

# TÓPICOS

EN CIENCIAS

# AGROPECUARIAS





# Tópicos en ciencias agropecuarias



Compiladores:  
Ángel Marcelo Calvache Ulloa  
Antonio Baque Martínez

La presente obra fue evaluada por pares académicos experimentados en el área.

### Catalogación en la Fuente

Tópicos en ciencias agropecuarias / Compilado por Ángel Marcelo Calvache Ulloa, Antonio Baque Martínez- Guayaquil: CIDE, 2018

103 p.: incluye tablas, cuadros, gráficos

Memorias del X Congreso de Investigación en Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Zootecnia, Galápagos, Santa Cruz, Pto. Ayora, Ecuador., 21, 22 y 23 de marzo 2018.

ISBN: 978-9942-759-79-5

1. Agronomía – Congresos, conferencias 2. Zootecnia – Congresos, conferencias

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, integra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE).

ISBN: 978-9942-759-79-5

Edición con fines académicos no lucrativos.

Impreso y hecho en Ecuador.

Diseño y Tipografía: Lic. Pedro Naranjo Bajaña.

Fecha de Publicación: 17 de julio de 2018.

**CIDE**   
EDITORIAL  
Cod. 9942-8632 

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador.  
Cdl. Martina Mz. 1 V. 4 - Guayaquil, Ecuador.  
Tel.: 00593 4 2037524.  
[http. :/www.cidecuador.com](http://www.cidecuador.com)

## COMITÉ ACADÉMICO

### **Ignacio Armendáriz González – Ecuador**

Licenciatura en Biología 1986; PhD. en Biología, Universidad de Navarra, 1991; Más de 80 publicaciones científicas y participación en 55 Congresos científicos nacionales e internacionales; Universidades y Centros de Investigación de España, Francia, Irlanda, Italia, México y desde 2013 en Ecuador como Prometeo y ahora en la UTE. Desde el año 2000 viene trabajando en el control biológico de plagas y enfermedades, habiendo estudiado en Ecuador el caso del picudo negro del plátano. Líneas de investigación: Zootecnia; bioindicación con invertebrados y sistemática; Control biológico; nematodos, hongos e insectos; Parasitología animal, resistencia en garrapatas; Plagas y enfermedades agrícolas; Entomología; Agricultura Ecológica

### **Manuel Enrique Cortés Cortés – Chile**

Licenciado en Ciencias Biológicas con Certificado Académico en Física Fundamental y Doctor en Ciencias de la Agricultura (área Fisiología y Nutrición Animal) por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Es Licenciado en Educación y Profesor de Estado en Química y Biología por la Universidad de Santiago de Chile. Actualmente es Investigador Postdoctoral en Fisiología y Fisiopatología Reproductiva en el Reproductive Health Research Institute y se desempeña como Académico e Investigador en Fisiología y Fisiopatología, Departamento de Ciencias Químicas y Biológicas, Universidad Bernardo O'Higgins, Chile. Autor de varias publicaciones en libros y revistas científicas de corriente principal.

### **Cesar Ortega Santana - México**

Profesor-Investigador de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), Universidad Autónoma del estado de México (UAEM). Médico veterinario zootecnista. FMVZ - UAEM. 1992. Maestro En Salud Animal. FMVZ – UAEM. 1995. Grado: doctor en ciencias veterinarias. Enfermedades de peces. Universidad austral de Chile. 28 de julio de 2008. Responsable del laboratorio de virología de peces, Área de sanidad Acuícola del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal (CIESA) FMVZ-UAEM. Desarrolla actividades de Docencia, Investigación y Extensión en temas asociados a la sanidad y diagnóstico acuícola. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

### **Manuel García Herreros -España**

Licenciado en Medicina Veterinaria. Facultad Veterinaria de Cáceres (UEX), España. Veterinario Residente. Hospital Clínico de la Universidad de Extremadura (UEX), España. Master en Biología de la Reproducción (Sobresaliente con Honores), Universidad de Extremadura (UEX), España. Asesor de empresas “Accelerated Genetics” (USA) e “Intervet” (USA). Veterinario asistente del servicio de granja (UEX), España. Veterinario asistente del servicio clínico (UEX), España. Ph.D., (Sobresaliente “Cum Laude” por Unanimidad) Reproducción en Animales Domésticos (UEX), España. Premio Extraordinario de Doctorado Ph.D. con honores “Honours”. Mejor Tesis Doctoral (España). Investigador asociado, Universidad de Murcia (UM), España – Suecia – Irlanda -España. Actualidad: Investigador Principal Secretaria Nacional de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), Ecuador.

## COMITÉ EDITORIAL

### **Sanin Ortiz Grisales – Colombia**

Doctorado Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Ciencias Agrarias con énfasis en Fitomejoramiento. Febrero de 2004 – junio de 2009. Maestría/Magister Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. Pregrado/Universitario Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira Zootecnia. Febrero de 1987 – febrero de 1994. Determinación de la curva de crecimiento y rendimiento cárnico en Patos muscovy *Cairina moschata* (L) bajo condiciones de cría y ceba intensiva. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Investigador del Programa de Investigación, Mejoramiento genético, agronomía y producción de semillas de hortalizas. Agosto 2004-Actual.

### **Juan Carlos Barrientos Fuentes – Bolivia**

Ingeniero agrónomo (1994) de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia; Master en Ciencias Agrarias y Manejo de Recursos en los Trópicos y Subtrópicos (2000) y Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Socio-Economía Agraria (2005) de la Universidad de Bonn, Alemania. Actualmente, es profesor asociado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. Áreas de trabajo e interés: economía agraria, economía campesina, proyectos agrarios, desarrollo y extensión rural y teoría de la investigación científica. Director del Departamento de Desarrollo Rural, Miembro del Comité de Investigación y Extensión, entre otros.

### **Guillermo A. León M.-Colombia**

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia Especializaciones: Manejo Integrado de Plagas, Centro Internacional de Agricultura, Wageningen, Holanda. Control Biológico de artrópodos plagas, Colegio Imperial, Universidad de Londres, Instituto Internacional de Control Biológico. Silwood Park, Inglaterra. Doctorado Ph. D. Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia. Experiencia profesional: 1984 – 1993: Investigador en el programa de Entomología – Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. 1994 – 2013: Investigador Principal Red de Manejo Integrado de Plagas - Entomología. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Áreas del conocimiento/disciplinas: Investigación Agrícola – Entomología – Control Biológico - Manejo Integrado de Plagas (Cultivos Tropicales – Frutales – Cítricos – Forestales – Caucho).

## AUTORES

Alejandra Briones  
Carlos Ovalle  
Doris Chalampunte Flores  
Edmundo Acevedo  
Fabián Gordillo  
Jaime Hidrobo Luna  
Jean Carlo Vaca  
Laura Alejandra Castillo  
Leidy Johana Posada García  
Leonardo Avellán-Vásquez  
Marcelo Calvache Ulloa  
María José Romero Astudillo  
Martha Cecilia Ocampo  
Miguel Gómez-Cabezas  
Néxar Cobeña-Loor  
Nidia Brunel  
Oscar Seguel  
Paola Andrea Buitrago Muñoz  
René Ulcuango

## INDICE

<b>PRÓLOGO</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>Evaluación de ceniza como abono natural para el desarrollo agronómico de la soya verde (<i>Vigna radiata</i>)</b> .....	11
Fabián Gordillo Alejandra Briones Jean Carlo Vaca	
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Respuesta del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) a la aplicación de diferentes fuentes fertilizantes en suelos andinos.</b> .....	21
María José Romero Astudillo	
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>Extracción de micronutrientes según la fenología del plátano Barraganete (<i>Musa paradisiaca L.</i>)</b> .....	31
Marcelo Calvache Ulloa Leonardo Avellán-Vásquez Néxar Cobeña-Loor	
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) en la provincia de Imbabura.</b> .....	44
René Ulcuango Doris Chalampunte Flores Miguel Gómez-Cabezas	
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>Eficiencia del uso del agua en una rotación avena (<i>Avena sativa</i>) – trigo (<i>Triticum aestivum</i>) en un suelo alfisol degradado</b> .....	61
Ingrid Martínez Nidia Brunel Oscar Seguel Carlos Ovalle Edmundo Acevedo	
<b>CAPÍTULO 6</b>	
<b>Caracterización morfológica, agronómica y evaluación de la tolerancia a la antracnosis de un grupo de accesiones de chocho (<i>Lupinus hybridus</i> y <i>Lupinus mutabilis</i>)</b> .....	68
Miguel Gómez-Cabezas	

## CAPÍTULO 7

<b>Influencia de las fases lunares en el cultivo del fréjol (<i>Phaseolus vulgaris s</i>).....</b>	<b>79</b>
Jaime Hidrobo Luna	

## CAPÍTULO 8

<b>Presencia de garrapatas y hemoparásitos en <i>Boa constrictor</i> del Zoológico Los Caimanes...</b>	<b>86</b>
Laura Alejandra Castillo	
Leidy Johana Posada García	
Paola Andrea Buitrago Muñoz	
Martha Cecilia Ocampo	



# PRÓLOGO

## PRÓLOGO

Estimados lectores y participantes del X Congreso de Investigación en Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Zootecnia, reciban un cordial y fraterno saludo de quienes conformamos El Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE) y el Centro de Estudios Transdisciplinarios (CET) Bolivia, quienes hemos preparado para ustedes este innovador Congreso. Quiero aprovechar esta oportunidad para expresar mi más profundo agradecimiento a tan distinguidas delegaciones nacionales e internacionales que nos honraron y engalanaron con su presencia y que sin ellos no habría sido posible el desarrollo de este magno evento académico.

Fueron tres valiosos días en los que se ha nutrido el conocimiento y el pensamiento crítico; mediante el debate académico y la participación de nuestros ponentes, docentes, alumnos y asistentes; quienes han asumido con responsabilidad y entereza sus posturas creando un marco solemne de generación de propuestas a los nuevos desafíos que las organizaciones y naciones deben enfrentar en el marco de la globalización económica.

El nivel de competitividad no solo afecta al sector Agropecuario; sino que también tiene un impacto en la sociedad en general. Y no es más que la Innovación y la Productividad Agropecuaria donde se enfoca la mirada de las organizaciones y naciones que buscan el crecimiento económico, siendo la innovación una variable potenciadora de la productividad, la misma que demanda de nuestra sociedad el conocimiento inminente para su generación, y esto a su vez dará paso al desarrollo económico con raíces fuertes que solamente pueden ser generadas a través de innovadores modelos de Productividad Agropecuaria que permitirán el desarrollo del país.

En este contexto el reto está planteado, al asumir desafíos muy importantes las respuestas solo pueden ser avizoradas por la gente que dedica su contingente científico a buscar nuevas soluciones en las que prácticamente descansa el futuro de la sociedad y su forma de convivir, en la que las soluciones pueden generar repuntes positivos en la economía.

Es por ello que me llena de orgullo el poder entregar a ustedes estas memorias que se constituyen el fruto de un esfuerzo intelectual generado en este Congreso, que sin duda alguna contribuirá al conocimiento de la comunidad académica, la misma que dejaría de existir sin gente como ustedes estimados científicos, docentes, estudiantes y asistentes que convirtieron a este congreso en los primeros pasos hacia el éxito de la sociedad y de las organizaciones en general.

Los trabajos incluidos en este libro, exponen justamente la necesidad de mejorar la productividad Agropecuaria traducido en encontrar nuevas formas de hacer más cosas con menos de los recursos disponibles en las empresas Agropecuarias. Queda expuesto entonces a través de los artículos incluidos en este libro, siendo ellos: *Evaluación de ceniza como abono natural para el desarrollo agronómico de la soya verde (Vigna radiata)*; *Respuesta del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) a la aplicación de diferentes fuentes fertilizantes en suelos andinos*; *Extracción de micronutrientes según la fenología del plátano Barraganete (Musa paradisiaca L.)*; *Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la provincia de Imbabura*; *Presencia de garrapatas y hemoparásitos en Boa constrictor del Zoológico Los Caimanes*; *Eficiencia del uso del agua en una rotación avena (Avena sativa) – trigo (Triticum aestivum) en un suelo alfisol degradado*; *Caracterización morfológica, agronómica y evaluación de la tolerancia a la antracnosis de un grupo de*

*accesiones de chocho (Lupinus hybridus y Lupinus mutabilis; Influencia de las fases lunares en el cultivo del fréjol (Phaseolus vulgaris), Sin duda, surge la necesidad de asegurar una investigación aplicada al sector agropecuario y una gestión eficaz, emprendedora, relacionada con todos los procesos, sistemas y personas, a fin de poder competir más eficientemente en el sector agropecuario.*

Gracias.

PhD. Calvache Ulloa, Ángel Marcelo  
**Presidente X Congreso de Investigación en Ciencias Agronómicas, Veterinarias y  
Zootecnia**

# CAPÍTULO 1

*Evaluación de ceniza como abono natural para el desarrollo agronómico de la soya verde (*Vigna radiata*).*

**Fabián Gordillo  
Alejandra Briones  
Jean Carlo Vaca**

# Evaluación de ceniza como abono natural para el desarrollo agronómico de la soya verde (*Vigna radiata*)

**Fabián Gordillo**

Universidad de Guayaquil  
fabian.gordillom@ug.edu.ec

**Alejandra Briones**

Universidad de Guayaquil  
alejandra.brionesa@ug.edu.ec

**Jean Carlo Vaca**

Universidad de Guayaquil  
jean.vacaa@ug.edu.ec

## Resumen

La agricultura orgánica utiliza los recursos, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y actividad biológica. La ceniza es muy utilizada porque interviene en: división celular, absorción de elementos. *Vigna radiata*, es una leguminosa usada en alimentación humana y animales, debido a su valor nutricional. El objetivo de la investigación fue evaluar el abono cenizo para el cultivo de soya verde. La siembra fue de manera directa 30 cm x 5 cm entre plantas, en hoyos de 20 cm x 40 cm, obteniendo una densidad poblacional de 10 plantas por tratamiento con tres repeticiones. Se analizaron variables como: número de vainas por planta, número de semillas por vaina, altura de la planta y longitud radicular. Los datos generados se analizaron mediante un análisis de varianza y comparación múltiple de medias. No existió diferencia estadística significativa en la relación de las variables, excepto en la longitud radicular, en donde el tratamiento con ceniza adquirió una mayor longitud; además, se observaron valores máximos de: 32 vainas/planta, 13 semillas/vainas, 0,55 m altura de planta y 0.18 m longitud radicular. La ceniza es viable para el cultivo de soya verde; ya que, las plantas cultivadas con baja fertilización, presentaron valores admisibles en las variables agronómicas.

**Palabras clave:** Ceniza, Abono, Leguminosa, Agricultura, Manejo.

## Abstract

Organic agriculture uses the resources, giving emphasis to the fertility of the soil and biological activity. Ash is involved in cell division, absorption of elements. *Vigna radiata* is a legume used in food and animals, due to its nutritional value. The objective of the research was to assess the ash fertilizer for green soybean cultivation. Sowing was 30 cm x 5 cm between plants, in pits of 20 cm x 40 cm, with a population density of 10 plants by treatment with three replications in a direct way. Variables were analyzed as number of pods per plant, number of seeds per pod, plant height and root length. The data generated were analyzed using analysis of variance and multiple comparison of means. There was no significant statistical difference in the relationship between the variables, except the root length, where treatment with ash acquired a greater length; In addition, the values are observed maximum were: 32 pods/plant, 13 seeds/pods, 0.55 m plant height and 0.18 m radicle length. Ash is viable for the cultivation of green soybeans; since plants grown with low fertilization, presented admissible in agronomic variables values.

**Keywords:** Ash, Fertilizer, Legume, Agriculture, Management.

## Introducción.

Por cientos de años, la agricultura contribuyó de manera considerable a la diversidad de especies y de hábitats, dando origen a muchos de los paisajes de hoy. Sin embargo, durante el último siglo, la agricultura

moderna intensiva, como consecuencia de los altos insumos de plaguicidas y fertilizantes sintéticos y de la especialización del monocultivo, ha tenido un impacto nocivo sobre la diversidad de los recursos genéticos de las variedades de cultivos y de razas de animales, sobre la diversidad de las especies silvestres de la flora y de la fauna y sobre la diversidad de los ecosistemas. La lista roja de especies en peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) del año 2000 resalta la pérdida del hábitat como la mayor amenaza a la que se enfrenta la biodiversidad, con las actividades agrícolas afectando al 70 por ciento de todas las especies de aves amenazadas y al 49 por ciento de todas las especies de plantas; por aquello, es indispensable desarrollar prácticas opcionales de agricultura como lo es la agricultura orgánica (UICN, 2016).

En la agricultura moderna altamente tecnificada es común el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, destacando los nitrogenados, fosforados y potásicos (Villareal *et al.*, 2006). Estos fertilizantes, al aplicarlos en dosis superiores a los requerimientos de los cultivos, conducen a una baja eficiencia en su utilización y a un impacto adverso en el ambiente (Keeney, 1982; Peña *et al.*, 2001), como la contaminación de la atmósfera (Ramanathan *et al.*, 1985), los suelos (Castellanos y Peña *et al.*, 2001) y los mantos acuíferos, así como la eutrofización de aguas superficiales (Gilliam *et al.*, 1985). Este uso excesivo de fertilizantes químicos también puede provocar desbalances nutricionales en los cultivos hortícolas y bajo rendimiento y calidad de los frutos cosechados (Maynard *et al.*, 1976; Engels y Marschner 1995). Se ha demostrado que el uso indiscriminado de agroquímicos produce degradación física, química y biológica del suelo, debido a la disminución del contenido de materia orgánica, la acumulación residual de sales solubles y la reducción de su población microbiana (Volke *et al.*, 1993; Crovetto, 1996). Además, el uso de fertilizante nitrogenado en exceso a los requerimientos de los cultivos provoca altas emisiones de NO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, lo cual contribuye al efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono. Estas emisiones pueden reducirse mediante el uso de prácticas apropiadas de fertilización y de sistemas de producción que incluyan la conservación en el suelo de residuos de los cultivos (Baggs *et al.*, 2003).

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana (FAO, 2003).

La agricultura orgánica depende de la estabilización de los agroecosistemas, del mantenimiento del equilibrio ecológico, del desarrollo de los procesos biológicos hasta su nivel óptimo y de relacionar las actividades agrícolas con la conservación de la biodiversidad. Las especies salvajes brindan una serie de servicios ecológicos dentro de los sistemas orgánicos: la polinización, el control de plagas y el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Por tal motivo, niveles más elevados de biodiversidad pueden fortalecer las funciones esenciales para los sistemas agrícolas y, por ende, para el desempeño agrícola. La promoción del aumento de la biodiversidad funcional constituye una estrategia ecológica clave para lograr mantener la sostenibilidad de la producción en granjas orgánicas. Los sistemas orgánicos también utilizan menor cantidad de insumos externos y no usan fertilizantes químicos, plaguicidas, organismos genéticamente modificados ni medicamentos sintéticos. Por el contrario, los sistemas están diseñados para poder aplicarse en armonía con la naturaleza, con el fin de determinar los rendimientos agrícolas y la resistencia contra las enfermedades. La agricultura orgánica apunta a optimizar la calidad en todos los aspectos de la agricultura y del medio ambiente, mediante el respeto de la capacidad natural de las plantas, de los animales y del paisaje; además, considera la utilización de nuevos insumos agrícolas principalmente de procedencia orgánica (FAO, 2003).

