufre presenta una mayor absorción por parte de la planta, por tanto se estima que a mayor cantidad de magnesio aplicado al suelo, mayor será la absorción del azufre y por tanto el efecto nutricional será más marcado.

La deficiencia de azufre se presenta como un amarillamiento verdoso de las hojas y plantas pequeñas. Es un problema potencial en suelos arenosos con bajos en materia orgánica. (Kraft & Pflieger, 2000).

3.3.2. *Factores y procesos relacionados con la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes* En cada uno de los componentes del sistema suelo-planta-ambiente, existen factores y/o procesos que influyen o afectan la disponibilidad de los nutrientes.

*Implicaciones de complejo cambio:* conociendo esta propiedad se puede predecir la fertilidad potencial y la fertilidad actual del suelo. Los suelos de carga permanente tienen una mayor fertilidad potencial por tener mayor capacidad de intercambio catiónico.

*Condiciones redox:* el suministro limitado de oxígeno provoca la disminución del potencial redox del suelo, lo que confiere a este último un carácter reductor.

*Interacciones iónicas:* todos los elementos minerales obran entre sí y actúan sobre otros, provocan sinergismo y antagonismo por efecto de la competencia iónica o la interacción en procesos de precipitación. El antagonismo se presenta cuando en la concentración de un elemento reduce la absorción de otro. El sinergismo se presenta cuando el aumento en la concentración de un elemento favorece la absorción de otro.

#### ***Efectos de cinco niveles de Potasio, Calcio y Magnesio sobre frijol (*Phaseolus vulgaris* L)***

Investigaciones hechas por Armijo (1972) en frijol sobre los efectos de cinco niveles de Potasio, Calcio y Magnesio el calcio y el potasio esenciales para una mayor y mejor producción deben ser investigadas a partir de las dosis óptimas obtenidas.

El magnesio debe ser investigado más detalladamente debido a las altas tasas de rendimiento que produjo en el cultivo de frijol.

La aplicación de potasio tiene efectos positivos por producir un ligero aumento sobre el número de semillas por vaina, el calcio y el magnesio tienen efectos detrimentales sobre el

número de semillas por vaina, siendo el magnesio el elemento que produce una mayor disminución.

***Fertilización con azufre y magnesio en cultivo de brócoli*** (*Brassica oleracea VAR. Italica*)

La fertilización con azufre y magnesio, en suelos del altiplano de Pasto produce incrementos de las variables agronómicas como: diámetro de la pella, peso seco y fresco, y rendimiento total. Además las dosis de estos elementos son económicamente viables para los agricultores de la zona.

Chirinos y Lazcano (1993) citados por Lasso & Alvarez quienes argumentan que la calidad agronómica del brócoli está en función de la fertilización de elementos menores con los elementos mayores entre los que se destaca el potasio, sulphomag aporta mayor cantidad de potasio a la planta.

Otras investigaciones que se han hecho al respecto es de Cortes et al (2002) y Reneau (1988), quienes encontraron incrementos en los contenidos de masa total en maíz luego de la aplicación de diversas fuentes de azufre, al igual que investigaciones realizadas en otros cultivos en respuesta a la fertilización con Mg, tal es el caso de Malavolta (1980), quién encontró incrementos del orden del 200 % en el peso de racimo de banano (*Musa sp.*) al realizar aplicaciones de Magnesio en MgO, y en café (*Coffea arábica*), del orden de 39 % en la cantidad de café limpio con aplicaciones de magnesio en sulfato de magnesio. De la misma manera

Gómez et al (2007), encontraron una relación positiva y significativa de la aplicación de Mg en cebolla (*Allium cepa*) en relación al rendimiento total.

## 4. Metodología

### 4.1. Localización

La presente investigación se desarrolló en el municipio de Potosí Vereda San Pedro con altura de 2719 msnm, con coordenadas 0°49'28''- 77°33'47'' en un suelo *Vitmadic dystrodepts*, (IGAC 2004 ) con temperatura promedio de 12,9°C y una precipitación promedio anual 995 mm.

### 4.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al Azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, en el cual, el factor A corresponde a cinco genotipos de arveja y el factor B a cinco niveles de fertilización.