La ceniza de cascarilla de arroz se muestra actualmente como un material muy versátil debido a sus distintas propiedades. La cáscara de la ceniza de arroz puede contener hasta 15% en peso de carbono. Si la

calcinación de la ceniza se promueve con el fin de eliminar el carbono residual, se puede obtener aproximadamente el 95% de sílice puro, dicha sílice se distribuye principalmente en la epidermis externa de la cascarilla de arroz (Angulo y Junior, 2018).

Uno de los insumos más utilizados en la agricultura es la ceniza; ya que, aporta buenas cantidades de potasio, el macronutriente más demandado por las plantas después del nitrógeno. El potasio favorece el crecimiento del follaje y los frutos y mejora la tolerancia de la planta ante falta de agua. La ceniza también neutraliza la acidez del suelo y además tiene la característica de estimular la actividad de las bacterias que fijan el nitrógeno en la tierra. El otro uso principal de las cenizas en agricultura es el de aprovechar las cualidades de éstas para mejorar la calidad del suelo y aumentar su fertilidad. Para observar estas propiedades de este insumo rápida y notoriamente se debe escoger una planta que tener un crecimiento rápido y sensible a los aspectos bióticos y abióticos.

*Vigna radiata* nombre común de soja verde o frijol chino es una leguminosa herbácea, anual, erecta y voluble; alcanza una altura de 15 cm a 1 m; tiene raíces pivotantes y fibrosas. Los tallos son poco pubescentes, cubiertos de pelo de color castaño. Las primeras flores aparecen siete a ocho semanas después de la siembra, son amarillas, aproximadamente de 1 cm de largo. La cosecha de semillas se debe realizar entre 12 a 14 semanas. La maduración tiende a ser desuniforme, necesita 3 a 4 cosechas. Las vainas son cilíndricas, delgadas de 6 – 8 cm de largo, indehiscente, vellosa en estado tierno con pelos sedosos y contienen de 10 – 12 semillas; estas de color verdoso a verde dorado y de 3 – 5 mm de largo. Es de crecimiento rápido (65 – 75 días); los granos tienen un alto contenido de hierro y vitaminas del complejo B. Crece hasta una altura de 1850 m.s.n.m, con una precipitación entre 600 – 1800 mm. Tolera bien la sequía y la sombra. Se ajusta a una gama amplia de suelos agotados, pero se comporta mejor en suelos fértiles y arenosos; con pH 5 – 7. Mantiene la fertilidad del suelo cuando es usada como abono verde (Tropical Forages, 2015).

Por lo expuesto, la presente investigación se enfocó en evaluar la ceniza obtenida de la quema del tamo de arroz como abono del suelo en el cultivo alternativo de soja verde.

#### **Importancia del problema.**

La combustión de carbón, biomasa y residuos urbanos genera en el mundo una elevada cantidad de cenizas. Como ejemplo, la cantidad de ceniza producida en Finlandia en 1996 fue de aproximadamente 216.000 Mg (Korpilati *et al.*, 1998), en Suecia entre 170-200.000 Mg (Lundborg, 1998) y en Dinamarca 80-100.000 Mg (Serup *et al.*, 1999). Este aspecto hace que se busquen posibles destinos alternativos a su depósito en vertedero. La combustión de los restos maderables (fitomasa) genera importantes cantidades de cenizas (entre 3 y 20 Mg diarios, según la factoría), las cuales no se reutilizan y son almacenadas en vertederos autorizados, a pesar de ser consideradas como un residuo no peligroso; sin embargo, en los últimos años esta situación está cambiando. Existen gestores que emplean estas cenizas como fertilizantes de suelo (Omil, 2007).

Comparando el poder fertilizante de las cenizas con respecto a los fertilizantes comerciales N, P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y K (K<sub>2</sub>O), éste depende, en gran medida, de la concentración de fósforo, potasio y boro de las mismas. Según Naylor y Schmidt (1986) el efecto fertilizante de las cenizas sería de 0:1:3 (N: P: K), incrementándose a 0:3:14, al disminuir la temperatura de combustión de la caldera. De tal manera que sería necesario aplicar mayores cantidades de ceniza en una fertilización convencional (p.e. 4-5 Mg de ceniza por hectárea frente a 0,5 Mg de otros fertilizantes comerciales). A pesar de ello las cenizas presentan la ventaja de que su efecto fertilizante es más duradero que el de los fertilizantes comerciales con la misma concentración de P y K (Väätäinen *et al.*, 2000).

La vigna o rabiza (*Vigna radiata*), es una leguminosa que se emplea en la alimentación humana (Bustamante, 1988) y de especies animales como los cerdos, becerros (Canelones y Castejon, 2006), gallinas y otras aves de corral (Lon-Wo *et al.*, 2001), debido a su valor nutricional alto y concentración de factores antinutricionales bajos (Díaz *et al.*, 2002), lo que optimiza su aprovechamiento (Castillo *et al.*, 2008).

### **Metodología**

El experimento se realizó en Daule, Ecuador, en un suelo arcilloso, poco profundo, pH neutro, bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad. El clima Tropical Megatérmico húmedo, con temperatura entre 25 y 26°C y precipitación entre 900 y 1.000 mm anual de acuerdo al plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Daule 2015-2025 (Gobierno Autónomo Descentralizado Ilustre Municipalidad del cantón Daule, 2015).

La siembra se realizó de manera directa con un distanciamiento de 30 cm y 5 cm entre plantas, en hoyos de 20 cm de profundidad con un diámetro de 40 cm, obteniendo una densidad de población de 10 plantas por tratamiento. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental fue de treinta plantas por tratamiento, en donde se analizaron variables como: número de vainas por planta, número de semillas por vaina, altura de la planta y longitud radicular.

Los tratamientos fueron: (1) con ceniza; (2) sin ceniza; en todos los casos, la fertilización se la realizó con los siguientes productos orgánicos: Fecafungi (repelente de insectos y plagas), Fecabiol (su alto contenido nutricional mejora rápidamente la salud del cultivo, aumenta la floración producción) y Fecactivador (activa los procesos naturales de reciclaje, descomposición y captura de nutrientes, fortalece la microfauna foliar y la inmunidad natural contra enfermedades y plagas).

### **Determinación de la granulometría.**

La granulometría es la propiedad física más cambiante en este tipo de material y por lo tanto la que más problemas ocasiona en la regulación del caudal de la abonadora. Este parámetro hace referencia a la distribución del tamaño de las partículas de los fertilizantes sólidos. Para la determinación de este parámetro se tomó una muestra múltiple representativa de cenizas de cada uno de los sacos que las transportaban (aproximadamente 50 g), a continuación, se secaron en estufa hasta peso constante, se tamizaron por tamices de malla cuadrada conforme a la norma ISO 565 de 2.0; 2,5; 3.15; 4.0 y 5.0 mm de apertura de malla y finalmente se pesaron las fracciones de cada uno de los tamices (Maynard *et al.*, 1976 y Omil, 2007).

### **Determinación del pH**

Se determinó el pH de las cenizas en H<sub>2</sub>O y en KCl (0,1 M) en una suspensión suelo-medio extractante (1: 2,5), para determinar el pH en agua se agita esta suspensión con varilla de vidrio y se mide transcurridos 10 minutos de reacción y para determinar el pH en KCl (0,1 M) se miden transcurridas 2 h de contacto entre el suelo y el extractante (Guitián y Carballas, 1976).

### **Determinación de la humedad**

De cada una de las muestras de cenizas húmedas se tomaron 3 submuestras, se introdujeron en crisoles y se secaron en estufa a 105 °C hasta peso constante, y la humedad se calculó por diferencia de peso (Sztern y Pravia, 1999)

### **Ensayo del tamizado de las cenizas**

Es necesaria una homogeneización de las características físicas del abono. También es necesario que esas características sean repetidas de una partida a otra (Rousselet *et al.*, 1997). Cuanto menor es la diferencia entre el tamaño de las partículas más uniforme será la dosificación. Para homogeneizar el producto y



eliminar los elementos gruesos es necesario el tamizado de las cenizas. La luz del tamiz se seleccionará en función de la pedregosidad de las cenizas siendo superior a 3 cm de luz e inferior a 7 cm (Omil, 2007).

### Análisis estadístico.

Los datos generados se analizaron mediante un análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVII.II con una comparación múltiple de medias (LSD Fisher,  $\alpha = 0.05$ ).

### Resultados

La generalización sobre las características físico-químicas de las cenizas es complicada, pues estas pueden variar dependiendo de múltiples factores como el material de origen, las temperaturas y las condiciones de combustión, la eficiencia en la separación de partículas, la aplicación de pre-tratamientos, el grado de exposición a la intemperie antes de su aplicación forestal y a las diversas fracciones de cenizas (Adriano *et al.*, 1997; Campbell, 1990; Etiégui y Campbell, 1991; Carlson y Adriano, 1993; Demeyer *et al.*, 2001); sin embargo, de acuerdo a la metodología empleada se obtuvieron los siguientes resultados en la tabla 1.

**Tabla 1.**  
Caracterización inicial de la ceniza a utilizar como abono

Parámetros	Humedad (%)	Materia Orgánica (%)	pH	Temperatura (°C)
Ceniza	42.15	6.06	8.39	26.3

Luego a los 70 días después de la siembra, se procedió a tomar los parámetros del proceso, como se indica en la tabla 2.

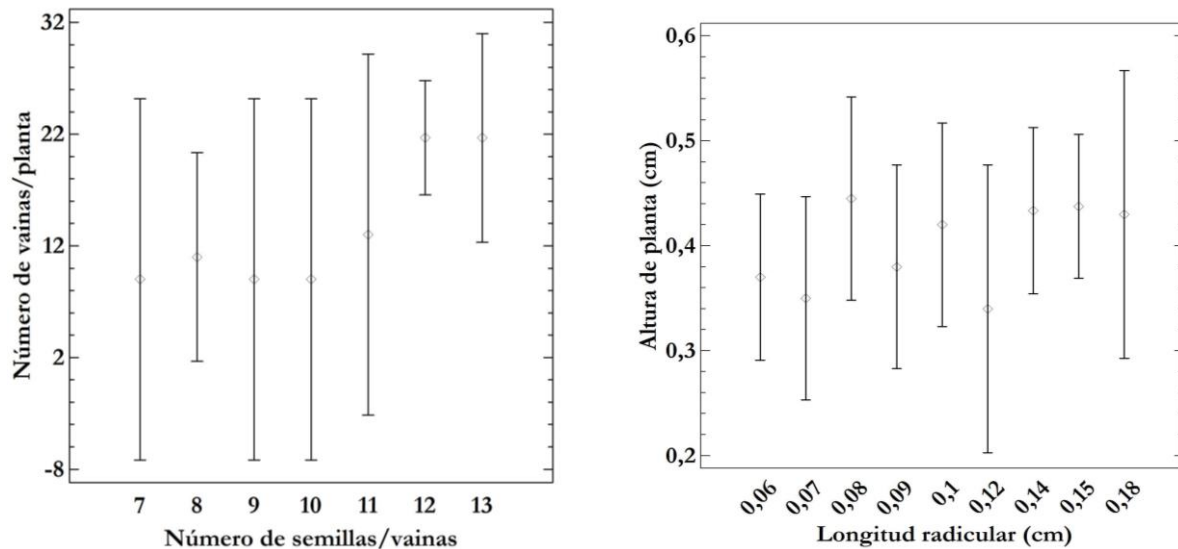
No se observa diferencia estadística significativa en los parámetros indicados en la tabla 2, excepto en la longitud radicular, en donde se presenta claramente que en el tratamiento con ceniza adquirió una mayor longitud; lo cual agrónomicamente es una ventaja para la obtención y adquisición de nutrientes y agua; ya que, el suelo donde se realizó la investigación de acuerdo a su textura y estructura es escaso en dicho recurso. Además, las plantas de *Vigna radiata* alcanzaron la altura establecida de 15 cm a 1 m descrita por Tropical Forages (2015) y Madriz y Luciani (2004), de igual manera de acuerdo al número de vainas por planta en el ensayo de salidas de lluvias realizado Madriz y Luciani (2004), y Flores, *et al* (2005) los valores oscilaron entre 8,75 y 21,75 vainas/ planta y en época seca 9,78 y 30,43 vainas/planta; y, de número de semillas por vaina, indican que el promedio que obtuvieron es 10,04 semillas/vaina en época lluviosa.

**Tabla 2.**  
Parámetros agronómicos del desarrollo del cultivo de soja verde

Efectos	Altura de la planta (m)	Número de vainas/planta	Número de semillas/vaina	Longitud radicular (m)
Tratamiento	ns	ns	ns	<0.05
Con ceniza	0.37a	18.7a	11.3a	0.13a
Sin ceniza	0.44a	16.8a	10.7a	0.09a

El potasio a través de las cenizas ayuda al desarrollo radicular, de los frutos y la floración; además interviene activamente en el proceso de división celular regularizando las disponibilidades de azúcares, así como en los procesos de absorción de calcio, nitrógeno y sodio. Su carencia se manifiesta en forma de necrosis en los márgenes y puntas de las hojas más viejas, bajo rendimiento y poca estabilidad de la planta, mala calidad y alta pérdida del producto cosechado. En exceso bloquea la fijación de magnesio y calcio (Cañet. *et al.*, 2003).

Luego, se evaluó la relación que existe entre las variables agronómicas como se indica en la *Figura 1* a y b.



**Figura 1.**

- Relación entre las variables: planta, vainas y semillas
- Relación entre el desarrollo aéreo y profundidad de raíces

En la figura 1 a y b se observa que no existe diferencia estadística significativa en la relación de las variables; además, se observan los valores máximos alcanzados en las variables: 32 vainas/planta, 13 semillas/vainas 13, 0,55 m altura de planta y 0.18 m longitud radicular.

### Conclusiones.

La ceniza presenta valores importantes de acuerdo al contenido de materia orgánica y humedad que puede aportar al suelo como abono para un correcto desarrollo de un cultivo con un pH y temperatura adecuados; por lo que, es una alternativa viable de producción para los cultivos de manera que contribuye a conservar la fertilidad del suelo y a mejorar las condiciones físicas del mismo, así como a reducir los problemas de contaminación ambiental y disminuir los costos de producción; ya que, las plantas cultivadas con baja fertilización, presentaron valores admisibles en las variables agronómicas analizadas sin presentar diferencias significativas excepto en la variable longitud radicular en donde se evidenció un mayor valor, lo cual es lo que se persigue debido a la relación que existe entre la longitud radicular, generación de exudados radiculares y la obtención de nutrientes.

### Referencias

- Adriano, D.; Kaunisto, S.; Moilanen, M., y Veijalainen, H. (1997). Suometsien lannoitus (on drained peatlands). In Mielik äinen K., Riikilä M. (Eds). *Kannattava Puuntuotanto (Profitability of Forestry)*. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti 116-126.
- Angulo, A., y Junior, A. (2018). *Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I*, Trujillo.
- Baggs, E., Stevenson, M., Pihlatie, M., Regar, A., Cook, H., y Cadisch, G. (2003). Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant and Soil*, 254(2), 361-370.

- Bustamante, M. (1988). Extracción de almidón a partir del frijol mungo (*Vigna radiata*). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Tesis de Licenciatura.
- Campbell, A. G. (1990). Recycling and disposing of wood ash. *Tappi Journal*, 73(9), 141-146.
- Canelones, C., y Castejon, M. (2006). Harinas de planta entera de frijol (*Vigna unguiculata*) y de mazorca de maíz (*Zea mays*) como suplemento para becerros antes del destete. *Zootecnia Tropical*, 24(3), 361-378.
- Cañet, F., Vega, M., Gordillo, M., y Peña, E. (2003). *Importancia del aseguramiento de la calidad e inocuidad en las producciones orgánicas de frutas y vegetales*. V Encuentro de Agricultura Orgánica. ACTAF: Enfocando una agricultura orgánica sostenible frente al desafío de la mega-urbanización en América Latina y el Caribe.
- Carlson, C., y Adriano, D. (1993). Environmental impacts of coal combustion residues. *Journal of Environmental quality*, 22(2), 227-247.
- Castellanos, J., y Peña, J. (1990). Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra*, 8(1), 113-126.
- Castillo, M.; Rojas, A., y Wing, R. (2008). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*, 33(1).
- Crovetto, C. (1996). *Stubble over the soil: The vital role of plant residue in soil management to improve soil quality*. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- Demeyer, A., Nkana, J., y Verloo, M. (2001). Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresource technology*, 77(3), 287-295.
- Díaz, M., Padilla, C., González, A., y Mora, C. (2002). Producción y composición bromatológica de harinas de vigna: de forrajes, integrales y de granos. *Agricultura Técnica*, 62(2), 266-274.
- Engels, C., y Marschner, H. (1995). Plant uptake and utilization of nitrogen. *Nitrogen fertilization in the environment*, 41-81.
- Etiegni, L., y Campbell, A. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource technology*, 37(2), 173-178.
- Flores, M., Madriz, I., Warnock de Parra, R., y Trujillo de Leal, A. (2005). Evaluación de altura de plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 354-368.
- Gilliam, J., Logan, T., y Broadbent, F. (1985). Fertilizer use in relation to the environment. *Fertilizer technology and use*, (fertilizertech), 561-588.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Ilustre Municipalidad del cantón Daule (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Daule 2015-2025*. Recuperado de: [http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/portal\\_sni/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0960000490001\\_pdyot%20daule%20-%202015-2025%20fase%20diagn%20c3%93stico\\_13-03-2015\\_11-30-32.pdf](http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/portal_sni/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0960000490001_pdyot%20daule%20-%202015-2025%20fase%20diagn%20c3%93stico_13-03-2015_11-30-32.pdf)
- Guitian, F., y Carballas, F. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Santiago de Compostela. España.
- Keeney, D. (1982). Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. *Nitrogen in agricultural soils*, (nitrogeninagrics), 605-649.
- Korpilahti, A., Moilanen, M., y Finér, L. (1998). Biomass ash utilization in Finland. *Ashes and particulate emissions from biomass combustion. Formation, characterisation, evaluation, treatment*/Ed. Obernberger, I.

- Lon-Wo, E.; Rodríguez, B., y Dieppa, O. (2001). Evaluación económico-biológica de harina de vigna (*Vigna unguiculata*) en dietas isoprotéicas para pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35:25.
- Ludborg, A. (1998). *Biomass utilisation in Sweden in ashed and particulate emissions from biomass combustion*. Institute of Chemical Engineering, Technical University of Graz, Austria. Obernberger I (Eds.).
- Madriz, P., y Luciani, J. (2004). Caracterización agronómica de 20 cultivares de frijol mungo, *Vigna radiata* (L.) Wilczek, en tres épocas de siembra, en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(1), 19-35.
- Marschner, H., y Rimmington, G. (1988). Mineral nutrition of higher plants. *Plant Cell Environ*, 11(2), 147-148.
- Maynard, D., Barker, A., Minotti, P., y Peck, N. (1976). Nitrate accumulation in vegetables. In *Advances in Agronomy*, 28, 71-118. Academic Press.
- Naylor, L., y Schmidt, E. (1986). Agricultural use of wood ash as a fertilizer and liming material. *Tappi (United States)*, 69(10).
- Omil, B. (2007). *Gestión de cenizas como fertilizante y enmendante de plantaciones jóvenes de Pinus radiata*. Universidad de Santiago de Compostela. España.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2003). *¿Es la certificación algo para mí?*. San José. Costa Rica. Editorial RUTA. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/007/ad818s/ad818s03.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2003). *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. Roma. Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s00.htm>
- Peña, J., Grageda, O., y Vera, J. (2001). Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas (15N). *Terra Latinoamericana*, 20(1).
- Ramanathan, V., Cicerone, R., Singh, H., y Kiehl, J. (1985). Trace gas trends and their potential role in climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 90(D3), 5547-5566.
- Rousselet, M., Coillard, J., y Miralles, A. (1997). *Les matériels de Fertilisation et Traitement des cultures*. Cemagref, Paris.
- Serup, H., Falster, H., y Gamborg, C. (1999). *Wood for energy production. Technology-environment-economy* (No. NEI-DK--3534 (ED. 2)). Videncenter for Halm-og Flisfyring (Denmark).
- Sztern, D., y Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos*. Organización Panamericana de la Salud.
- Tropical Forages. (2015). *Especies forrajeras multipropósito*. Cali. Colombia. Recuperado de: <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Vigna%20radiata.htm>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2016). *Manual de buenas prácticas en Conservación de la Naturaleza*. España.
- Väätäinen, K., Sirparanta, E., Räisänen, M., y Tahvanainen, T. (2011). The costs and profitability of using granulated wood ash as a forest fertilizer in drained peatland forests. *Biomass and Bioenergy*, 35(8), 3335-3341.

Villarreal, M., Hernández, S., Sánchez, P., García, R., Osuna, T., Parra, S., y Armenta, A. (2006). Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 549-556.

Volke, V., Frausto, J., y Merino, C. (1993). La materia orgánica del suelo como función de factores físicos y el uso y manejo del suelo. *Terra*, 11, 85-91.

# CAPÍTULO 2

*Respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación de diferentes fuentes fertilizantes en suelos andinos.*

**María José Romero Astudillo**

# Respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación de diferentes fuentes fertilizantes en suelos andinos

María José Romero Astudillo

mjromero@utn.edu.ec

Ingeniera Agrónoma, Docente Titular

Universidad Técnica del Norte

## Resumen

Los suelos andinos presentan alta fijación de fósforo, por lo que se necesitan aplicar fuentes fertilizantes fácilmente disponibles, como los polifosfatos de amonio. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de tres mezclas de fertilizantes en el rendimiento del cultivo de papa. Se ajustó las dosis de fertilización de nitrógeno y fósforo usando las siguientes mezclas:  $f_1 = (12.45\text{N}-11\text{P}_2\text{O}_5-18\text{K}_2\text{O}-2.7\text{Mg}-8\text{S}-0.015\text{B}-0.02\text{Zn}-0.2\text{Fe}-0.02\text{Mn}) + (27\text{N}-5 \text{P}_2\text{O}_5-5 \text{K}_2\text{O}-3\text{S}) + (15\text{N}-26\text{Ca}-3\text{B}) + (46\text{P}_2\text{O}_5)$ ,  $f_2 = (13\text{N}-32\text{P}_2\text{O}_5-11 \text{K}_2\text{O}-3\text{Mg}-4\text{S}) + (15\text{N}-17\text{P}_2\text{O}_5-19 \text{K}_2\text{O}-3\text{Mg}-4\text{S}-(0.3\text{B})) + (46 \text{P}_2\text{O}_5)$  y  $f_3 = (18\text{N}-46 \text{K}_2\text{O}) + (46\text{N}) + (46 \text{P}_2\text{O}_5) + (22\text{K}_2\text{O}-22\text{S}+11\text{Mg})$ , en tres dosis. La  $f_1$  contiene fósforo como polifosfatos de amonio y potasio. Adicionalmente, se evaluó un tratamiento testigo. El experimento se realizó en Montúfar, Carchi. Se utilizó un DBCA con arreglo factorial  $3 \times 3 + 1$ , con diez tratamientos distribuidos en cuatro bloques. La fertilización se fraccionó en dos aplicaciones. Los resultados indicaron que los mejores rendimientos y pesos de tubérculos de categoría 1 se obtuvieron con la fuente de fertilizante  $f_1$ . A su vez, la  $f_1$  con las dosis  $d_2$  y  $d_3$  presentaron los mayores rendimientos junto con el tratamiento testigo. Independientemente de la fuente de fertilizantes usada, la dosis alta produjo un mayor peso de tubérculos de categoría 1.

**Palabras clave:** Fertilización, Andisoles, Polifosfatos, Fijación, Fósforo.

## Abstract

Andean soils have high phosphorus fixation capacity, so fertilizer sources that are readily available, such as ammonium polyphosphates, need to be applied. The objective of this research was to evaluate the efficiency of three fertilizer mixtures with different nutrient contents, in the yield of potato crop. Fertilization doses of nitrogen and phosphorus were adjusted using the following fertilizer mixtures:  $f_1 = (12.45\text{N}-11\text{P}_2\text{O}_5-18\text{K}_2\text{O}-2.7\text{Mg}-8\text{S}-0.015\text{B}-0.02\text{Zn}-0.2\text{Fe}-0.02\text{Mn}) + (27\text{N}-5 \text{P}_2\text{O}_5-5 \text{K}_2\text{O}-3\text{S}) + (15\text{N}-26\text{Ca}-3\text{B}) + (46\text{P}_2\text{O}_5)$ ,  $f_2 = (13\text{N}-32\text{P}_2\text{O}_5-11 \text{K}_2\text{O}-3\text{Mg}-4\text{S}) + (15\text{N}-17\text{P}_2\text{O}_5-19 \text{K}_2\text{O}-3\text{Mg}-4\text{S}-(0.3\text{B})) + (46 \text{P}_2\text{O}_5)$  y  $f_3 = (18\text{N}-46 \text{K}_2\text{O}) + (46\text{N}) + (46 \text{P}_2\text{O}_5) + (22\text{K}_2\text{O}-22\text{S}+11\text{Mg})$ , in three different doses. The fertilizer source  $f_1$  contains phosphorus as ammonium and potassium polyphosphates. Additionally, a control treatment was evaluated. The experiment was done in Montufar, Carchi. A Random Complete Block Design was used with factorial arrangement  $3 \times 3 + 1$ , with ten treatments distributed in four blocks. Fertilization was divided into two applications. The results indicated that regardless of the dose, the best yields and weight of tubers of category 1 were obtained with the source of fertilizer  $f_1$ . At the same time,  $f_1$  with doses  $d_2$  and  $d_3$ , and the control treatment showed the highest yields. The high dose ( $d_3$ ) reached a higher weight of category 1 tubers.

**Keywords:** Fertilization, andisols, polyphosphates, fixation, phosphorus

## Introducción

En el Ecuador, la mayoría de suelos en que se cultiva papa corresponden a suelos de origen volcánico (andisoles), con alta capacidad de fijación de fósforo (Espinosa, 2008), favorecida por la presencia de arcillas alófanas (Sánchez y Logan, 1992). Además, el pH es generalmente ácido, lo que limita aún más la absorción de la mayoría de nutrientes (Mejía *et al.*, 2011). Estas son algunas de las razones por las cuales las cantidades de fertilizantes químicos que se aplican en zonas, como la provincia del Carchi, son demasiado altas, provocando desbalances que afectan la absorción de otros nutrientes (Rosen et al, 2014). La baja eficiencia

de la fertilización fosfatada (Hofstede *et al.*, 2002), conduce a la necesidad de estudiar el efecto de fertilizantes con fuentes de fósforo no convencionales en el cultivo de papa. Una de las alternativas frente a este problema, constituyen los fertilizantes que contienen fósforo en forma de polifosfatos de amonio. La ventaja que brinda esta fuente de fósforo es evitar la pérdida del elemento por fijación, haciéndolo de rápida asimilación para las plantas (Furcal *et al.*, 2015). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación de diferentes fuentes fertilizantes en suelos andinos.

### **Importancia del problema**

Diferentes estudios de fijación del fósforo demuestran que los suelos del norte del Ecuador, en donde el cultivo de papa es el predominante, tienen una alta capacidad de fijación de fósforo. Esta característica presente en algunos suelos, de transformar el fósforo a formas de baja solubilidad, ha reducido la eficiencia de la fertilización fosfatada. Esta limitante para la producción agrícola conduce a la necesidad de estudiar el efecto de los fertilizantes con fuentes de fósforo no convencionales en el cultivo de papa.

Los estudios con respecto a la capacidad de fijación de fósforo que tienen los suelos del Ecuador son escasos, al igual que las alternativas disponibles para incrementar la eficiencia de absorción de nutrientes por parte del cultivo en este tipo de suelos. Por esto, el propósito del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto que tienen diferentes fuentes de fertilización con diferentes formas de cada nutriente, tanto de fertilizantes que son usados comúnmente en la zona de estudio, como de fertilizantes, cuyo efecto aún no ha sido probado por los agricultores, así como la dosis óptima en que la producción es rentable.

### **Metodología**

El sitio experimental se ubicó en la provincia del Carchi, cantón Montúfar, parroquia Chitán de Navarretes, en la hacienda San José, con una temperatura promedio anual de 12.5 °C, precipitación promedio anual de 796.38 mm, humedad relativa del 77.8 % y una altitud de 2860 msnm. El suelo (Andepts) presentó una textura franca y pH de 5.1.

La siembra se realizó de forma manual, empleando tubérculos semilla de la variedad Diacol Capiro, de categoría seleccionada. Se procedió a colocar un tubérculo por sitio a una distancia de 0.4 m. El peso de los tubérculos semilla osciló entre los 60 y 100 g. La desinfección de la semilla se realizó con sulfato de cobre penta-hidratado en dosis de 100 ml/200 litros de agua.

La fertilización se fraccionó en dos aplicaciones, la primera a los 20 días a partir de la siembra y la segunda aplicación a los 60 días a partir de la siembra. Las dosis se establecieron a partir de la recomendación realizada por el laboratorio del INIAP con base en el análisis de suelos (dosis media  $d_2$ ). De este valor se disminuyó el 50% para establecer la dosis baja ( $d_1$ ) y se incrementó el 50% para establecer la dosis alta ( $d_3$ ). Además de la fertilización edáfica correspondiente a cada tratamiento, se realizó en todos ellos la aplicación de micronutrientes por vía foliar.

Los factores evaluados fueron fuentes de fertilizantes ( $f_1$ ,  $f_2$  y  $f_3$ ) y dosis ( $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$ ) descritos en la Tabla 1. Además, se evaluó un tratamiento adicional, que representó la fertilización del agricultor ( $a_1$ ). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial  $3 \times 3 + 1$  con diez tratamientos distribuidos en cuatro bloques. Se realizaron pruebas de Fisher (LSD) al 5% cuando se encontraron diferencias significativas. La parcela experimental neta tuvo un área de 30.80 m<sup>2</sup> (5.5 m x 5.6 m) y consistió de 84 plantas cultivadas en seis surcos centrales. Se evaluó el número de tubérculos por planta, el rendimiento por categoría y el rendimiento total en la variedad de papa Diacol Capiro.



Los controles fitosanitarios se realizaron mediante monitoreos continuos. La cosecha se realizó a los 195 días a partir de la siembra. Se clasificó los tubérculos cosechados en tres categorías, dependiendo del tamaño (categoría 1  $\geq 100$  g; categoría 2 = 60 a 99 g y categoría 3  $\leq 59$  g).

**Tabla 1.**

Tratamientos evaluados en el estudio del rendimiento de papa var. Diacol Capiro.

Tratamiento	Interacción	Fuente fertilizante (%)	Dosis (kg/ha)
t <sub>1</sub>	f <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	f <sub>1</sub> = (12.45N-11P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -18K <sub>2</sub> O-2.7Mg-8S-0.015B-0.02Zn-0.2Fe-0.02Mn) + (27N-5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -5 K <sub>2</sub> O-3S) + (15N-26Ca-3B) + (46P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).	D <sub>1</sub> =40-100-20-20
t <sub>2</sub>	f <sub>1</sub> d <sub>2</sub>		D <sub>2</sub> =80-200-40-40
t <sub>3</sub>	f <sub>1</sub> d <sub>3</sub>		D <sub>3</sub> =120-300-60-60
t <sub>4</sub>	f <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	f <sub>2</sub> = (13N-32P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -11 K <sub>2</sub> O-3Mg-4S) + (15N-17P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -19 K <sub>2</sub> O-3Mg-4S-(0.3B)) + (46 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).	D <sub>1</sub> =40-100-20-20
t <sub>5</sub>	f <sub>2</sub> d <sub>2</sub>		D <sub>2</sub> =80-200-40-40
t <sub>6</sub>	f <sub>2</sub> d <sub>3</sub>		D <sub>3</sub> =120-300-60-60
t <sub>7</sub>	f <sub>3</sub> d <sub>1</sub>	f <sub>3</sub> = (18N-46 K <sub>2</sub> O) + (46N) + (46 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) + (22K <sub>2</sub> O-22S+11Mg)	D <sub>1</sub> =40-100-20-20
t <sub>8</sub>	f <sub>3</sub> d <sub>2</sub>		D <sub>2</sub> =80-200-40-40
t <sub>9</sub>	f <sub>3</sub> d <sub>3</sub>		D <sub>3</sub> =120-300-60-60
t <sub>10</sub>	a <sub>1</sub>	Fertilización del agricultor = (15N-30P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -15 K <sub>2</sub> O y 12N-30P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -20K <sub>2</sub> O)	157-345-199

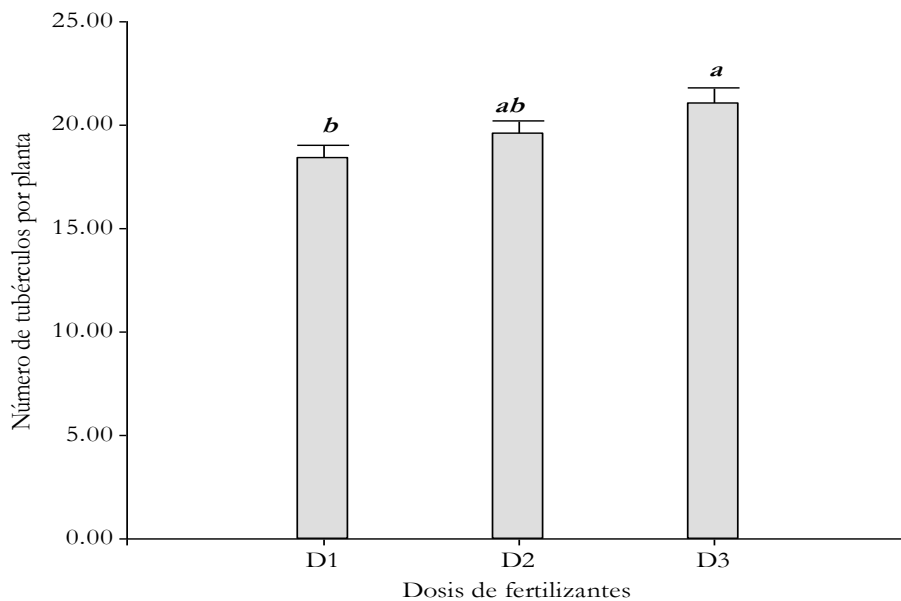
## Resultados

### Número de tubérculos por planta

Los resultados de este estudio mostraron que con respecto a la variable número de tubérculos, no se encontró interacción entre fuentes de fertilización y dosis ( $p=0.1136$ ). Sin embargo, se pudo observar que existen diferencias significativas entre fuentes de fertilizante ( $p<0.0001$ ) y dosis ( $p<0.0001$ ).

Con base en la prueba de Fisher al 5%, se pudo observar que el mayor número de tubérculos por planta (23.05 tub. /planta) se lo obtuvo con la fuente de fertilizante f<sub>1</sub>, seguido por las fuentes de fertilizantes f<sub>2</sub> y f<sub>3</sub>, que comparten el mismo rango estadístico.

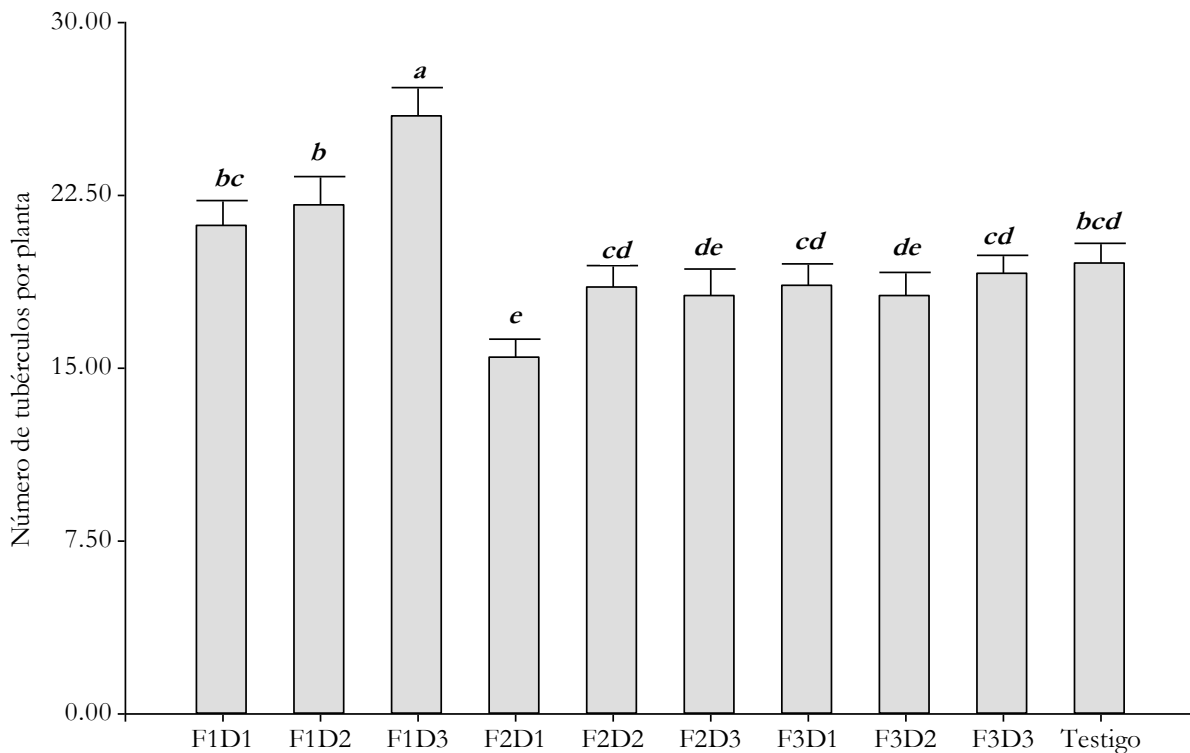
Mediante la prueba de Fisher al 5% para dosis de fertilizantes, se observa (Gráfico 1) que la dosis alta de fertilizantes (d<sub>3</sub>) promovió el mayor número de tubérculos por planta (21.03 tub. /planta) en relación a la dosis baja (d<sub>1</sub>) que mostró un promedio de 18.38 tub. /planta.