El modelo estadístico fue el siguiente:

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

Donde:

$\mu$ = media

$\alpha_i$ = efecto del i-ésimo nivel del factor A ( Genotipo Arveja)

$\gamma_k$  = efecto de K-ésimo nivel del factor R (Bloque)

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

$\beta_j$  = efecto del factor B (**Nivel de fertilización de secundarios**) 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)

$\epsilon_{ijk}$  = Error aleatorio en la casilla ijk.

El factor A correspondió a cinco genotipos de arveja, identificados como:

Variedad San Isidro

Variedad Sureña

Variedad Alcalá

Línea 3: Sx3575F3Rc13

Línea 18: SIxDRc183

El factor B correspondió a las dosis de fertilizante de elementos secundarios Ca, Mg y S que se calcularon en base al requerimiento, que hace parte de uno de los tratamientos citados por Gómez, con un aumento de este en 25% y 50% y disminución en un 25%, el nivel proporcionado para suministrar los faltantes registrados por el análisis de suelos fue el tratamiento testigo como se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2:** Dosis de elementos menores en  $kg.ha^{-1}$  para  $10 ton.ha^{-1}$  Ca, Mg y S.

DOSIS	REQUERIMIENTO	Ca	Mg	S
1 Muy Alta	150%	135	60	30
2 Alta	125%	112,5	50	25
3 Media	100%	90	40	20
4 Baja	75%	67,5	30	15
5 Testigo con Análisis de suelo		0(90)	0(40)	10.88(20)

*Nota:* los porcentajes presentes en la tabla muestran las fracciones basados en los requerimientos presentados por Gómez, 2006. Anexo A: Análisis de suelo.

#### 4.3. Tamaño de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 3 m de largo, con distancia entre surcos de 1,20 m y distancia entre sitios a 0.10 m depositando una semilla por sitio.

#### 4.4. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey.

#### 4.5. Variables evaluadas

Las variables evaluadas corresponden a los siguientes componentes de rendimiento:

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

En 15 vainas al azar de las tres plantas 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 contó los granos de las vainas y se obtuvo el promedio.

Peso de grano en verde (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 el peso de los granos y el peso de las vainas sin grano y con los promedios se registró la relación grano/vaina.

Rendimiento (RTO): se cosecho en vaina verde el área útil de las subparcelas para obtener el rendimiento en vaina verde  $\text{Kg.ha}^{-1}$ .

## 5. Resultados Y Discusión

En el análisis de varianza (Tabla 3) se observó diferencias significativas para el factor genotipo en las variables peso de vaina con grano (PVCG), Peso de Grano Verde (PGV) y relación grano vaina (RGV). Para el factor fertilización se presentaron diferencias significativas en número de plantas (NP), número de vainas por planta (NVP) número de granos por vaina (NGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV). No se presentaron diferencias significativas en la interacción de genotipo por fertilización para ninguna de las variables.

**Tabla 3.** Cuadrado medio de las variables de los componentes de rendimiento

<b>F. VARIACION</b>	<b>NP</b>	<b>NVP</b>	<b>PVCG</b>	<b>NGV</b>	<b>PGV</b>	<b>RGV</b>	<b>RTOV</b>
Modelo	11,5	32,53	5,15	0,25	0,32	0,01	13,81
Genotipos	306,87	120,95	35,44**	0,30	1,45**	0,04**	33,79
Bloques	538,57	44,41	6,83	0,88	1,06	0,01	38,92
Error a	395,71	52,92	0,91	0,14	0,18	3,2E-03	28,83
Fertilización	163,23*	14,99*	1,27	0,54*	0,05	3,0E-03	3,14*
G*F	63,60	3,13	0,45	0,13	0,08	9,5E-04	0,83
Error b	48,70	5,62	144,15	0,20	40,01	1,5E-03	1,09
R <sup>2</sup>	0,79	0,83	0,87	0,51	0,60	0,80	0,91
CV	6,68	11,83	9,82	7,43	10,90	8,00	10,55

*Nota:* peso de grano por vaina (PGV), número de granos por vaina (NGV), peso de Vaina con Grano (PVCG), Relación grano vaina (RGV) y rendimiento en vaina verde (RTOV). Potosí 2017. \*Significancia a nivel del 0,05 y \*\*Significancia a nivel del 0,01.