**Gráfico 1.**

Número de tubérculos por planta con base en la dosis de fertilizantes en el cultivo de papa var. Diacol Capiro

Al comparar todos los tratamientos con el testigo se encontró que existen diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ). La prueba de Fisher al 5% indica que el tratamiento  $f_1d_3$  presenta el mayor número de tubérculos por planta (25.95 tub./planta). Cabe indicar que el testigo presentó similares rendimientos a los otros tratamientos (Gráfico 2).



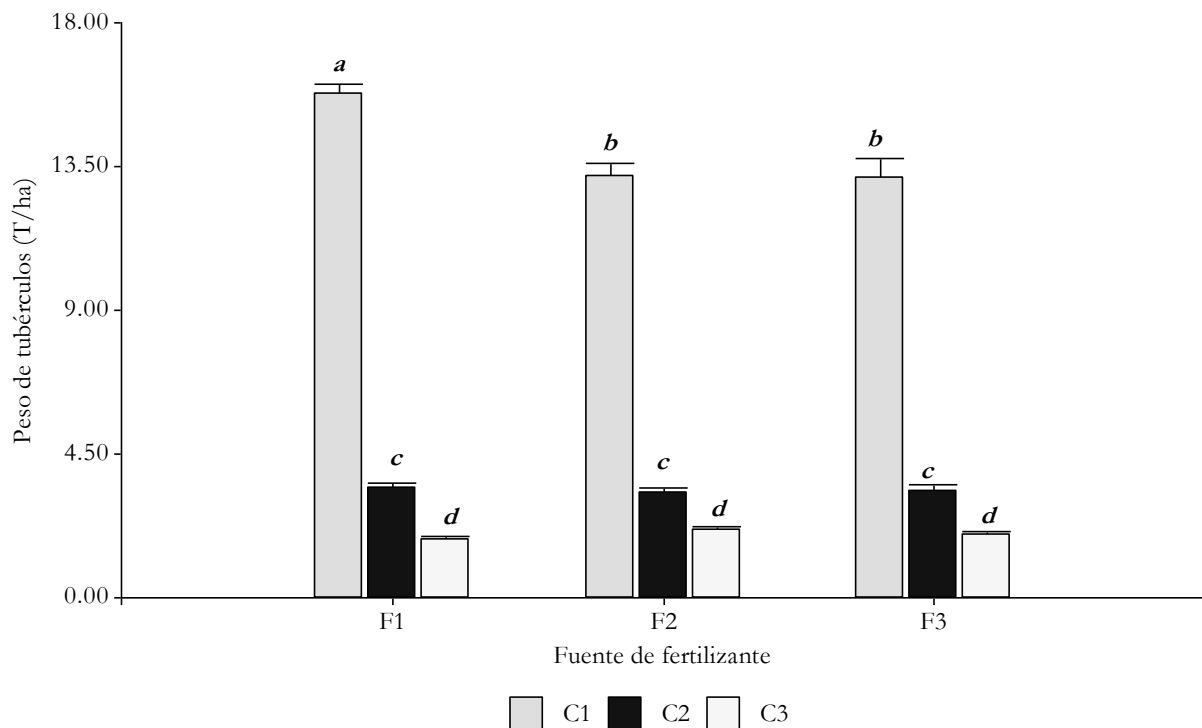
**Gráfico 2.**

Efecto de las fuentes y dosis de fertilizantes comparados con el testigo en el número de tubérculos por planta en el cultivo de papa var. Diacol Capiro

### Rendimiento por categoría

El análisis de varianza para la variable peso de tubérculos por categoría muestra diferencias significativas para la interacción categoría y fuente de fertilizantes ( $p < 0.0001$ ), así como para la interacción categoría y dosis ( $p = 0.0003$ ).

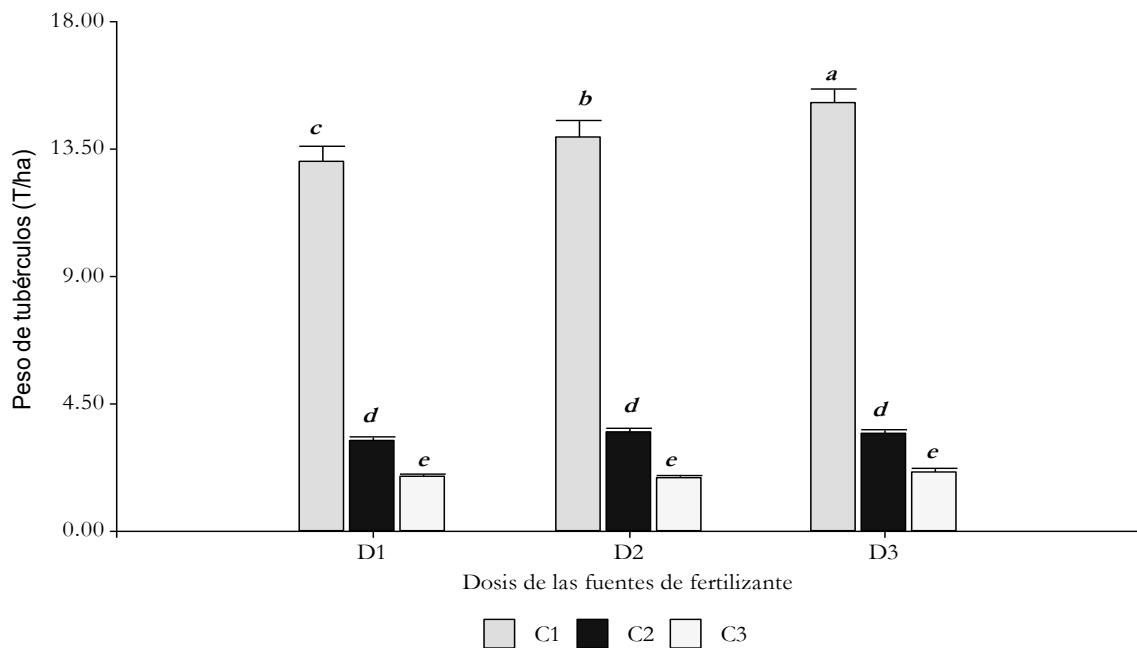
La prueba de Fisher al 5% para la interacción categoría y fuente de fertilizantes muestra que las categorías varían de acuerdo a las fuentes de fertilización. La fuente  $f_1$  presentó mayor peso de tubérculos de categoría 1 (15.75 t/ha); mientras que, las fuentes de fertilizantes  $f_2$  y  $f_3$  presentaron pesos de tubérculos similares para esta categoría. Las categorías 2 y 3 no se ven influenciadas por las fuentes de fertilizante (Gráfico 3).



**Gráfico 3.**

Interacción entre fuentes de fertilizantes y categorías para la variable peso de tubérculos (t/ha) por categoría en el cultivo de papa var. Diacol Capiro.

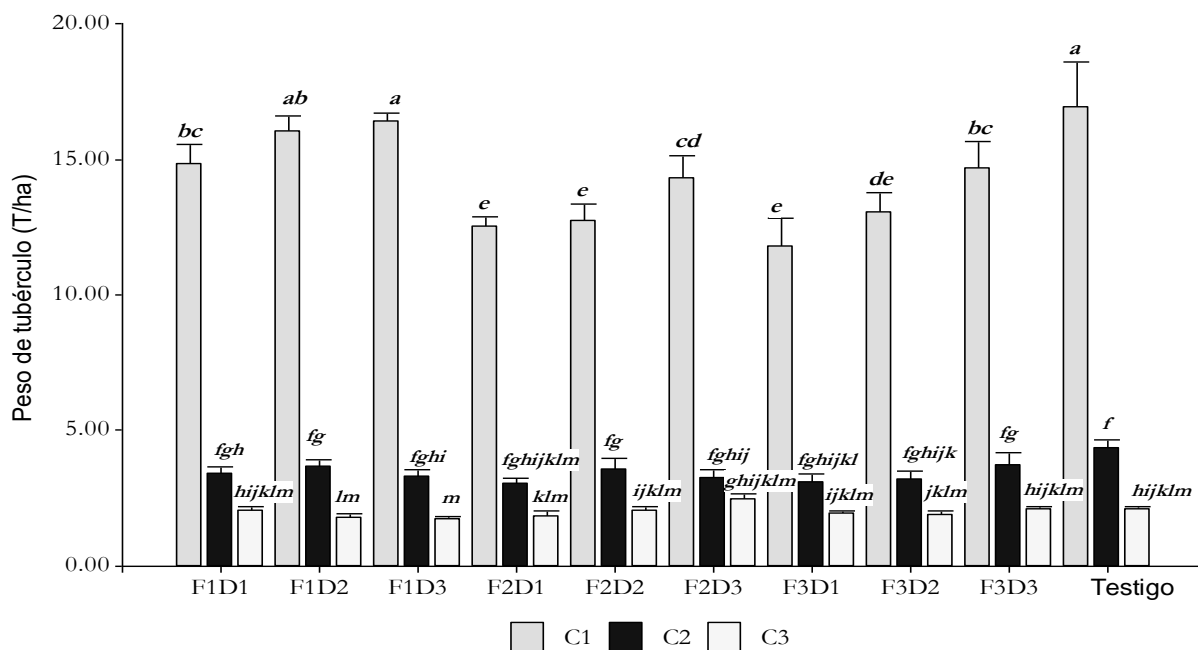
La prueba de Fisher al 5% para la interacción categoría y dosis de fertilizante para la variable peso de tubérculos por categoría, muestra que las categorías varían de acuerdo a las dosis de fertilización. La dosis de fertilizante  $d_3$  fue significativamente superior con respecto a las otras dosis (15.13 t/ha) en el peso de tubérculos de categoría 1, seguida de la dosis  $d_2$  y dosis  $d_1$ . Las categorías 2 y 3 no se ven influenciadas por las dosis de fertilizante (Gráfico 4).



**Gráfico 4.**

Interacción entre dosis de fertilizantes y categorías para la variable peso de tubérculos (t/ha) por categoría en el cultivo de papa var. Diacol Capiro.

Al relacionar los tratamientos con el testigo, en la variable peso de tubérculos, se observó una interacción entre categoría y tratamientos ( $p < 0.0001$ ). Se pudo observar que los tratamientos  $t_2$ ,  $t_3$  y  $t_{10}$  presentan el mayor peso de tubérculos de categoría 1, con valores de 16.04 t/ha, 16.38 t/ha y 16.89 t/ha, respectivamente; mientras que, los tratamientos  $t_4$ ,  $t_5$  y  $t_7$  presentan los menores pesos en esta categoría. Las categorías 2 y 3 no se ven influenciadas significativamente por los tratamientos (Gráfico 5).



**Gráfico 5.**

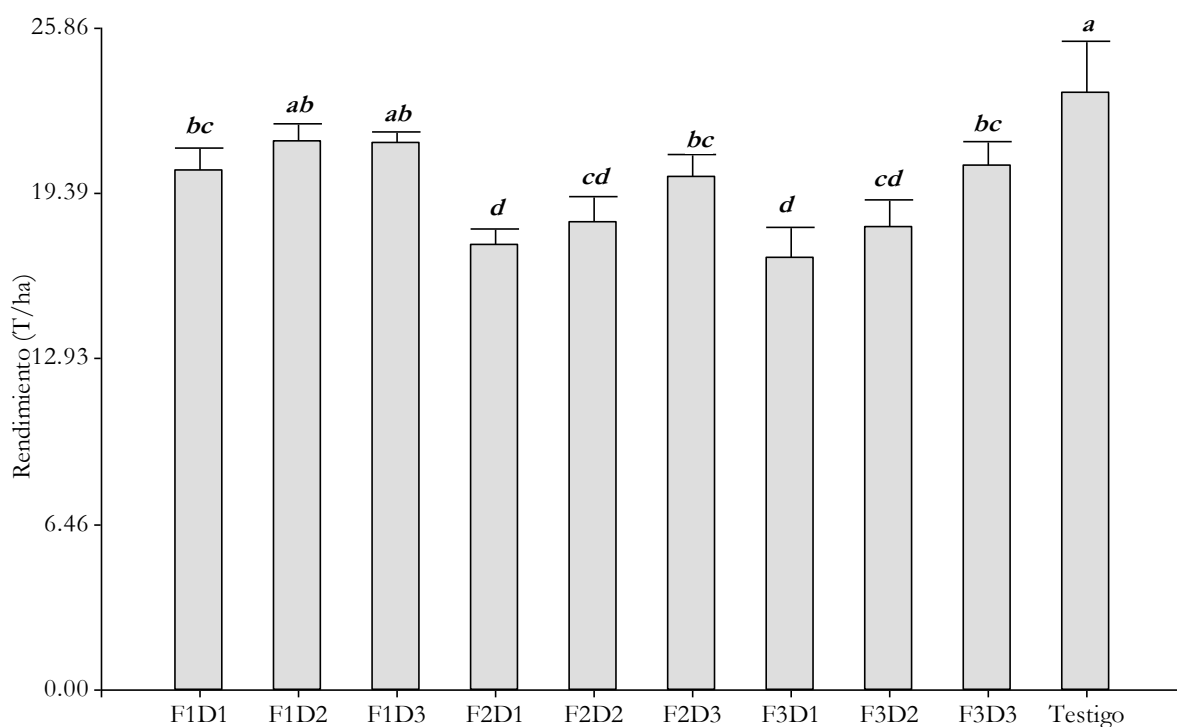
Efecto de las fuentes y dosis de fertilizantes comparados con el testigo en el peso de tubérculos (t/ha) clasificados por categorías de papa var. Diacol Capiro

### Rendimiento Total

Para rendimiento total por hectárea no se encontró una interacción entre fuente de fertilizantes y dosis ( $p=0.0971$ ). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas para fuentes de fertilizantes ( $p<0.0001$ ) y dosis ( $p<0.0001$ ). La prueba de Fisher al 5% para el factor fuente de fertilizantes detecta dos rangos de significación. En el primer rango y con la mayor respuesta se ubicó la primera fuente de fertilización ( $f_1$ ), con un promedio de 21.03 t/ha; mientras que en el segundo rango con la menor respuesta se ubicaron la segunda ( $f_2$ ) y tercera fuente ( $f_3$ ), alcanzando un promedio de 18.57 y 18.49 t/ha, respectivamente.

Para el factor dosis, independientemente de la fuente de fertilizante, se detectaron tres rangos de significación. En el primer rango con la mayor respuesta se ubicó la  $d_3$  con un promedio de 20.63 t/ha; seguido de la dosis  $d_2$  con 19.28 t/ha. El rango con la menor respuesta presentó la dosis  $d_1$  con 18.18 t/ha.

Al comparar los diferentes tratamientos con el testigo, se observó una diferencia significativa ( $p<0.0001$ ), en donde se encontró que las aplicaciones de la primera fuente fertilizante ( $f_1$ ) con las dosis  $d_2$  y  $d_3$  presentaron similares rendimientos que el testigo. Por otro lado, el resto de fuentes de fertilizantes a distintas dosis presentaron menores rendimientos que el testigo (Gráfico 6).



**Gráfico 6.**

Efecto de las fuentes y dosis de fertilizantes comparados con el testigo en la variable rendimiento (T/ha) de papa var. Diacol Capiro

### Discusión

La respuesta de la primera fuente fertilizante ( $f_1$ ) en la variable número de tubérculos por planta fue superior en un 25% y 20% a  $f_2$  y  $f_3$ , respectivamente. Este resultado puede estar asociado a una mayor disponibilidad de fósforo que ofrece la primera fuente fertilizante. Beukema y Van Der Zaag (1990) manifiestan que se ha reportado que el fósforo incrementa el número de tubérculos producidos por planta. Al respecto, Furcal *et*

al. (2015) manifestaron que el fósforo que se absorbe durante la etapa de desarrollo vegetativo, determina en gran medida el desarrollo radicular, influyendo considerablemente en el segundo componente de la producción, es decir, en el número de tubérculos por planta, que se determina en el crecimiento inicial del cultivo.

Para la variable rendimiento de tubérculos de categoría 1, los resultados muestran una mejor respuesta del cultivo al utilizar la primera fuente fertilizante ( $f_1$ ). Éste resultado refleja la ventaja presente en los fertilizantes que contienen polifosfatos como fuente de fósforo. Se observó una aparente asimilación más eficiente por parte del cultivo de papa, reflejándose en una mayor producción de tubérculos de categoría 1. Resultados obtenidos por Henríquez (2015), en un ensayo realizado en un suelo andisol, muestran que el tipo de suelo tiene un efecto importante sobre las formas de fósforo. Ésta pudo haber sido la causa para que la segunda ( $f_2$ ) y tercera ( $f_3$ ) fuentes no alcancen un valor alto de producción de tubérculos de categoría 1, pues no cuentan con una fuente de fósforo de fácil asimilación.

Se cree que aplicaciones de fertilizantes con base en fósforo incrementan el rendimiento y calidad de los tubérculos de papa (Rose y Bierman, 2008), por lo que una fuente que contenga el fósforo en formas más disponibles, logrará que se obtenga mejores rendimientos. Resultados similares obtenidos por Zelalem *et al.* (2009), indican que la aplicación de fósforo presentó efectos positivos en el rendimiento de tubérculos de papa. Es probable que la menor respuesta en cuanto a rendimiento total se haya obtenido con la tercera fuente, debido a que la forma en que se proporcionó el nitrógeno fue como urea.

Si bien la fertilización del agricultor (tratamiento diez) muestra la mejor respuesta, en rendimiento total, se observa que el tratamiento dos ( $f_1d_2$ ), alcanza una respuesta cercana con 21.44 t/ha, a pesar de que la fertilización del agricultor fue mayor en lo que respecta a cantidad de fertilizante aplicado. Se debe mencionar, además, que las plantas de las parcelas con la fertilización del agricultor mostraron un mayor desarrollo vegetativo que las plantas de los tratamientos con base en la fertilización recomendada.

En todos los casos se obtuvieron mayores rendimientos conforme se incrementó la dosis de fertilizante. El resultado obtenido con la dosis alta ( $d_3$ ) en la variable número de tubérculos por planta, demostró que esta dosis fue superior en un 13% y 7% en relación a  $d_1$  y  $d_2$ , respectivamente. Esto coincide con lo encontrado por Quinchoa *et al.* (2010), quienes obtuvieron una buena respuesta del cultivo de papa variedad Diacol Capiro en suelos andinos a la aplicación de dosis crecientes de fósforo en el peso de tubérculos de primera y segunda categoría.

### **Conclusiones**

Los resultados demostraron que la fuente de fertilización que contenía el fósforo en forma de polifosfatos de amonio y potasio, fue la más eficiente en el rendimiento del cultivo de papa. Esto permitiría aumentar la disponibilidad de fósforo en suelos andinos, permitiendo realizar una fertilización más eficiente. Considerando los resultados encontrados en este estudio, es recomendable continuar la investigación con otros cultivos andinos, en la zona de estudio.

### **Referencias**

- Beukema, H. y Van Der Zaag, D. (1990). *Introduction to potato production*. Recuperado de <http://edepot.wur.nl/411163>.
- Espinosa, J. (2008). *Distribución, uso y manejo de los suelos de la Región Andina*. International Plant Nutrition Institute. Memorias del XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Dr.-Jose-Espinosa.pdf>

- Furcal, P., Torres, S. y Andrade, W. (2015). Evaluación de la fertilización inorgánica en el cultivo de yuca en la región norte de Costa Rica. *Tecnología en Marcha* (28), 84-101.
- Henríquez, C. (2015). Efecto del uso del suelo sobre las formas de fósforo de un andisol. *Agronomía Costarricense* (39), 79-85.
- Hofstede, R., Groenendijk, J., Coppus, R., Fehse, Jan C. y Sevink, J. (2002). Impact of Pine Plantations on Soils and Vegetation in the Ecuadorian High Andes. *Mountain Research and Development* (22), 159 – 167.
- Mejía, D., Sánchez, D. y Menjivar, J. (2011). Fracciones de fósforo en suelos del Valle del Cauca con diferentes sistemas de cultivo de café. *Acta Agronómica* (60), 263-272.
- Quinchoa, J., Jaramillo, S., Santamaria, L. y Cotes, M. (2010). Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* ssp. Andigena) Diacol Capiro en un suelo con propiedades ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* (63), 5225-5237.
- Rose, C. y Bierman, P. (2008). Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. *American Journal of Potato Research* (85), 110-120.
- Rosen, C., Kelling, K., Stark, J. y Porter, G. (2014). Optimizing Phosphorus Fertilizer Management in Potato Production. *American Journal of Potato Research* (91), 145-160.
- Sánchez, P. y Logan, T. (1992). Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. Lal, R., Sánchez, P. (Ed.) *Myths and science of soils of the tropics*. (35-46). Wisconsin, USA: American Society of Agronomy.
- Zelalem, A., Tekalign T. y Nigussie D. (2009). Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia. *African Journal of Plant Science* (3), 016-024.

# CAPÍTULO 3

*Extracción de micronutrientes según la fenología del plátano Barraganete (Musa paradisiaca L.).*

**Marcelo Calvache Ulloa  
Leonardo Avellán-Vásquez  
Néxar Cobeña-Loor**



## ***Extracción de micronutrientes según la fenología del plátano Barraganete (Musa paradisiaca L.)***

**Marcelo Calvache Ulloa**  
Universidad Técnica Equinoccial  
mcalvache20@gmail.com

**Leonardo Avellán-Vásquez**  
Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí  
leonardo.avellan@uleam.edu.ec

**Néxar Cobeña-Loor**  
Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí  
Nexar.cobena@uleam.edu.ec

### **Resumen**

El Ecuador es un buen productor de plátano de buena calidad y no se conoce los requerimientos de micronutrientes para lograr una buena cosecha. Se realizó un ensayo para establecer la dinámica y los niveles de extracción y acumulación de micronutrientes, según el desarrollo fenológico del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.), en un cultivo nuevo con una población de 2 500 plantas (pl) ha<sup>-1</sup>, y distanciamientos de siembra de 2,0 m x 2,0 m, ubicado en El Carmen - Manabí, Ecuador. Los elementos que el cultivo acumuló en promedio fueron: hierro (Fe), 3 726,80 g ha<sup>-1</sup>; zinc (Zn), 1418,07 g ha<sup>-1</sup>; boro (B), 809,78 g ha<sup>-1</sup>; manganeso (Mn), 632,08 g ha<sup>-1</sup> y cobre (Cu) con 346,78 g ha<sup>-1</sup>. La producción con esta absorción, fue de 24,23 toneladas (1 101 cajas de exportación). Todos los micronutrientes tuvieron una tendencia creciente en la absorción hasta que el cultivo llegó a su fase final, a excepción del Mn que en la emisión de la hoja 20 tuvo un ligero descenso pero después siguió con su curva ascendente como los otros elementos.

**Palabras clave:** Curvas de absorción, Extracción de nutrientes, Fenología, *Musa paradisiaca*, Plátano Barraganete.

### **Abstract**

An essay was made to establish the dynamics and levels of extraction and accumulation of micronutrients, according to the phenological development of barraganete banana (*Musa paradisiaca* L.) in a new culture with a population of 2,500 plants (pl) ha<sup>-1</sup>, and planting distances of 2.0 m x 2.0 m, located in El Carmen - Manabí, Ecuador. The elements that the crop accumulated on average were: iron (Fe), 3 726,80 g ha<sup>-1</sup>; zinc (Zn), 1 418,07 g ha<sup>-1</sup>; boron (B), 809,78 g ha<sup>-1</sup>; manganese (Mn), 632,08 g ha<sup>-1</sup> and copper (Cu) with 346,78 g ha<sup>-1</sup>. Production with this absorption was 24,23 tons (1 101 boxes for export). All micronutrients had an increasing inclination in the absorption until the culture reached its final phase; with the exception of Mn in the issuance of the leaf 20 had a slight decline but then continued its rising curve as the other elements.

**Keywords:** Absorption curves, extraction of nutrients, phenology, *Musa paradisiaca*, plantain Barraganete.

### **Introducción**

Desde hace varias décadas el Ecuador ha venido produciendo plátanos, principalmente para el consumo interno, pero la demanda latina en países europeos y sobre todo en Estados Unidos, han estimulado la producción de plátano de buena calidad para su exportación, la misma que ha ido en ascenso y llegando a finales del siglo anterior a 113 879,61 toneladas (Uribe, 2008).

El Ecuador tiene sembradas con plátano barraganete 113 135,00 ha (FAOSTAT, 2012); de las cuales, 27 000 ha están en la zona de El Carmen, ubicado al norte de la provincia de Manabí (MAGAP, 2001). En el año 2012, sólo la zona de El Carmen exportó 6 819 163 cajas de primera clase, lo que generó 82 572 171 USD FOB, el 95,30% del total de las exportaciones de plátano barraganete del Ecuador.

Uno de los problemas que atañen a los productores plataneros es la baja producción del cultivar debido (entre otros factores) a la degradación de los suelos provocada por su continua siembra, que desemboca en la carencia de los nutrimentos requeridos por las plantas para su correcto desarrollo; esto, asociado con el desconocimiento de los agricultores sobre qué elementos, cuándo aplicarlos y las cantidades que la planta requiere de cada elemento, repercute en la productividad del cultivar.

Obtener información sobre los requerimientos nutrimentales del cultivo que nos permita sincronizar la fertilización con la edad y cantidades de nutrientes que el cultivo requiere, además de conocer la dinámica y los niveles de acumulación nutrimental de acuerdo con el desarrollo fenológico del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.), y así contribuir al incremento de la producción platanera e incorporarla al manejo técnico del mismo, fueron los motivos del presente trabajo; pero para llegar esto, primero se debe determinar la cantidad de nutrientes que acumula el cultivo (Vargas, 2010), según la etapa fenológica en que se encuentre, de acuerdo a esto se puede incrementar la producción y productividad del cultivar (Bertsch, 2003), puesto que se aplica sólo la cantidad de nutrientes que la planta requiere, ahorrando costos.

Las curvas de absorción o acumulación nos brindan la información trascendental y necesaria para establecer programas de nutrición óptimos para cada cultivo (Bertsch, 2005), tanto en cantidades totales de nutrientes como su distribución de acuerdo a su fenología, esto conlleva a que el uso de los fertilizantes sea de forma técnica, evitando excesos que deterioran el ambiente y permitiendo un mejor desarrollo del cultivo (Sancho, 1998) y la obtención de productos de mejor calidad.

La extracción o acumulación nutrimental dentro de las especies de un mismo género, no cambia mucho (Ciampitti & García, 2008), pero las curvas sí son específicas para cada variedad (Cabalceta *et al.*, 2005), ya que dependen de factores internos y externos, dentro de los primeros encontramos la genética y la edad de la planta; mientras que para los segundos tenemos la humedad, el suelo, la temperatura entre otros (Bertsch, 2003; Sancho, 1998).

La fenología debe estar muy relacionada con cada curva de absorción; es decir, la acumulación de nutrientes está ligada con los cambios visibles de los procesos vitales del ciclo vital de la especie (De Daneri, 2011).

Las *Musáceas* presentan las siguientes fases: vegetativa, reproductiva, productiva y de sucesión. La vegetativa inicia desde el trasplante hasta la emisión de la hoja número 20 a la 22, esta coincide con el inicio de la diferenciación floral de la planta. La reproductiva comprende la diferenciación y formación de las inflorescencias femeninas y masculinas. La productiva arranca con la aparición de la yema en el ápice del pseudotallo y finaliza con la cosecha ( $38 \pm 2$  hojas) (Belalcázar, 2005); en esta fase también ocurre la de sucesión, en ella la planta produce el hijo de sucesión o primario, el cual entra en su fase reproductiva entre diez a doce semanas después de la cosecha de la planta madre y se cosechará entre 5,5 a 6,0 meses después (Marcelino *et al.*, 2004).

## **Materiales y Métodos**

El presente estudio se llevó a efecto entre septiembre de 2008 y febrero de 2010, en la finca “Santa Marianita” (00°16’ S de latitud; 79°28’ O de longitud) del cantón El Carmen, Manabí, Ecuador, se ubica a 260 msnm, con precipitaciones promedio de 2 700 m<sup>-3</sup> (mm), temperatura que oscila entre 24,36 a 33,2°C y

presenta dos estaciones anuales muy bien definidas, la seca (entre julio y diciembre) y la lluviosa (entre enero y mayo).

Los hijuelos que se utilizaron para el trasplante en la etapa de vivero, tuvieron pesos promedio de 450 gramos, a los cuales se los limpió y desinfectó con Carbofuran 10G (20 g/planta). El sustrato consistió en una mezcla de 2:1:1 de vermicompost, tierra amarilla y suelo negro. Cuando las plantas emitieron cuatro hojas, se las llevó a sitio definitivo y se las ubicó de acuerdo a la uniformidad del tamaño, en sentido Este – Oeste, con un distanciamiento entre plantas y entre hileras de dos metros (2 500 pl ha<sup>-1</sup>).

Se delimitaron tres bloques, en cada uno de los cuales fueron evaluadas cuatro plantas por fase. Las edades de cada una de las cuatro fases se ubicaron en función de la emisión de hojas, coincidiendo la fase 1 con la emisión de la hoja número 10; la fase 2 con la hoja 20; la tres con la hoja 30 y la cuatro con la cosecha.

A cada planta evaluada se las separó en sus diferentes órganos, se determinó el peso fresco de cada uno y los valores fueron promediados y posteriormente se les calculó la desviación estándar (D.E.) y coeficiente de variación (C.V.). Se agruparon los órganos homólogos para formar una muestra compuesta, misma que se analizó en el laboratorio para determinar peso seco y porcentaje de cada elemento acumulado.

Para calcular la cantidad de los micronutrientes acumulados en la planta (Cu, B, Fe, Zn y Mn) se utilizó la fórmula:  $NUT \text{ g ha}^{-1} = [PS \text{ tejido (kg ha}^{-1}) \times NUT \text{ (mg kg}^{-1})] / 1000$  (Bertsch, 2004).

El incremento de la cantidad promedio de nutrientes acumulados en cada fase se expresó en porcentaje, se la determinó restando el valor obtenido en una fase, de la inmediata anterior. La tasa de emisión foliar se estableció contando los días transcurridos entre la emisión de dos hojas sucesivas (DeVos, 1984).

Se aportaron al cultivo 22,66 g pl<sup>-1</sup> de fosfato di amónico (DAP) ubicado en el fondo del hoyo, con un suplemento de 69,4 g pl<sup>-1</sup> de urea aplicada en banda de 10 cm de ancho, a 20 cm de distancia de la planta. Los otros elementos no fueron suministrados puesto que el análisis químico del suelo reportó que presentaba las cantidades requeridas por el cultivo (Tabla 1).

**Tabla 1.**  
Resultado del análisis químico del suelo\* previo al trasplante al sitio definitivo.

Elemento	Valor	Unidad
P	8,12	Ppm
S	13,91	Ppm
NH <sub>4</sub>	31,80	Ppm
K	0,67	meq 100 g <sup>-1</sup>
Ca	9,14	meq 100 g <sup>-1</sup>
Mg	1,25	meq 100 g <sup>-1</sup>
Cu	5,96	Ppm
B	0,30	Ppm
Fe	162,18	Ppm
Zn	5,38	Ppm
Mn	2,88	ppm
CE	0,28	ds m <sup>-1</sup>
pH**	6,30	
MO***	4,91	%

*Nota:* \*Método: Olsen modificado; \*\*Agua porción 1:1,25; \*\*\*Método: Walkey y Black.

Durante el primer ciclo del cultivo se realizaron seis controles mecánicos de malezas, cuatro y dos en las épocas lluviosa y seca respectivamente, además de dos controles químicos, a las semanas 18 y 26 después del trasplante (glifosato 2,0 L ha<sup>-1</sup>).

Para el manejo de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), se aplicaron dos ciclos de agroquímicos en la época lluviosa, los cuales fueron alternados de la siguiente manera: Benomyl, 300 g ha<sup>-1</sup>, seguido de Mancozeb, 2,5 kg ha<sup>-1</sup> y Tilt ,600 cm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Las aspersiones se realizaron utilizando motobomba y con boquilla de Ultra Bajo Volumen (UBV).

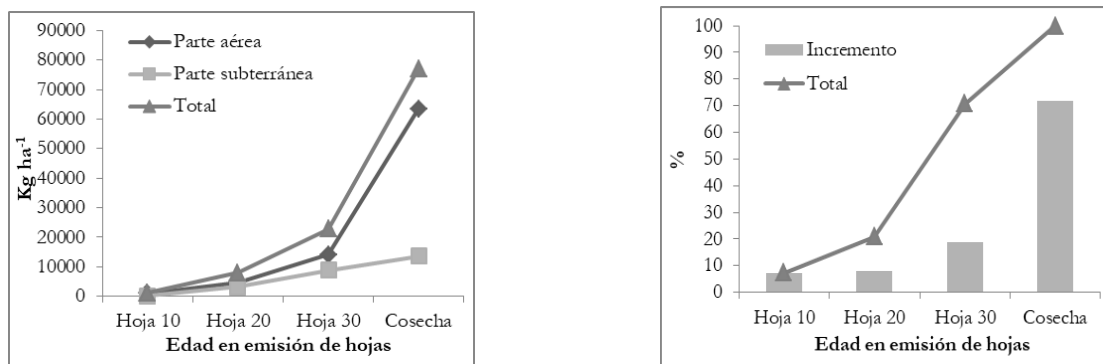
Se realizaron podas fitosanitarias semanales de hojas dobladas y no funcionales (aquellas con más del 50% del área foliar en mal estado), además de las labores culturales como el deshije y la limpieza del pseudotallo.

## Resultados y Discusión

### Curva de crecimiento

Se observa en la figura 1, la curva de crecimiento del Plátano Barraganete. En ella se puede notar que el crecimiento de las partes aéreas y subterráneas tienen un comportamiento muy similar hasta la emisión de la hoja 20; posterior a esto, la parte aérea se desarrolla mucho más que la subterránea, puesto que comienza aquí la diferenciación floral (Aristizábal & Jaramillo, 2010), hasta llegar a la etapa final del cultivo, en donde el crecimiento se triplica.

Las plantas alcanzaron el punto de cosecha cuando emitieron la hoja 42 ( $\pm 2$  hojas). La emisión foliar difirió en cada etapa, con valores de 6,5 días hasta la emisión de la hoja 10; 7,6 días hasta la hoja 20; 7,8 días hasta la hoja 30 y 9,7 días hasta la cosecha, valores similares mostradas por otras especies del mismo género (Aristizábal, 2008).



**Figura 1.**

Curva de crecimiento del plátano Barraganete

**Tabla 2.**

Peso seco, concentración y cantidad de micronutrientes acumulados en los diferentes órganos de plátano Barraganete, durante su ciclo vida

Edad	Órgano	Peso materia seca		Concentración (mg kg <sup>-1</sup> )					Cantidad acumulada (g ha <sup>-1</sup> )				
		g pl <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Cu	B	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Hoja 10	Raíz	10,8	27,1	13,3	27,3	283,4	27,0	123,3	0,4	0,7	7,8	0,7	3,3
	Cormo	28,1	70,1	8,7	20,8	109,0	77,7	124,7	0,6	1,4	7,8	5,5	8,3
	Pseudotallo	364,4	911,0	8,0	23,0	104,7	19,3	296,0	7,3	21,1	93,3	17,6	274,0
	Hojas	68,4	171,0	12,3	22,1	106,3	18,3	240,7	2,1	3,8	18,3	3,1	41,1
	<b>Total</b>	<b>471,7</b>	<b>1179,2</b>	<b>42,3</b>	<b>93,1</b>	<b>603,4</b>	<b>142,3</b>	<b>784,7</b>	<b>10,4</b>	<b>27,0</b>	<b>127,2</b>	<b>26,9</b>	<b>326,7</b>
Hoja 20	Raíz	203,3	508,4	8,3	30,6	381,7	26,0	36,0	4,3	15,7	193,8	0,7	18,1
	Cormo	1099,1	2747,7	8,0	21,4	85,7	46,7	13,7	22,1	59,3	233,8	5,5	37,0
	Pseudotallo	1095,6	2738,9	7,3	33,0	146,3	25,0	34,3	20,1	89,8	397,2	17,6	89,0
	Hojas	762,7	1906,7	9,7	21,9	105,3	18,3	54,0	18,4	41,8	201,1	3,1	102,8
	<b>Total</b>	<b>3160,7</b>	<b>7901,7</b>	<b>33,3</b>	<b>106,9</b>	<b>719,0</b>	<b>116,0</b>	<b>138,0</b>	<b>64,9</b>	<b>206,7</b>	<b>1025,9</b>	<b>26,9</b>	<b>246,9</b>
Hoja 30	Raíz	306,2	765,5	9,0	18,9	220,3	37,3	19,0	7,0	14,6	169,9	29,3	14,8
	Cormo	3199,4	7998,5	10,3	10,6	47,0	73,3	7,0	82,9	84,7	375,5	577,0	57,0
	Pseudotallo	4167,4	10418,4	9,7	17,8	101,7	57,7	7,7	100,9	185,0	1056,2	602,9	79,8
	Hojas	1407,2	3517,9	13,7	12,8	135,0	29,0	43,7	47,6	44,8	472,3	103,4	152,8
	Bellota	42,0	105,1	16,0	25,7	109,3	92,7	24,7	1,7	2,7	11,5	9,6	2,6
<b>Total</b>	<b>9122,2</b>	<b>22805,4</b>	<b>58,7</b>	<b>85,8</b>	<b>613,3</b>	<b>290,0</b>	<b>102,0</b>	<b>239,9</b>	<b>331,8</b>	<b>2085,3</b>	<b>1322,2</b>	<b>307,0</b>	
Cosecha	Raíz	487,2	1218,0	11,3	22,4	166,0	35,0	26,0	14,1	27,5	203,6	43,0	31,9
	Cormo	4961,0	12402,6	8,0	21,9	40,3	32,7	15,7	98,1	267,2	483,5	384,7	184,6
	Pseudotallo	5204,7	13011,8	9,0	23,1	160,0	64,3	10,0	117,1	300,0	2079,3	835,4	130,3
	Hojas	1432,2	3580,4	8,7	22,4	196,0	21,0	78,3	31,4	78,7	706,8	75,2	281,5
	Raquis	123,8	309,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cáscara	758,6	1880,3	1,7	33,0	105,0	18,3	0,2	5,3	10,3	56,6	9,9	0,1
	Pulpa	2526,1	6315,3	1,4	19,6	49,7	17,0	0,1	26,0	36,9	90,9	30,8	0,2
<b>Total</b>	<b>15493,6</b>	<b>38717,8</b>	<b>40,1</b>	<b>142,4</b>	<b>717,0</b>	<b>188,3</b>	<b>130,3</b>	<b>291,9</b>	<b>720,6</b>	<b>3620,6</b>	<b>1379,1</b>	<b>628,6</b>	

*Nota:* Población: 2 500 plantas ha.