### **5.1. Número de plantas (NP)**

En la comparación de promedios de Tukey para el factor de niveles de fertilización (tabla 4), se observó mayor promedio en el requerimiento análisis de suelo (108 plantas) con diferencia significativa frente al requerimiento 90-40-20, con 99,80 plantas. Los requerimientos 67,5-30-15, 135-60-30 y 112,5-20-25 presentaron un promedio intermedio con 105,80, 105,20 y 102,93 plantas sin diferencias significativas entre sí, ni con los demás requerimientos evaluados.

Esto posiblemente se debe a que después de la fertilización se encontró fitotoxicidad en el cultivo donde se perdieron un cierto número de plantas. Según Kraft & Pflieger (2000) en el caso de toxicidad por sales y daños por fertilizantes, la emergencia presenta una destrucción de la radícula y el epicotilo. Si sobrevive, la planta presenta hojas con clorosis y las márgenes con quemazón.

**Tabla 4.** Promedio de las variables de niveles de fertilización.

REQUERIMIENTO		REQUERIMIENTO	
Ca - Mg -S	NP	Ca - Mg - S	NVP
Análisis	108,60 a	112,5-50-25	20,89 a
67,5-30-15	105,80 ab	90-40-20	20,61 ab
135-60-30	105,20 ab	135-60-30	20,19 ab
112,5-50-25	102,93 ab	67,5-30-15	20,18 ab
90-40-20	99,80 b	Análisis	18,33 b

*Nota:* número de plantas (NP), número de vainas por planta (NVP) para requerimientos de Ca Mg y S en materiales de arveja. Potosí Promedios con letras distintas tienen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

## 5.2. Numero de Vainas por planta (NVP)

Para esta variable en el factor niveles de fertilización (tabla 4) el requerimiento 112,5-50-25 con 20,89 vainas por planta presentó los mayores promedios que muestran diferencias significativas frente al tratamiento análisis de suelo con un promedio 18.33. Los requerimientos 90-40-20, 135-60-30 y 67.5-30-15 presentaron promedios intermedios con 20.61, 20.19 y 20,18 vainas por planta sin diferencias estadísticas significativas.

El tratamiento análisis de suelo a pesar de mostrar un mayor número de plantas presenta un menor número de vainas; es posible que este tratamiento al no recibir los elementos como el

calcio y el magnesio, hayan presentado una descompensación disminuyendo su capacidad productiva. Al respecto Negret & Lara (1991) afirman que el calcio induce el desarrollo de raíces y hojas, siendo esencial para el llenado de vaina. De igual manera García & Pantoja (1993), manifiestan que existe una relación calcio/magnesio alta en los suelos del altiplano de Pasto, relación que presiona a que el magnesio sea deficiente en estos suelos, viéndose reflejada en la disminución en la tasa de fotosíntesis y la alteración de la eficiencia fotosintética de las hojas, puesto que se presenta clorosis en las márgenes de las hojas más viejas, trayendo consigo la supresión de los rendimientos. Los resultados anteriores sugieren que si bien el análisis de suelo es un orientador de los contenidos nutricionales que existen en el para las plantas, la mejor aproximación de fertilización se obtiene a partir de los ensayos por respuesta.

### **5.3. Peso de vaina con grano (PGCV)**

Para el factor genotipos la comparación de medias de Tukey (Tabla 5) indica que la variedad Alcalá con 10.65 g presentó el mayor promedio siendo significativamente diferente frente a los demás genotipos que presentaron valores entre 8,57 y 6,94 g. Por otra parte la variedad San Isidro con 8.57g presentó un mayor peso que las líneas L3 y L18 con 7.10 y 6.94 g. En general se pudo determinar que la variedad Alcalá obtuvo mayor peso de vaina con grano con respecto a las demás variedades y líneas lo cual está relacionado con la constitución genética de esta variedad. No obstante lo anterior es importante tener en cuenta que la eficiencia productiva de un genotipo de arveja no solo considera el peso de la vaina con grano sino también cuanto de ese peso le corresponde al peso de grano. En este sentido un genotipo favorable sería aquel que teniendo alto peso de vaina con grano presente una alta relación grano/vaina.