### Concentraciones de cobre (Cu)

Los órganos que más acumularon este elemento fueron el pseudotallo (117,1 g ha<sup>-1</sup>), el cormo (98,1 g ha<sup>-1</sup>) y las hojas (31,4 g ha<sup>-1</sup>).

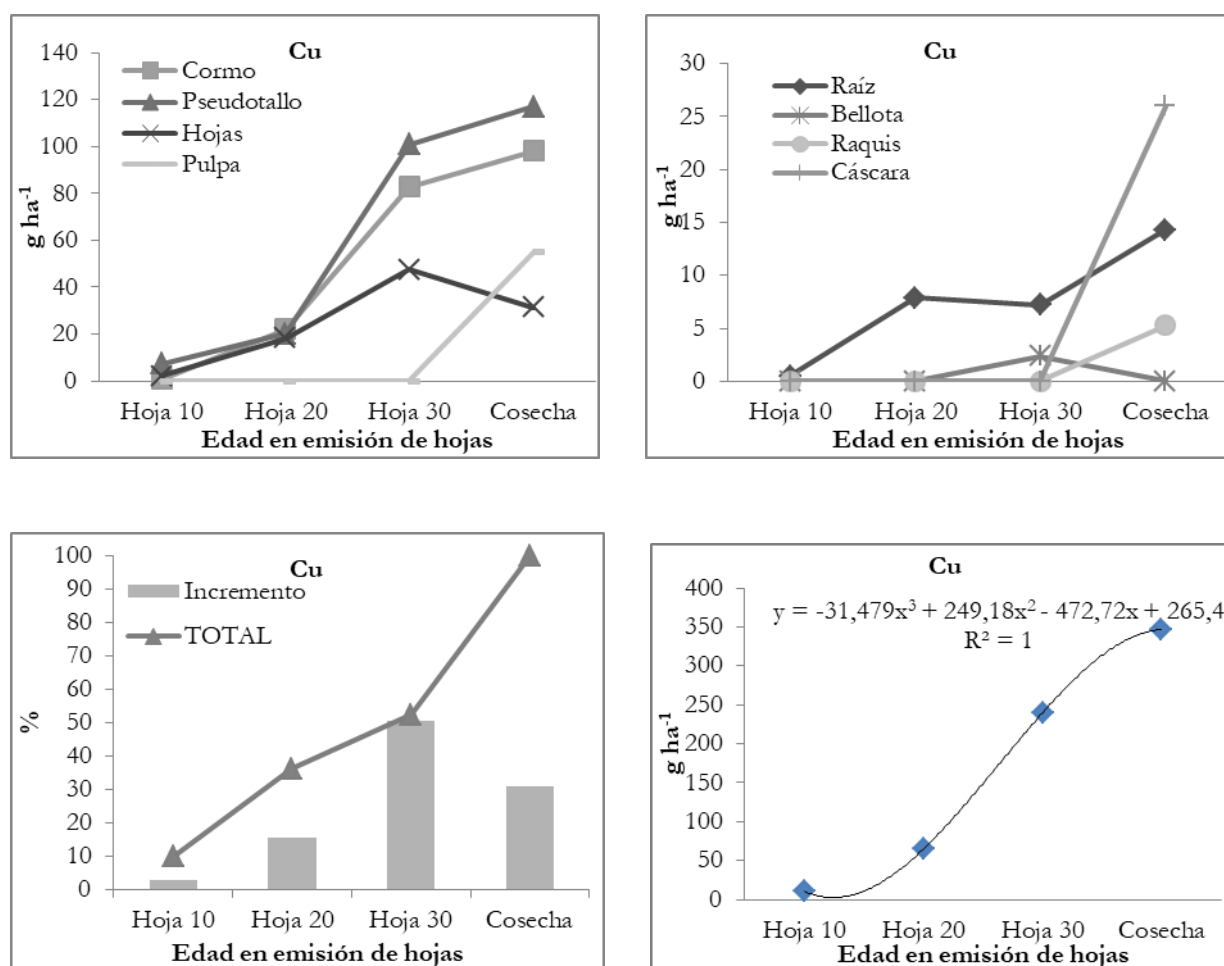
En la Figura 2, se pueden observar las comparaciones de las curvas de absorción de Cu en cada órgano, se aprecia que aquellos que más nutriente acumularon fueron el pseudotallo y el cormo; muy probablemente debido a que este elemento forma parte de un grupo de enzimas tales como tirosinasa, fenolasas y ácido ascórbico oxidasa, todas ellas caracterizadas por la utilización directa del oxígeno en la oxidación del sustrato

(Melgarejo, 2010); es por eso que en el proceso de descomposición de estos órganos se puede percibir un aroma a fermento.

En la etapa final, el órgano que más absorbió Cu (exceptuando al pseudotallo y al cormo) fue la pulpa, igual que la absorción final de las hojas, debido a que el cobre interviene también en la fotosíntesis (IPNI, 2012), formando parte de la plastocianina, proteína que participa en el transporte de electrones fotosintéticos (Melgarejo, 2010) y la posterior formación de glúcidos (Soria, 2008), que son componentes mayoritarios de la pulpa.

La acumulación en todos los órganos siempre tuvo comportamiento similar con una tendencia ascendente; esto es, concentraciones bajas hasta la emisión de la hoja 10, con ascensos vertiginosos desde la emisión de la hoja 20, por la diferenciación floral estudiada por Aristizábal & Jaramillo (2010), hasta llegar a la etapa final del cultivo; a excepción de las hojas, la cual disminuyó a partir de la emisión de la inflorescencia.

Sumando la absorción de Cu de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se realizó la curva de todo el ciclo del cultivo, misma que tuvo un ajuste polinómico cúbico de regresión.



**Figura 2.**

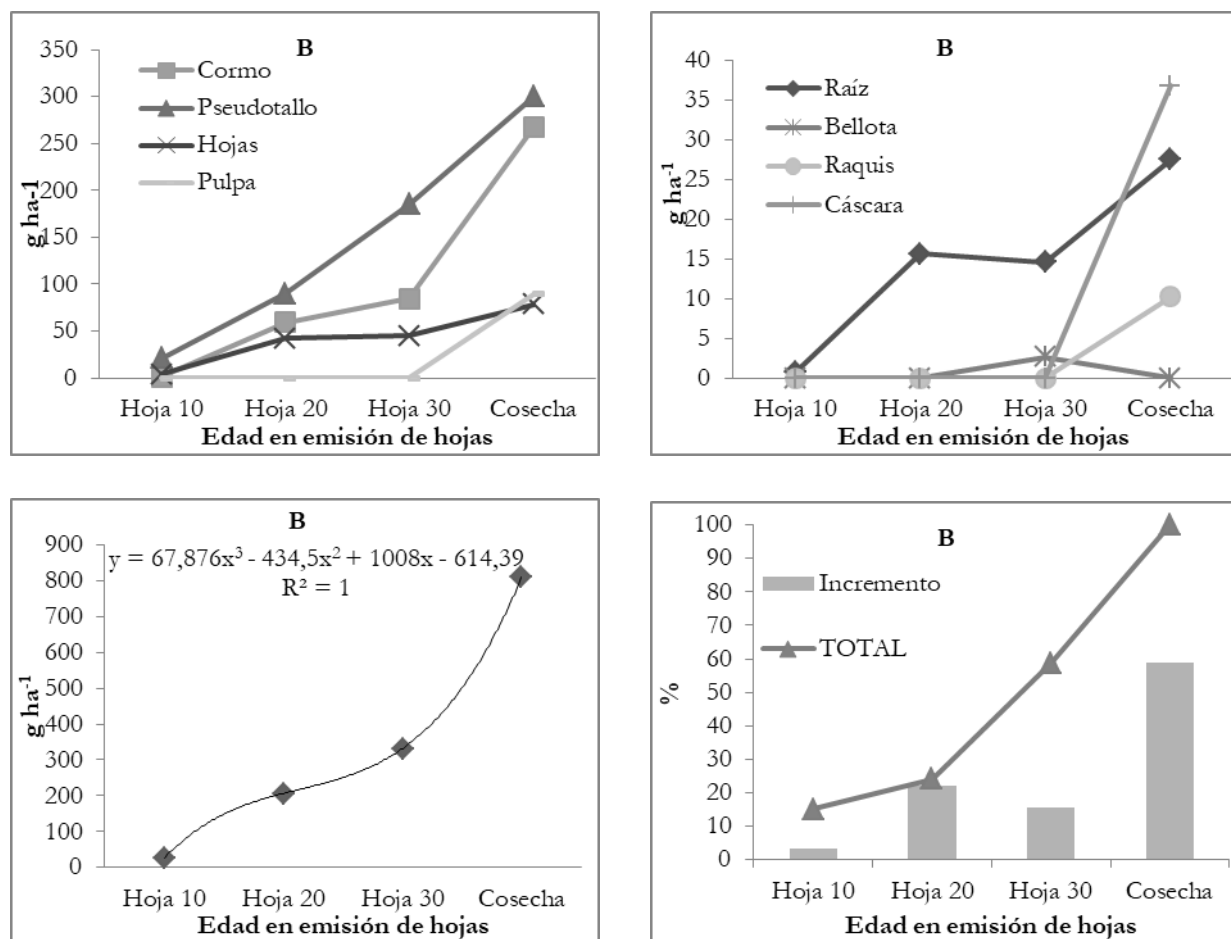
Absorción de Cobre en el plátano Barraganete

### Concentraciones de boro (B)

Los órganos que más acumularon este nutriente fueron el pseudotallo, el cormo y la pulpa; y todos los órganos tuvieron curvas ascendentes.

El B parece regular la degradación de glucosa por la ruta de la pentosa fosfato y la glucólisis, ya que se ha demostrado que se combina con el ácido-6, fosfo-glucónico, sustrato inicial de la ruta de la pentosa fosfato (Melgarejo, 2010). Es también esencial para el desarrollo y crecimiento celular normal (Soria, 2008) en los puntos de crecimiento (IPNI, 2012), por tal razón, mayoritariamente se lo encuentra en órganos como el pseudotallo y el cormo, este último responsable de la emisión de hijuelos para perpetuar la especie. Probablemente su función más conocida sea el transporte de azúcares, puesto que con ellos forma un complejo, facilitando de esta forma su transporte a través de la planta (Melgarejo, 2010), por esta razón se lo encuentra en mayor medida en la pulpa.

La gran mayoría de este elemento se recicla en la misma finca y muy poco es lo que se exporta en dedos y raquis (136,35 g ha<sup>-1</sup>). En la Figura 3, se observa la suma de absorción de B de todos los órganos y en cada etapa de crecimiento; se aprecia que la curva se ajustó a un modelo de regresión polinómico cúbico, y la edad de mayor demanda fue en la emisión de la hoja 30, debido al transporte de glúcidos a los dedos en la etapa final del cultivo.



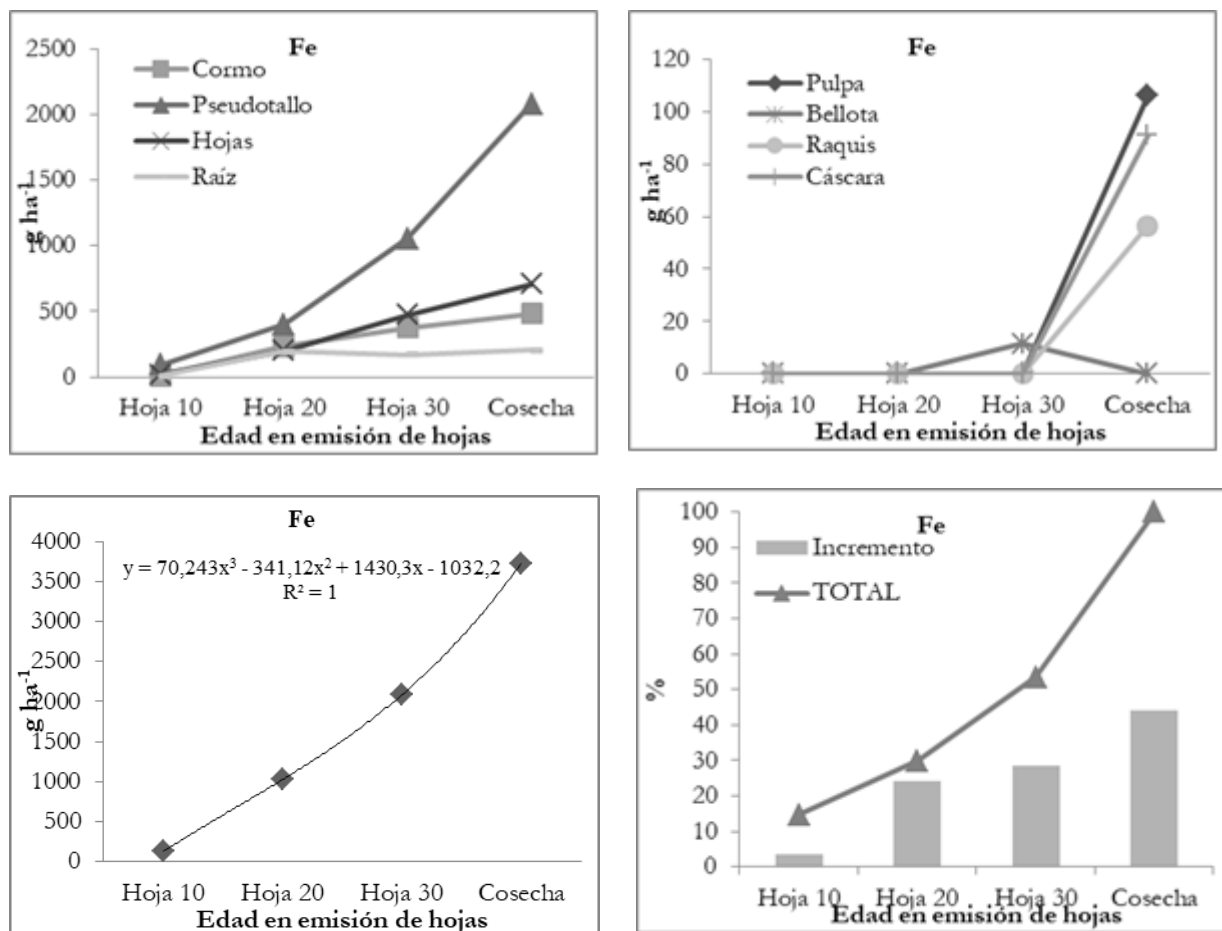
Absorción de Boro en el plátano Barraganete

### Concentraciones de hierro (Fe)

De todos los micronutrientes, el Fe es el elemento que más acumuló la planta, muy probablemente debido a que este elemento forma parte estructural de los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina; además, se encuentra tanto en sistemas respiratorios como fotosintetizadores (Soria, 2008).

Aproximadamente, el 75% del hierro celular está asociado con los cloroplastos, es esencial para la síntesis de clorofila (Melgarejo, 2010), lo que determina el importante papel que este elemento desempeña en la fotosíntesis, también es esencial en la síntesis de proteínas (IPNI, 2012), es por esto que se encuentra en alta concentración en las hojas.

Pese a ser el mayor micronutriente que la planta extrajo, los productores no fertilizan utilizando compuestos que contengan este elemento, debido a las reservas existentes en el suelo del presente ensayo, también a que la gran mayoría se recicla en la misma finca y lo exportado en los dedos y el raquis es bajo ( $253,67 \text{ g ha}^{-1}$ ). Sumando la absorción de Fe de todos los órganos y en cada una de las etapas, se realizó la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo, que tuvo un ajuste de regresión polinómico (Figura 4).



**Figura 4.**

Absorción de Hierro en el plátano Barraganete

### Concentraciones de zinc (Zn)

En la Figura 5 se observan las comparaciones de las curvas de absorción de Zn en cada órgano, se aprecia que los órganos que más nutriente acumularon fueron el pseudotallo, el cormo y las hojas.

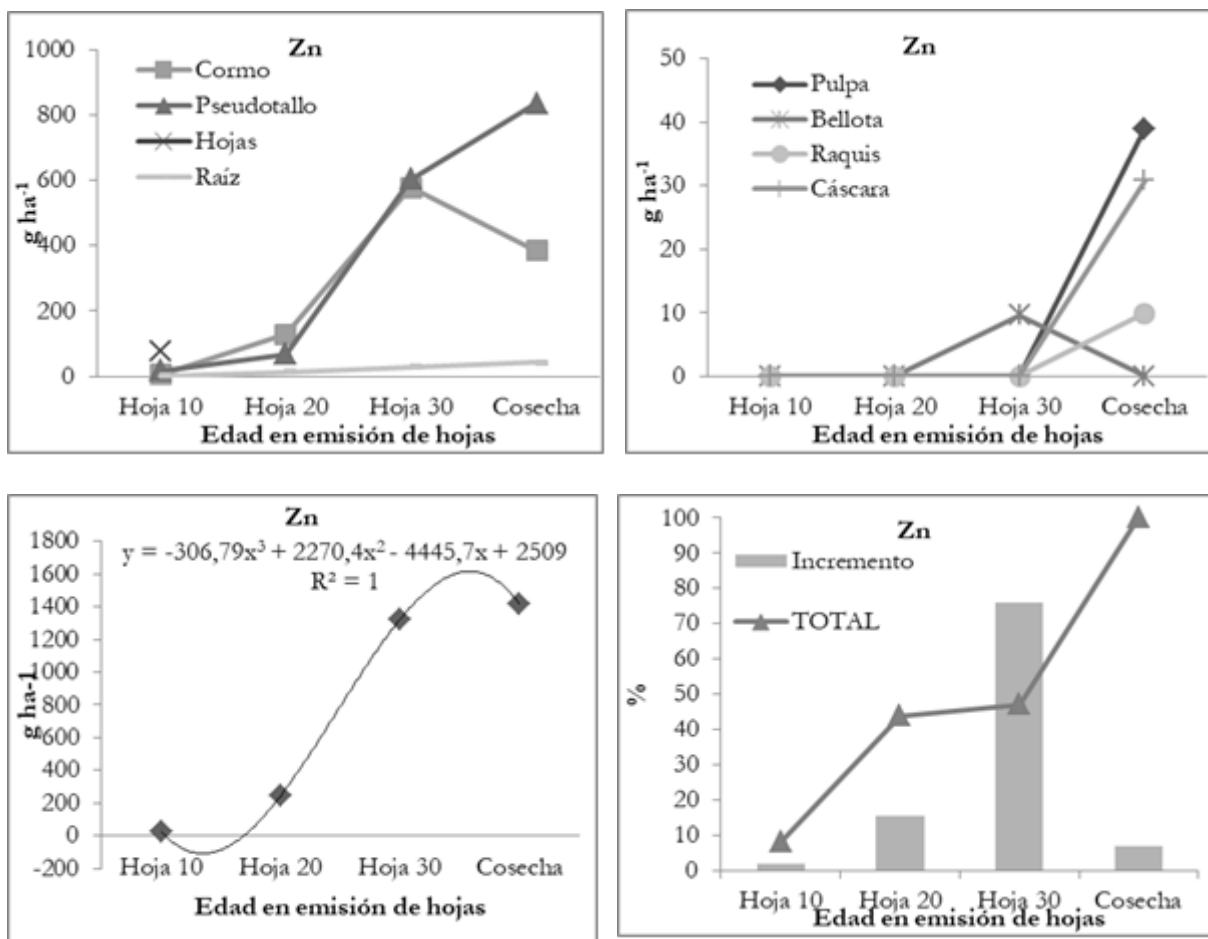


Las hojas comenzaron a disminuir ligeramente su ritmo de absorción cuando la planta emitió la hoja número 30, coincidentemente el cormo también hizo lo mismo pero con una diferencia más notoria, esto se debe a que el Zn controla la producción de importantes reguladores de crecimiento que afectan al desarrollo y crecimiento de tejido nuevo (IPNI, 2012), además del crecimiento activo de brotes (Soria, 2008); y como a esta edad el cormo ya ha emitido los nuevos hijuelos, no requirió tanto este nutriente, por tal razón, la curva se hizo descendente.