**Tabla 5.** Promedios de las variables en genotipos.

<b>GENOTIPO</b>	<b>PGCV</b> (gramos)	<b>GENOTIPO</b>	<b>PGV</b> (gramos)	<b>GENOTIPO</b>	<b>RGV</b>	<i>Nota:</i>
<b>ALCALA</b>	10,65 a	<b>ALCALA</b>	4,20 a	<b>L18</b>	0,53 a	peso de granos
<b>SISIDRO</b>	8,57 b	<b>SISIDRO</b>	4,18 a	<b>SUREÑA</b>	0,51 a	
<b>SUREÑA</b>	7,48 bc	<b>SUREÑA</b>	3,80 ab	<b>L3</b>	0,50 a	
<b>L3</b>	7,10 c	<b>L3</b>	3,67 ab	<b>SISIDRO</b>	0,49 a	
<b>L18</b>	6,94 c	<b>L18</b>	3,50 b	<b>ALCALA</b>	0,39 b	

por vaina (PGV), peso de grano con vaina (PGCV) número de granos por vaina (NGV) y relación grano vaina (RGV). Potosí. Promedios con letras distintas tienen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

#### 5.4. Peso de grano en verde (PGV)

Para esta variable se puede observar que en el factor genotipo, (Tabla 5) las variedades Alcalá y San Isidro con los mayores promedios (4,20 y 4.18 g) muestran diferencia significativa frente a la línea L18, variedad Sureña y L3 las cuales presentaron un comportamiento intermedio con 3.50, 3.8 y 3.67 g. respectivamente. Estos resultados están posiblemente relacionados con diferencias genéticas existentes para este carácter entre los genotipos en estudio. Además es posible que el mayor promedio obtenido por los genotipos Alcalá y San Isidro sea también resultado de su mejor adaptación a las condiciones ambientales presentes en el municipio de Potosí.

Según Prasad et al. 2002 dada la interacción genotipo x ambiente que para llenar granos más grandes se requiere más tiempo y la exposición a niveles elevados de CO<sub>2</sub>, aumentando la fotosíntesis, lo que a su vez, se refleja en el rendimiento de grano y en el peso seco del fríjol y de otras especies cultivadas.

### **5.5. Numero de granos por vaina (NGV)**

En el factor niveles de fertilización (tabla 6) el requerimiento (Ca- Mg-S) de 67,5-30-15 presentó un mayor promedio (6,23 granos) con respecto al requerimiento 135-60-30 ( 5,78 granos).

Según Barber (1995) en cuanto a las interacciones negativas o “competencias” entre los nutrientes y la absorción por las plantas, se consideran importantes las siguientes relaciones antagónicas: K<sup>+</sup> sobre Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> sobre Mg<sup>2+</sup>.

De acuerdo con León (1994), en general se puede decir que los contenidos muy altos de Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> disminuyen la absorción del K<sup>+</sup>. Según Rodríguez 1992 los síntomas que presentan los vegetales ante la deficiencia de Potasio es la reducción del tamaño de las semillas.

Por otra parte la aplicación de potasio tiene efectos positivos ya que produce un ligero aumento en el número de semillas por vaina, mientras que el calcio y el magnesio tienen efectos detrimentes sobre el número de semillas por vaina, siendo el magnesio el elemento que produce

una mayor disminución. (Armijos 1972). Lo anterior podría explicar la reducción de número de granos por vaina observada en el requerimiento 135-60-30 (Ca-Mg-S) respecto al requerimiento 65.7-30-15.

Tulcán y Castillo (1998) sugieren que el número de granos por vaina es un carácter cuya expresión depende en alto grado de la composición genética del material, lo anterior explica la interacción no significativa entre genotipos y niveles de fertilización, además la similaridad en el número de granos por vaina entre genotipos sugiere uniformidad genética para este carácter. El comportamiento de las medias para este rasgo fue similar al reportado por Khan et al. (2013) donde las variaciones estuvieron entre 4,0 y 8,5 granos por vaina.