El zinc participa en el metabolismo vegetal como activador de varias enzimas como: la alcohol deshidrogenasa, algunas piridin nucleótido deshidrogenasas, glucosa-6-fosfato deshidrogenasa y triosa fosfato deshidrogenasa (Melgarejo, 2010).

La absorción de este elemento en otros órganos fue reducida, por eso la planta sólo exportó en los dedos y el raquis 79,67 g ha<sup>-1</sup>, ya que la mayor parte es reciclada en la misma finca, esto induce a la no aplicación de productos fertilizantes que contengan este elemento por parte de los productores de plátano.

Con la suma de la absorción de Zn de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se realizó la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo. En la Figura 5 se observa que la época de mayor demanda de este elemento por la planta estuvo entre la emisión de las hojas 20 y 30, la regresión se ajustó al modelo polinómico cúbico.



**Figura 5.**

Absorción de Zinc en el plátano Barraganete

### Concentraciones de manganeso (Mn)

En la Figura 6 se puede observar las comparaciones de las curvas de absorción de Mn en cada órgano, se aprecia que los órganos que más nutrientes acumularon fueron las hojas, el pseudotallo y el cormo. Todos los órganos tuvieron curvas ascendentes, a excepción del pseudotallo que en la emisión de la hoja 20 decreció y bajó aún más en la hoja 30, subiendo en la parte final del ciclo vital de la planta. Este descenso se puede atribuir a que el Mn tiene funciones en el sistema enzimático de la planta y también en varias reacciones metabólicas (IPNI, 2012), por tanto, las edades que más se requiere para la perpetuación de la especie son al inicio y al final del ciclo.

El Mn actúa en la fotólisis del agua (Soria, 2008) como transportador de electrones entre el agua y el fotosistema II (Melgarejo, 2010), además su deficiencia interfiere en los procesos de formación de flores y frutos (Soria, 2008) y provoca una desorganización en la estructura de la membrana de los cloroplastos, lo que se traduce en una inhibición del fotosistema II (Melgarejo, 2010), también ayuda a la síntesis de la clorofila (IPNI, 2012), por estas razones es que el órgano que más absorbió este elemento fueron las hojas. De todos los micronutrientes, el Mn fue el elemento que la planta menos absorbió y sólo exportó en los dedos y el raquis 3,78 g ha<sup>-1</sup>. Puesto que la cantidad fue muy baja y que la mayor parte es reciclada en la misma finca, los productores no aplican productos fertilizantes que contengan este elemento.

Al realizar la suma de la absorción de Mn de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se realizó la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo. En la Figura 6 se aprecia que las edades de mayor demanda fueron al inicio y al final del ciclo vital de la planta y el modelo de regresión se ajustó al polinómico cúbico.

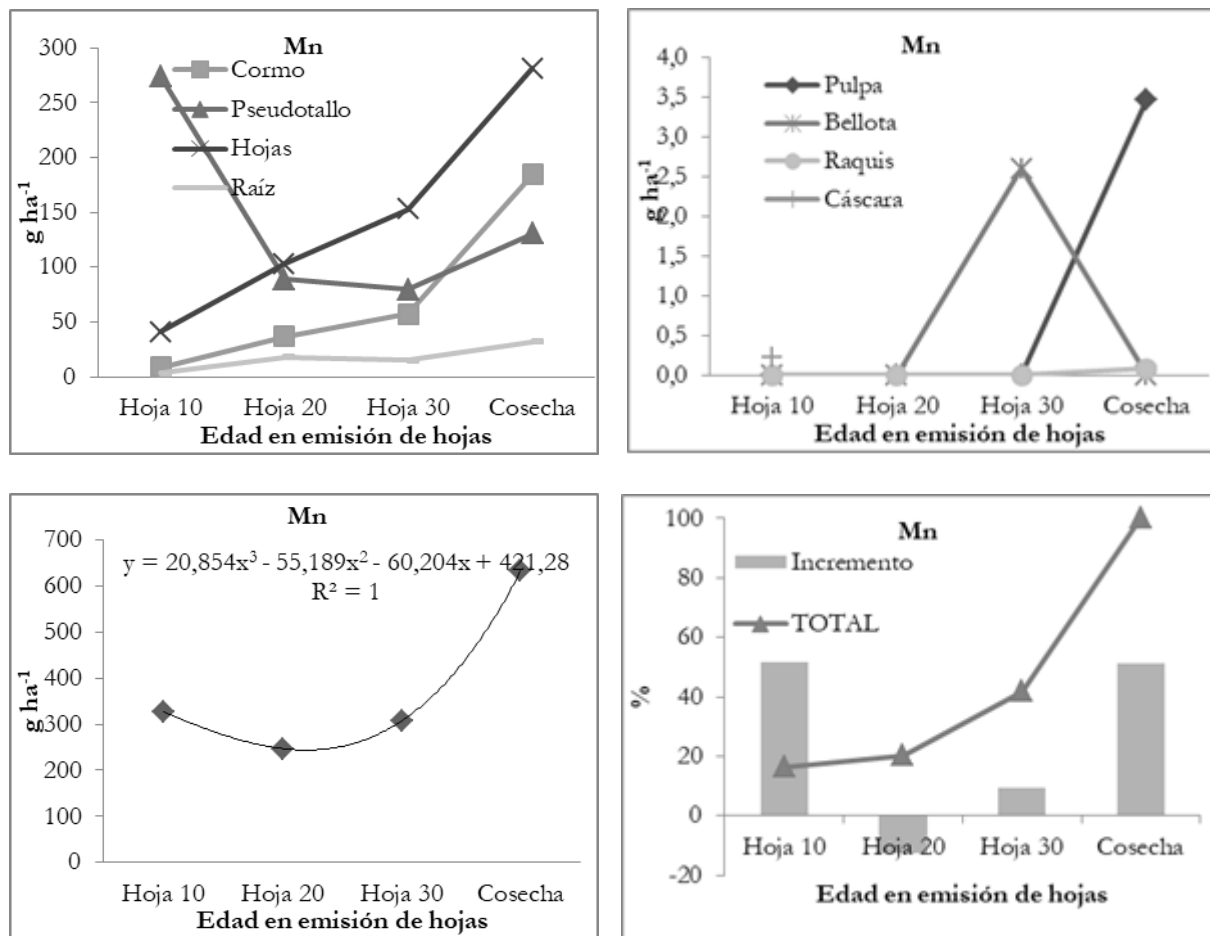


Figura 6.

Absorción de Manganeso en el plátano Barraganete

## Conclusiones

Los micronutrientes que más requirió el cultivo fueron: primero Fe, después Zn y en menor cantidad B, dejando en un segundo plano a Mn y Cu.

Todos los micronutrientes, a excepción del Mn, tuvieron una tendencia creciente en la absorción hasta que el cultivo llegó a su fase final, donde la planta ya no emitió más hojas y priorizó la emisión de los hijuelos de sucesión.

La etapa en que las plantas más absorben los micronutrientes está entre la emisión de las hojas 20 y 30.

## Referencias

- Avellán-Vásquez, L; M., Calvache y N. Cobeña (2015) Curvas de absorción de nutrientes por el cultivo del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L). *Tsafiqui* 7:17-29.
- Aristizábal, L., y C. Jaramillo. (2010). Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano Dominic 'Hartón' (*Musa* AAB). *Revista Agronomía*, 18(1), 29-40.
- Aristizábal, M. (2008). Evaluación del crecimiento y desarrollo foliar del plátano hondureño enano (*Musa* AAB) en una región cafetera colombiana. *Agronomía Colombiana*, 16(2), 23-30.
- Belalcázar, S. (2005). *El cultivo del plátano en el Trópico* (1 ed.). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario.
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos* (Primera ed.): Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bertsch, F. (2005). Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones Agronómicas*, 57, 16.
- Cabalceta, G., M, Saldías, M., y A., Alvarado. (2005). Absorción de nutrimentos en el cultivar de papa MNF-80. *Agronomía Costarricense*, 29(3), 107-123.
- Calvache, M. (2012). Curvas de Absorción. de Nutrientes en tres variedades de Rosas XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- De Daneri, M. (2011). *Fenología*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales UCES Global Learning and Observations to Benefits the Environment GLOBAL.
- DeVos, P. (1984). *Crecimiento y desarrollo del pseudotallo y hojas de la planta de banano (Musa sp.): análisis cuantitativo y modelo hormonal*. Universidad Católica de Lovaina.
- FAOSTAT. (2012). Producción de cultivos. Recuperado de: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (esta URL lleva a una página general pero no a la publicación citada, que es lo que corresponde)
- INPOFOS. (1999). Funciones del fósforo en las plantas. *Informaciones Agronómicas*, 36, 9-10.

- IPNI. (2012). *Información Agronómica sobre nutrientes para los cultivos*. Recuperado de : <http://nla.ipni.net/article/NLA-3009>.
- Kant, S., & Kafkafi, U. (2002). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos*. Recuperado de <http://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>
- MAGAP. (2001). *I censo platanero*. Portoviejo: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador.
- Marcelino, L., V, Gonzáles y D, Ríos (2004). *El cultivo de plátano en Panamá*. Panamá: Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.
- Melgarejo, L. (2010). *Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal* (Primera ed.). Universidad Nacional de Colombia.
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (2009). *Nitrógeno*. Recuperado de : <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Sancho, H. (1998). *Curvas de absorción de nutrimentos: importancia y su uso en los programas de fertilización*. Conferencia presentada en: Seminario Agrícola Internacional. Recuperado de : <http://www.ots.ac.cr/bnbt/15571.html> (URL lleva a una página resumen)
- Soria, N. (2008). *Nutrición Foliar y Defensa Natural*. Presentado en XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Recuerado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/5.-Ing.-Norman-Soria.-Nutricion-foliar.pdf>
- Uribe, M. (2008). *Proyecto para la producción y exportación Platanitos Snack al mercado mexicano*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Vargas, M. (2010). *Curvas de absorción como herramientas en la fertilización y nutrición en el cultivo del arroz*. Recuperado de: [http://www.cedaf.org.do/eventos/cfcs\\_2010/presentaciones/05\\_jueves/manana/33p.pdf](http://www.cedaf.org.do/eventos/cfcs_2010/presentaciones/05_jueves/manana/33p.pdf)

# CAPÍTULO 4

*Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Imbabura.*

**René Ulcuango  
Doris Chalampunte Flores  
Miguel Gómez-Cabezas**

# Evaluación morfoagronómica de variedades locales de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia de Imbabura

**René Ulcuango**

Universidad Técnica del Norte  
reneulcuango@hotmail.com

**Doris Chalampunte Flores**

Universidad Técnica del Norte  
dschalampunte@utn.edu.ec

**Miguel Gómez-Cabezas**

Universidad Técnica del Norte  
magomez@utn.edu.ec

## Resumen

La caracterización morfoagronómica de los recursos fitogenéticos es una herramienta que permite conocer la diversidad de una colección, además de la identificación de genotipos mejor adaptados a condiciones agroclimáticas de una región, con lo cual se puede promover la conservación y aprovechamiento de material genético. Imbabura es una de las provincias que posee una gran agrobiodiversidad, es así que para el presente estudio se evaluaron 45 accesiones de fréjol proveniente de varios sectores geográficos distribuidos entre los 2000 y 2500 msnm; se emplearon 42 descriptores relacionados a formas, tamaños y colores de la planta. Características como hábito de crecimiento, color de la semilla primario y secundario, color de la flor y tallo, forma de la vaina y forma de la semilla, así como el rendimiento permitieron identificar nueve morfotipos, además de materiales promisorios destacándose así accesiones de tipo arbustivo y voluble que presentan rendimientos de 110,7 gr/planta y 248,7 gr/planta respectivamente, además los dos materiales se caracterizan por ser granos de la gama de los rojo moteado y púrpura. Los resultados resaltan la variabilidad morfológica y agronómica existente a nivel de la provincia, permitiendo así promover alternativas de consumo y conservación de la misma.

**Palabras clave:** Recursos fitogenéticos, Germoplasma, Variabilidad morfológica, Materiales promisorios.

## Abstract

The morphoagronomic characterization of the phylogenetic resources is a tool that allows to know the diversity of a collection, identify genotypes that are better adapted to agroclimatic conditions of a specific region and can promote the conservation and use of the genetic material. Imbabura is a province that has a large agrobiodiversity. For this research, 45 accessions of beans from several geographic sectors, distributed between 2000 and 2500 meters above sea level, were evaluated. 42 descriptors related to plant shape, size and color were used. Characteristics such as growth habit, primary and secondary seed color, flower and stem color, pod and seed shapes; and, yield allowed to identify nine morphotypes and promising germplasm which include shrub and voluble types that presented yields of 110.7 gr/plant and 248.7 gr/plant, respectively. In addition, the two materials showed mottled red and purple seeds. The results highlight the morphological and agronomic variability of the evaluated germplasm at province level, as well as the alternatives of consumption and conservation of this germplasm.

**Keywords:** Phylogenetic resources, Germplasm, Morphological variability, Promising materials.

## **Introducción**

Según Bitocchi et al. (2011) el fréjol es originario de Meso América (México) y de la región andina, constituyendo así el centro de origen y diversificación. Velásquez y Giraldo (2005) mencionan que el fréjol es la leguminosa de consumo humano más importante en el planeta, ocupa el octavo lugar entre las más sembradas en el mundo, generando además ingresos económicos; es un alimento de fácil acceso por el bajo costo para consumidores de escasos recursos económicos.

El cultivo de fréjol es un cultivo estratégico y constituye un elemento importante a nivel cultural siendo además parte del patrimonio alimenticio a nivel local y nacional; entre las propiedades del fréjol se puede mencionar que tiene un alto aporte energético similar a los cereales, además es una importante fuente de vitaminas y minerales como es el hierro. A nivel agronómico presenta una enorme ventaja al aprovechar el nitrógeno libre lo que le permite satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, además contribuye al enriquecimiento del suelo y es un cultivo que puede ser sembrado en asocio con otros (Instituto de Investigaciones de Granos, 2013).

Según los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2016), en Ecuador el fréjol, se cosecha en grano seco alrededor de 18 767 ha y en grano tierno 18 372 ha., sin embargo, estos valores representan rendimientos deficientes debido a la escasa disponibilidad de variedades mejoradas, uso de semillas de mala calidad, incidencia de plagas, enfermedades y manejo inadecuado del cultivo. Según datos del Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (SINAGAP, 2014) Imbabura es una de las provincias con mayor producción de fréjol (14%) a nivel nacional (1.44 t/ha).

El fréjol se encuentra cultivado desde los 0 a 2800 msnm; consecuentemente, por su amplia distribución geográfica en ambientes tan diversos, es afectado por problemas de producción de tipo biótico y abiótico. Los principales problemas bióticos son las enfermedades ocasionadas por hongos, bacterias y la presencia de plagas; así mismo, el principal problema abiótico identificado en el Ecuador es la falta de agua o sequía (Falconí, 2005). Mientras que Villanueva (2010), menciona que uno de los principales inconvenientes, es el manejo de tecnologías que requieren las variedades mejoradas. A nivel de la provincia de Imbabura existen una amplia agrobiodiversidad, entre los cultivos que destacan es el fréjol, razón por la cual, se planteó caracterizar la variabilidad morfológica y agronómica, a fin de identificar materiales promisorios y con potencialidades para procesos de fitomejoramiento.

## **Importancia del problema**

El fréjol es una leguminosa de importancia para la seguridad alimentaria, sin embargo, existen variedades locales poco conocidas y difundidas entre los agricultores, lo que ha ocasionado dependencia a determinadas variedades, las cuales con el tiempo se han vuelto susceptibles a plagas y enfermedades, incrementando así el uso de agroquímicos y la baja productividad; por tal motivo el desarrollo de la presente investigación permitirá, evaluar y caracterizar variedades locales de fréjol para obtener información sobre el comportamiento morfológico y agronómico, así como también el nivel de daño ocasionado por la presencia de las principales plagas y enfermedades de la zona, permitiendo así identificar materiales con potencialidades tanto para productores como Fitomejoradores, además de promover la conservación y uso de este importante recursos fitogenético.

## **Metodología**

### **Sitio experimental**

El proceso de caracterización morfológica y agronómica se realizó en la provincia de Imbabura en los predios de la granja experimental “La Pradera” perteneciente a la Universidad Técnica Del Norte, a

0°21'32.11" latitud Norte y a 78°12'15.02" longitud Oeste, ubicada en la parroquia Chaltura, cantón Antonio Ante, a una altitud de 2350 msnm.

### **Germoplasma**

Se evaluaron 45 accesiones de fréjol provenientes de los seis cantones de la provincia y distribuidas en rangos altitudinales que van desde los 1700 a los 2500 msnm; el germoplasma corresponde a material de hábito arbustivo y voluble.

### **Manejo agronómico**

Los materiales fueron sembrados bajo un diseño de Bloques Completos Al Azar con tres repeticiones; la distancia de siembra fue de 0.25 m entre plantas y 0.50 m entre surcos, se depositaron tres semillas por punto de siembra; la semilla fue desinfectada previa la siembra; para los materiales de hábito voluble se instalaron espalderas con postes de madera, alambre estirado de poste a poste, cada planta fue tutorada con hilo de plástico desde la base al alambre; el riego se realizó por gravedad una vez por semana según requerimiento hídrico y condiciones climáticas de la zona, además se dieron los cuidados agronómicos necesarios para un buen desarrollo del cultivo.

### **Caracterización**

Para el proceso de caracterización morfoagronómica se utilizó descriptores establecidos por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1993), se evaluaron 19 caracteres cuantitativos y 12 cualitativo así por ejemplo se evaluó el hábito de crecimiento, color de hojas, tallo, flor y fruto para lo cual se usó la tabla de colores de Munsell; además se registró datos agronómicos como: días a la floración, maduración fisiológica y rendimiento (gramos/planta) tomando el peso de 100 semillas a una humedad de 14%. Los valores registrados corresponden al promedio de 10 observaciones por accesión.