**Tabla6.** Promedios de variables de niveles de fertilización.

<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>NGV</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>RTOV</b>
<b>Ca - Mg - S</b>		<b>Ca - Mg - S</b>	<b>(ton.ha<sup>-1</sup>)</b>
67,5-30-15	6,23 a	112,5-50-25	10,37 a
112,5-50-25	6,15 ab	67,5-30-15	10,13 ab
Análisis	5,90 ab	135-60-30	10,00 ab
90-40-20	5,88 ab	90-40-20	9,86 ab
135-60-30	5,78 b	Análisis	9,16 b

*Nota:* Peso de vaina con grano (PVCG) y rendimiento en vaina verde (RTOV) para diferentes requerimientos de Ca, Mg y S en materiales de arveja. Potosí. Promedios con letras distintas tienen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

## **5.6. Relación grano vaina (RGV)**

En la comparación de genotipos (tabla 5) L18, Sureña, L3 y San Isidro con 0,53, 0,51, 0,50 y 0,49 presentaron mejor relación grano vaina con diferencias significativas con respecto a la variedad Alcalá con 0,39. La baja relación grano vaina observada en Alcalá sugiere que bajo las condiciones ambientales del municipio de Potosí esta variedad, transfiere sus fotosintatos más hacia la vaina que hacia los granos lo cual resulta inconveniente para el mercado y aun cuando en el peso de vaina verde logró los mayores promedios su relación grano vaina fue su mayor debilidad en la presente evaluación.

## **5.7. Rendimiento en vaina verde (RTOV)**

En la comparación de niveles de fertilización (tabla 6) el requerimiento 112,5-50-25 de Ca, Mg y S respectivamente con 10,37 toneladas por hectárea superó significativamente al requerimiento con análisis de suelo que alcanzo 9,16 toneladas por hectárea. Los requerimientos 67,5-30-15, 135-60-30 y 90-40-20 con 10,13, 10,00 y 9.86 presentaron un promedio similar entre ellos.

Se puede observar que la planta mostró respuesta a la aplicación del fertilizante en el rendimiento, aunque; el análisis de suelo indicó que no se debía aplicar Calcio por presentar un nivel medio, debido a que la disponibilidad de nutrientes en el suelo no es el único factor que debe tenerse en cuenta para formular los planes de fertilización, sino también otros factores claves como lo menciona Gómez & Castro (2013) donde un suelo fértil no necesariamente es un suelo productivo, es el caso de un suelo compactado saturado y uno salino, que puede tener alta

concentración de nutrientes pero en desequilibrio iónico o con limitantes en la toma de agua para el normal crecimiento de los cultivos.

Según Gómez & Castro (2013) el suelo se compone de fases sólidas líquidas y gaseosas que interactúan en procesos físicos químicos y biológicos condicionando la fertilidad natural del suelo y, concomitantemente, la productividad de los cultivos. Las fases del suelo deben proporcionar un equilibrio entre absorción y restitución de nutrientes, cuando esto no ocurre es necesario proveer mediante los fertilizantes dichas necesidades. De acuerdo a esto en el momento de la recomendación de la fertilización en el cultivo es importante tener en cuenta los aspectos anteriormente mencionados además del criterio de la restitución o devolución de los nutrimentos que han salido para mantener su fertilidad. Los resultados obtenidos y las anteriores reflexiones sugieren que es más conveniente generar recomendaciones de aplicación de estos elementos secundarios (Ca, Mg y S) por respuesta a partir de ensayos establecidos con diferentes dosis de fertilización que directamente por análisis de suelo, pero sin desmeritar la importancia del análisis como una herramienta eficiente para conocer cuál es la disponibilidad de nutrientes. Por último esta investigación debe ser complementada con la evaluación de los demás nutrientes esenciales (Micronutrientes) y corroborar con la técnica del elemento faltante si el cultivo obtiene mejores rendimientos por respuesta o con análisis de suelo.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

El requerimiento 112,5-50-25 es el que más sobresalió para los elementos secundarios Ca Mg y S, logró mayor número de vainas y mayor rendimiento que el requerimiento basado en el análisis de suelos.

Las demás variables como peso de vaina verde, peso de granos y relación grano vaina no fueron afectados bajo los niveles de fertilización.

Las líneas con gen afila L3 y L18 igualaron estadísticamente el rendimiento de las variedades comerciales Sureña, Alcalá y San Isidro.

Alcalá presentó mejores resultados en peso de grano y peso en vaina verde sin embargo su rendimiento fue igual a las demás variedades y líneas evaluadas.

## **7. Agradecimientos**

Al grupo de Investigación de Cultivos Andinos (Gricand) de la Universidad de Nariño, a los doctores Oscar Checa y Marino Rodríguez por su apoyo incondicional y darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

## 8. Bibliografía

ARCILLA, B.2002. Aspectos económicos y comercialización de arveja en Colombia y el departamento de Nariño. CORPOICA-Obonuco. Pasto.

ARMIJO, E.A. 1972. Efecto de cinco niveles de Potasio, Calcio y Magnesio sobre la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).Centro tropical de enseñanza e investigación. Turrialba, Costa Rica. (pp.56)

BARBER, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability; a mechanistic approach. John Wiley y Sons. New York. (Pp.414)

BUITRAGO E., J. Y., DUARTE P., C. J., & SARMIENTO, A. 2006. El cultivo de la arveja en Colombia. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas- FENALCE y Fondo Nacional Cerealista. Ed. Produmedios. Bogotá. Colombia. (Pp. 83)

CHECA, O.2017.El cerealista, la arveja una zona de experiencia positiva de la investigación para los pequeños productores de la zona andina de Nariño. Edición 119 editor M. Arturo Roa T. Colombia, Cundinamarca (Pp. 44)

CHIRINOS, H. y LAZCANO, I. 1993. Brócoli. Mejores rendimientos balanceando su fertilización N,P,K y Mg. INPOFOS. Informaciones Agronómicas 1 (17): 7 – 9.

CRECE (1997) programa de Reestructuración y Desarrollo de las Regiones Cafeteras. Estudio contratado por la Federación de Cafeteros de Colombia y el Gobierno Nacional

CORTES P., ESCOBAR R., BARRA J., SANCHES P., ALVARADO L. 2002. Respuesta en invernadero del maíz al azufre en dos suelos del estado de puebla, México. Agrociencia (36) 633-642.

DING, Y., LUO, W.; XU, G. 2006. Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. Ann. Appl. Biol. (149)111–123.

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce), 2006. El cultivo de la arveja en Colombia. Produmedios: Bogotá, D. C. (pp.83)

GARCIA, B. & PANTOJA, C. 1993. Fertilización y manejo de suelos en el cultivo de papa en el departamento de Nariño. ICA, Regional 5. San Juan de Pasto. Boletín técnico (222). 55

GLIESSMAN, S. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. LITOCAT. Costa Rica, (pp.359)

- GÓMEZ S., M. I. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Microfertiza S.A. Produmedios. Bogotá. Colombia. (Pp. 116)
- GOMEZ, M. I.; CASTRO, H.E.; GOMEZ, C.J and GUTIERREZ, O. F. 2007. Optimización de la producción y calidad en cebolla cabezona (*Allium cepa*) mediante el balance nutricional con magnesio y micronutrientes (B, Zn y Mn), Valle Alto del Río Chicamocha, Boyacá\*. Agron. colomb. (25), 2. 339-348
- GÓMEZ, M. I. & CASTRO, H. E. 2013. Fertilidad de suelos y Fertilizantes. Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, D. C., Colombia. (pp. 217-218)
- GUERRERO, R.; 1998. Hortalizas. Fertilización de cultivos de clima frío. Monómeros Colombo-Venezolanos. (pp.170-370)
- HAVLIN, J. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: an introduction to nutrient management. 6 Ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, (pp.499)
- ICA, 1993. Hortalizas. Manual de asistencia técnica N°28.245-251, Bogotá, Colombia. (pag. 555)

INAT-CORPOICA, 2000. Manejo de cultivos bajo riego en distrito de pequeña escala. Manual de asistencia técnica, N°5. Convenio Inat-Corpoica. (Pp.51-53 y 210).

INSTITUTO TECNICO Y DE GESTION AGRICOLA DE NAVARRA, 2003. Guisante proteaginoso en Navarra. Disponible en: <http://www.itga.com>. Consulta: 15 de mayo del 2013.

JIMÉNEZ F.U., 2017. Informaciones agronómicas de Hispanoamérica. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/AC99733CC1A0EAC08525815D006DE839/\\$FILE/Art%206.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/AC99733CC1A0EAC08525815D006DE839/$FILE/Art%206.pdf). Consulta 25 de Agosto de 2017.

KHAN, T.N., RAMZAN, G. JILLANI, G. y MEHMOOD. 2013. Morphological performance of peas (*Pisum sativum* L.) genotypes under rainfed conditions of Potowar region. *Journal of Agricultural Research*. (51).51 - 60.

KRAFT, J. AND PFLEGER, F.; 2000. Compendium of pea diseases and pest. APS press, the American Phytopathological Society. Secon Edition. (pp.67)

LEES, P. El guisante, En: Agricultura de las Américas. Kansas. 1985. Vol 34.No9. P4.Citado por Ordoñez Erazo Gabriel, 2005. Efecto de diferentes sistemas de labranza cero en rastros de trigo sobre la producción de dos variedades de arveja. Pasto. (Pp.24)

LEÓN, L. A. 1994. Evaluación de la fertilidad del suelo. In: Silva M., F. (Ed.). Fertilidad de suelos; diagnóstico y control. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. (pp.155–186)

LORA, R. 2001. Los elementos secundarios Ca, Mg, S y el Silicio en la Agricultura. Bogotá: S.C.C.S cap. Cundinamarca. (pp.176).

MERA, M., J.M. ALCALDE, & S.FERRADA. 1998. arvejas para congelar en el sur: Sorprendentemente potencial de rendimiento. Tierra Adentro (28), 23-25.

MORALES, J. 2005.Prontuario de Agricultura. Cultivos Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. (pp.281)

NEGRET, G.A. & LARA, C.E.; 1991.Efecto de fertilización edáfica y foliar en el cultivo de arveja industrial (*Pisum sativum* L.) en un suelo afectado por sales en la Sabana de Bogotá. (Pp.6-10 y 27-30)

PABON, J. Identificación de hongos y bacterias en granos de arveja (*Pisum sativum* Linneo).  
2011. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Maestría  
en fitopatología. (Pp.56-78)

PRASAD, P.V.V., K.J. BOTTE, L. HARTWELL, A.J.R. THOMAS. 2002. Effects of elevated  
temperature and carbón dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*  
L.). *Global Change Biology* 8(8), 710-721.

QUISTIAL, J & CHAVEZ, D.2009. Evaluación agronómica de 20 líneas de arveja voluble.  
(*Pisum sativum* L) en cinco municipios del departamento de Nariño .Tesis de grado  
ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto.  
Colombia. (Pp.24)

RENEAU., J.R.1988. CORN RESPONSE TO SULFUR APLICATION IN COASTAL. *Plain*  
*Solid* . *Agron. J.* 75: 1036 –1040.

RODRÍGUEZ, S.A. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión.  
México, D.F. (pp.45)

SIMON & SILVESTRE. 1960. Les composés du soufre du sol et leur révolition - raportes avec  
la microflore, utilitzación par les plantes. *Ann. Agron., Paris* 3, 311-32.

TULCÁN, 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. (pp.33)

ZAMORANO, C.; LÓPEZ, H. & ALZATE, G. 2008. Evaluación de la competencia de arvenses en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) en Fusagasúga, Cundinamarca (Colombia). *Rev. Agron. Col.* 26(3), 443-450.

# ANEXO

*por favor leer el manual*

	<b>SECCION DE LABORATORIOS</b> <b>REPORTE ANÁLISIS DE SUELOS AGRICOLAS</b>	Código: LBE-PRS-FR-115
		Página: 1 de 1
		Versión: 2
		Vigente a partir de: 2014-01-15

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No.	LSIA-R-11-17
USUARIO DEL SERVICIO:	Proyecto Colociencias " Manejo del marchitamiento del cultivo de arveja ( <i>Pisum sativum</i> L.) causado por el hongo <i>fusarium oxysporum</i> f. <i>visi</i> , en el departamento de Nariño. <i>Cueva Chana</i>	Tipo de Muestra	Suelo Agrícola	Fecha Toma Muestra	AA 17 MM 03 DD 03
CC - Nit:	800118954-1	Fecha Recepción Muestra	AA 17 MM 03 DD 17	Fecha ejecución del análisis	AA 17 MM 03 DD 23 AL AA 17 MM 03 DD 29
Dirección:	Universidad de Nariño -	Fecha Emisión del Reporte	AA 17 MM 03 DD 29		
Teléfono:	3148899488	Procedencia			
e-mail:	ciagraria@hotmail.com	Departamento:	Nariño	Municipio	Potosí
Proprietario:	Nuver Valverde	Vereda:	San Pedro	Finca	Area del Lote: 1800 m2
Análisis Solicitado:	Completo	Cultivo actual:	Arveja	Cultivo proyectado	Arveja
		Fertilizantes Aplicados:		Topografía:	Plana
				Altitud (msnm)	2719
				Profundidad:	20 cm

PARAMETROS QUIMICOS				Código muestra - Identificación Lote	
ENSAYOS	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LSIA-0039-17	LSIA-0040-17
				Toma 17-03-01	Toma: 17-03-08 Aplicó Cal dolomítica
pH	Potenciometro (1:1)	NTC 5264	Potenciométrica	5,11	5,48
Materia Orgánica	Walkley-Black (Colorimétrico)- NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	3,06	2,84
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	419	403
Capacidad Intercambio Catiónico (CIC)	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7 NTC 5268	Volumétrica	cmol <sup>+</sup> /Kg	12,1	11,6
Calcio de Cambio	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1NpH7	Espectrofotometría de Absorción		5,78	6,29
Magnesio de Cambio	NTC 5349	Atómica		0,76	0,98
Potasio de Cambio				1,42	1,25
Aluminio de Cambio	Extracción KCl 1N NTC 5263	Volumétrica		0,12	0,12
Hierro disponible	DTPA - NTC 5526	Espectrofotometría de Absorción Atómica	mg/Kg	260	249
Manganeso disponible				36,1	36,4
Cobre disponible				3,27	4,37
Zinc disponible				3,74	2,46
Boro disponible	Agua Caliente NTC 5404	Espectrofotométrica uv-vis		0,66	0,58
Nitrógeno Total	Con base en la materia orgánica	Cálculo	%	0,12	0,11
Carbono Orgánico	Walkley-Black (Colorimétrico) NTC5403	Espectrofotométrica uv-vis	%	1,78	1,65
Azufre disponible	(Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O) 0,008M NTC 5402	Espectrofotométrica uv-vis	mg/Kg	8,08	4,56

PARAMETROS FISICOS					
F=Franco - Ar=Arcilloso	Al Tacto		Grado Textural	Ar-A	Ar-A
A=Arenoso - L=Limoso					
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0,94	0,86
RESERVACIONE	LABORATORIO USUARIO: LOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA. UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL. ND = No se determinó.				

TABLA DE INTERPRETACION DE RESULTADOS (ICA, Fertilización en diversos Cultivos, Quinta Aproximación)									
Bases Intercambiables	UNIDADES: cmol <sup>+</sup> /Kg			Fósforo y Elementos Menores	UNIDADES: mg/Kg			pH	
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	Valor	Categoría
Ca	< de 3	3 - 6	> de 6	P	< de 20	20 - 40	> de 40	< de 5,5	Extremadamente ácido
Mg	< de 1,5	1,5 - 2,5	> de 2,5	Fe	< de 25	25 - 50	> de 50	5,5 - 5,9	Moderadamente ácido
K	< de 0,2	0,2 - 0,4	> de 0,40	Mn	< de 5	5 - 10	> de 10	6,0 - 6,5	Adecuado
Materia Orgánica Según el Clima (%)				Cu	< de 2	2 - 3	> de 3	6,6 - 7,3	Neutro
FRIO	< de 5	5 - 10	> de 10	Zn	< de 1,5	1,5 - 3	> de 3	7,4 - 8,0	Alcalino
MEDIO	< de 3	3 - 5	> de 5	B	< de 0,2	0,2 - 0,4	> de 0,4	> de 8	Muy alcalino
CALIDO	< de 2	2 - 3	> de 3	S	< de 10	10 - 20	> de 20		
Conductividad eléctrica (Grado de Salinidad) dS/m - Decisimenes/metro									
No Salino		Ligera salinidad		Moderado		Fuerte		Muy Fuerte	
0 - 2		3 - 4		4 - 8		8 - 15		Mayor de 15	