Para determinar el nivel de daño causado por plagas y enfermedades se utilizó la escala general del sistema estándar para la evaluación de germoplasma de fréjol propuesta por el (CIAT, 1984). El nivel de daño se registró en dos etapas del cultivo R6 y R8 (floración y llenado de vaina respectivamente), se evaluó enfermedades como: la Roya (*Uromyces appendiculatus*), Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), Bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv.) y Mancha Angular (*Isariopsis griseola*). Con respecto al nivel de daño causado por plagas como: Mosca blanca (*Bemisia tabaci*), Lorito verde (*Empoasca kraemeri*) y Áfidos (*Aphis* spp) el daño se registró en las etapas V4, R5 y R6 (tercera hoja trofoliada, pre floración y floración); y los daños causados por el gusano de la vaina (*Apion godmani*) se tomó en la etapa R9 en vainas maduras.

### **Análisis de datos**

Para determinar la variabilidad de los datos de la colección de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), se usaron parámetros estadísticos como la media aritmética y el coeficiente de variación para caracteres cuantitativos y análisis de frecuencia para caracteres cuantitativos; además se realizó un análisis de conglomerados a través del algoritmo de Gower (1967) y el método de Ward (1963), generando un dendrograma que permite visualizar el agrupamiento de las accesiones que poseen características morfológicas similares. La identificación de variables que aportan a la discriminación entre grupos se lo realizó a través de un análisis de varianza y tablas de contingencia para variables cuantitativas y cualitativas respectivamente.

Adicionalmente se identificó materiales promisorios con base en datos relacionados a características del grano y rendimiento de la planta.



**Características generales de la colección**

Se observó gran variación entre los datos provenientes de la caracterización, así el resultado obtenido para el descriptor días a la emergencia presentó un coeficiente de variación (CV) de 6.67% siendo la característica con menor variabilidad, con un promedio de 11 días a la emergencia en toda la colección; el descriptor con mayor coeficiente de variación fue rendimiento (g/planta) con un valor de 61.39%, los rendimientos oscilaron entre 21.70 g como valor mínimo y como valor máximo de 248 g, esta diferencia está marcada por el hábito de crecimiento (arbusivo y voluble). El tamaño de la vaina varía entre 9.00 y 17.00 cm, con un llenado de vaina de entre tres a ocho granos; respecto al peso de 100 semillas, se registró materiales con un peso estimado de 16 g como valor mínimo y cerca de 95 g como valor máximo que corresponden a materiales con hábito de crecimiento prostrado y voluble respectivamente; en cuanto al tamaño de la semilla, las más pequeñas miden 1.00 cm de largo y 0.60 cm de ancho, por el contrario, las semillas más grandes miden 1.80 cm de largo y 1.20 cm de ancho (Tabla 1).

Para las variables cualitativas, el hábito de crecimiento que predomina en la colección es el tipo voluble en un 44% de las accesiones (20); se identificó además que 41 accesiones (91%) presentan tallos de color amarillo, los restantes presentan tallos verdes amarillento con pigmentación rojiza y pigmentación morada; en cuanto al color de las hojas, 27 accesiones (60%) presentan un color verde oliva, sin embargo, el 40% restante presenta variaciones entre verde olivo oscuro y moderado. Con respecto al color de la flor, se evaluó a nivel de alas y estandarte, registrando que el color blanco predomina en el 58% de la colección (26 accesiones), 27% presenta alas color púrpura y el restante presenta alas color rosado púrpura, rojo grisáceo, y blanco con pigmentos rosados; para el color del estandarte predominan los colores rojo púrpura y blanco con pigmento rosado en un 13 y 12% respectivamente.

Para variables relacionadas a la semilla, se evaluó color primario, así el 22% (10 accesiones) presentaron color rojo, un 20% presentó color rojo grisáceo, en menos del 5% se encontraron materiales con colores que van desde el rosado, púrpura, marrón, amarillo, verde olivo, negro y blanco; para el color secundario de la semilla, se encontró que el 12% de las accesiones no presentaban esta variación, esto quiere decir que son granos de un solo color, sin embargo, el 40% de las accesiones presentaban como color secundario el color rosado, el restante presentaba colores variados como blanco, púrpura grisáceo, negro, marrón; dentro de la colección se registraron siete formas de grano, de las cuales el 38% presentan forma ovoide y un 31% forma arriñonada recta en el lado del hilo, las formas redonda y las tipo cuadrado están presentes en menos del 10% dentro de la colección evaluada, siendo la forma elíptica la que se encuentra en una sola accesión y corresponde a grano de color negro y de hábito tipo voluble (ECU-15510).

**Análisis de agrupamiento de las entradas**

El agrupamiento jerárquico de Ward (1963), obtenido a partir de la distancia de similitud de Gower, permitió identificar la conformación de 3 grupos, con un coeficiente cofenético de 0.64, representados gráficamente en un dendrograma; así el grupo 1 está conformado por 25 accesiones, el grupo 2 con tres accesiones y el grupo 3 con 17 accesiones, destacándose este último por presentar materiales de tipo únicamente de tipo voluble o trepador (Gráfico 1).

**Valor discriminante para los caracteres cualitativos y cuantitativos**

Para determinar los valores discriminantes de las 12 características cualitativas evaluadas, se aplicó la prueba  $\chi^2$ , determinándose así nueve caracteres como altamente significativos ( $P$ -valor  $\leq 0.05$ ) y tres caracteres como no significativo, estas características están asociadas al color de semillas, flores, vainas, forma de semilla, entre otros, cabe mencionar que el 90% de los descriptores resultaron ser significativos (Tabla 2). Así, por ejemplo, el grupo 3 se caracteriza porque el 100% de sus accesiones son de hábito de

crecimiento tipo voluble o trepador, en cuanto a color de tallo el grupo 2 presentan colores entre verde amarillento con pigmentación rojiza y púrpura; respecto a la forma de la vaina, el grupo 1 presenta en el 80% vainas de forma rectas, los otros grupos presentan formas medianamente curvos y curvados; en cuanto al color de la semilla, el 100% de los materiales del grupo 2 (tres accesiones) son de color negro y no presentan color secundario, además son de forma pequeña casi cuadrada.

Los valores discriminantes con los caracteres cuantitativos se calcularon mediante la prueba de Fisher permitió identificar descriptores con mayor poder discriminante, de los 21 características, 13 resultaron ser discriminantes ( $P$ -valor  $\leq 0.05$ ), así se menciona: días a la antesis, días a la madurez fisiológica, días a la cosecha, altura de planta, longitud de la hoja primaria, ancho de la hoja, área foliar, longitud de las vainas, ancho de las vainas, semillas por vainas, ancho de la semilla, peso de 100 semillas y rendimiento (Tabla 3).

El grupo 1 y 2 presentan un rango de 128-133 días a la madures fisiológica dado que estos dos grupos se conforman por accesiones de hábito arbustivo, mientras que las accesiones del grupo 3 al ser de hábito trepador indeterminado muestra un valor medio de 164 días; las accesiones de hábito trepador indeterminado que conforman el grupo 3 presentan un valor medio de 180 días a la cosecha estableciéndose como precoces, en cambio, las accesiones que forman el grupo 1 y 2 muestran un promedio de 142 a 148 días considerándose tardías.

El grupo 1 presenta vainas con una longitud promedio de 13.97 cm y las accesiones del grupo 3 oscilan los 14 cm, resultando ser vainas grandes, a diferencia del grupo 2 el cual presentó vainas con una longitud de 10.80 cm consideradas pequeñas dentro de los materiales evaluados; el mayor número de semillas se presentan en los grupos 2 y 3 con un valor promedio de seis semillas por vaina, por su parte el grupo 1 presentó un valor promedio de cinco semillas, sin embargo la accesión con menos número de semillas por vaina pertenece al grupo 1 con tres granos por vaina (ECU-8309), sin embargo, el tamaño de su vaina es grande al igual que el tamaño de la semilla que tiene un largo de 1.60 cm y 0.90 cm de ancho y es de color púrpura grisáceo.

### **Identificación de morfotipos por grupos**

A través del análisis de agrupamiento y la identificación de variables discriminantes se pudo identificar la presencia de nueve morfotipos; así en el grupo 1 se encuentran cinco morfotipos (M1, M2, M3, M4 y M5) diferenciados principalmente por el hábito de crecimiento que son de tipo arbustivo y la forma de la semilla como la ovoide, arriñonada, prevaleciendo además los granos de color rojo y rojo grisáceo. En el grupo 2 se encuentra un solo morfotipo (M6), el cual se diferencia de los otros morfotipos por presentar principalmente el color del tallo verde amarillo con pigmento rojizo, el color de las alas y estandarte de la flor rojo púrpura, el perfil de la semilla es pequeña casi cuadrada y el color de la semilla es negro en su totalidad. Por último, el grupo 3 de hábito de crecimiento tipo voluble, presenta tres morfotipos (M7, M8, y M9), en este grupo se alberga la mayor variabilidad de colores de grano que va desde el blanco, amarillo, púrpura y olivo, además presenta semillas de tipo alargada, ovoide y arriñonada.

### **Principales plagas y enfermedades identificadas en la colección**

Daños por Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*): en la primera evaluación realizada en la etapa de floración (R6), se observó que el grupo 2 se destacó por presentar el 100% de las entradas una alta resistencia a la enfermedad, el grupo 1 presentó alta resistencia en el 36% de las entradas, el 44% fue resistente, el 12% mostró resistencia moderada y el 8% presentó un nivel de daño intermedio. De igual forma, el Grupo 3 mostró alta resistencia a la enfermedad en el 70% de accesiones, el 17% fueron moderadamente resistentes y el 11% presentó un nivel de daño moderado. Con respecto a la segunda evaluación (R8), se observó que hubo mayor presencia del patógeno por consiguiente el grupo 2 y 3 fueron moderadamente resistentes entre el 52.94% y 66.6% respectivamente, mientras que el grupo 1

presentó una resistencia moderada en el 12% de las entradas, el 40% fueron resistentes, el 36% mostraron niveles intermedios de daño, el 4% (una accesión) fue susceptible y el 8% fueron moderadamente susceptibles.

Daños por gusano de la vaina (*Apion godmani*): durante la evaluación realizada en la etapa de maduración, se determinó que toda la colección presentó daños por esta plaga, por consiguiente, el grupo 1 presentó en el 32% de las entradas un nivel resistente de daño y el 68% fueron susceptibles; por su parte, el grupo 3 mostró en el 47.05% de accesiones un nivel de daño resistente, el 41.17% fue susceptible y solamente dos accesiones ECU-17332 y ECU-17324 fueron altamente resistentes, mientras que el grupo 2 se presentó una accesión (33.33%) para cada nivel de resistencia.

La evaluación de los daños causados por mosca blanca (*Bemisia tabaci*) durante la etapa V4 (tercera hoja trifoliada) y se observó que 42 entradas (93.33%) fueron plantas vigorosas y solamente tres accesiones (6.66%) UCH-001, ECU-9323 y UCH-004 fueron susceptibles presentando un ligero retraso en su crecimiento. En cuanto al daño ocasionado por lorito verde (*Empoasca kraemerii*) se observó que 44 entradas (97.7%) no presentaron daños, sin embargo, una accesión ECU-8299 (2.2%) manifestó un ligero enrollamiento en las hojas; mientras que durante la segunda evaluación R6 (floración) se determinó que seis entradas (13.3%) no presentaron daños, 28 (62.2%) mostraron un enrollamiento muy leve de las hojas, 10 (22.2%) presentaron un ligero enrollamiento en las hojas y solamente una accesión (2.2%) ECU-8299 mostró un enrollamiento moderado de las hojas.

#### **Identificación de materiales promisorios**

La caracterización morfoagronómica de la presente investigación, ha hecho posible la identificación de materiales promisorios dentro de la colección de 45 variedades de fréjol dentro de la provincia de Imbabura. Para la identificación de material elite se determinó de acuerdo con los descriptores relacionados al rendimiento en producción: días a la cosecha, número de semillas por vainas, rendimiento en gramos por planta, y color de la semilla. En la presente investigación se ha identificado como materiales promisorios a las accesiones: UCH-004, UCH-001, UCH-002, UCH-003 especies de tipo arbustivas, presentan rendimientos entre 80 y 110 g/planta, son de color rosado, rojo grisáceo y negro. Dentro del grupo de materiales de hábito voluble se identificó cinco accesiones como promisorias, destacándose así las accesiones: ECU-17332, ECU-17330, ECU-17338, ECU-15547, ECU-3475, esto materiales presentan rendimientos superiores a los 220 g/panta, son de grano de color púrpura, rojo, blanco y rosado (Tabla 4).

#### **Discusión**

La variabilidad morfológica en este estudio determinó que los días a la emergencia se dieron en un rango de 9 a 12 días con un CV 6,67%, estos resultados pueden estar influenciados por las condiciones del suelo principalmente la humedad, para Doria (2010), una buena germinación la semilla requiere de agua para rehidratarse no más de 2 a 3 veces su peso y una temperatura ambiental de 16-20°C; en la zona de Chaltura, la temperatura fluctúa entre 13-16°C la cual se acerca al rango antes mencionado; para Pérez y Pita (2016) la viabilidad de la semilla hace referencia a su capacidad de germinar.

En la colección se identificaron materiales de hábito de crecimiento arbustivo y voluble o trepador, según Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA, 2008) indica que la interacción de varias características morfológicas y agronómicas ayudan a definir el hábito de crecimiento como son: el desarrollo de la parte terminal del tallo, el número de nudos, la longitud entre nudos, la altura de la planta, la capacidad para trepar, el grado y tipo de ramificación. Según Voysest (2000), las variedades arbustivas son precoces (120 días) y tardías (150 días), de igual manera, las especies con hábito de crecimiento trepador son precoces (190 días) y tardías (270 días), esto se debe posiblemente a la adaptación que está ligada al rango de temperatura del ambiente en el que se desarrollen. El mismo autor indica que las

temperaturas frías (13 -16°C) provocan que los días a la cosecha se alarguen en cambio, las temperaturas cálidas (23-26°C) aceleran el tiempo a la cosecha.

Las especies con hábito de crecimiento determinado al poseer un ciclo de cultivo en grano tierno de 60-90 días y en grano seco de 110-115 días pudiéndose hacer en el año hasta tres ciclos de cultivo, si se dispone de agua de riego y en cuanto al manejo principalmente no es necesario labores de tutorado por consiguiente no demanda de mucha mano de obra. Por otro lado, las especies con hábito de crecimiento indeterminado al poseer un ciclo de cultivo en grano tierno de 155 días y en seco 185 días solo se puede realizar dos ciclos en el año y con respecto al manejo estas especies demandan mayor mano de obra, un claro ejemplo es la labor de tutorado de la planta (Peralta et al., 2010).

El color del tallo más predominante fue el color amarillo, según el Bascur y Tay (2005) el color del tallo es un carácter poco influenciado por el medio ambiente, el cual, puede presentar colores variados entre verdes o pigmentados. Por su parte el color de la hoja que prepondera es el verde olivo, de acuerdo con Walma, Martins, Ferras y Oliveira (2007), quienes evaluaron el color de la hoja en el foliolo central en líneas de *Phaseolus vulgaris* L., determinaron que las hojas pueden presentar diversos colores, asociados a la variabilidad existente y evaluada. En cuanto a las características de la flor, el color que predomina de las alas es el blanco y del estandarte el rojo púrpura según Vázquez, Lépiz y López (2015) señala que el color de la flor es un atributo fácilmente observable y 100% heredable y contribuyen a una discriminación rápida de fenotipos, y que se expresan en la misma forma en cualquier ambiente y, por tanto, los colores pueden ser variados desde blancos hasta púrpuras pasando por tonos intermedios.

El largo de la vaina fue variable entre 9 y 17 cm de largo y entre 0.80 y 1.60 cm de ancho; para Arias, Rengifo, y Jaramillo (2007), las vainas pueden tener 6-22 cm de longitud, esta característica está ligada al genotipo y las condiciones medioambientales en las que se desarrolla cada cultivar; investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2006), en distintas zonas agroecológicas de la sierra, indican que la longitud de la vaina tiene relación con el número de granos, es decir las vainas que presentan un mayor número de granos son más largas y las de menor cantidad de granos son más pequeñas; así también Bieto y Talón (2014), quienes indican que el ancho de la vaina puede ser de 0.5-1.7 cm, el cual se encuentra relacionado al ancho de la semilla, es decir si la semilla es grande el ancho es mayor por el contrario si es una semilla pequeña el ancho es menor, estas características no están asociadas con el hábito de crecimiento sino es una respuesta a las condiciones del ambiente y al genotipo de cada variedad.

El color de la vaina que predomina es el amarillo y en cuanto al perfil de esta prepondera la forma recta, de acuerdo con Lépiz et al. (2010) quienes afirman que durante el estado de madurez fisiológica la vaina del fréjol presenta un cambio de coloración de verde, rojo, amarillo, morado o blanco según la variedad. Para Ligarreto (2001) las vainas poseen diferencias de tamaños y colores caracteres que están ligados al genotipo de cada especie.

La variedad de colores de la semilla permite identificar la gran variabilidad existente, así a nivel de la colección el color primario más sobresaliente es el rojo y el secundario es el rosado, a nivel de forma la que predomina es la forma ovoide, de acuerdo con Treminio y Maltez (2005), la coloración de la semilla de fréjol es propio de cada variedad existiendo diversos tipos de colores como rojos, amarillos, negros, blancos, púrpuras, las cuales pueden ser uniformes, jaspeadas, punteadas o manchadas. Las preferencias del consumo depende del mercado, para el Ministerio de Agricultura y Ganadería, de 50 variedades de fréjol entre nativas y mejoradas, las de mayor demanda son las de color rojo moteado, canarios amarillos, negros y blancos panamitos; Basantes (2015), por su parte menciona que el fréjol arbustivo se orienta al mercado exterior, los colores rojos moteados se exportan en grano seco, los de color rosado, cremas,

blancos grandes para consumo local y en cuanto a las especies volubles los colores más preferidos son canarios de grano redondo y grande, los bolones bayos, rojos sólidos y mixturas para consumo en tierno y seco y son para el mercado local.

El rendimiento presentó la mayor variabilidad dentro de este estudio con un CV 61,39%, el cual se considera alto explicado posiblemente a que el rendimiento es un carácter que está relacionado directamente con el hábito de crecimiento y está influenciado por las características del ambiente. Campton (2001), menciona que la producción de fréjol está determinada por diversos factores bióticos y abióticos que interactúan durante todo el ciclo vegetativo de la especie; Garcés-Fialles (2011), afirma que la principal causa de los rendimientos bajos en el cultivo de fréjol está determinada por la presencia de enfermedades que atacan durante la formación y llenado de vainas, sin embargo, para Martínez (2008), el rendimiento del fréjol está ligado al genotipo de cada variedad, así también, Parsons (1991), indica que la capacidad de rendimiento que posee una planta de fréjol de distintas variedades principalmente depende de los caracteres morfológicos, tales como tipos de hábito de crecimiento, número de inflorescencia, tamaño de la vaina y el número de semillas por vainas.

En cuanto a las enfermedades la antracnosis puede causar pérdidas totales en condiciones favorables, además es la principal causa de rechazo de lotes de semilla. Los síntomas se presentan en tallos, pecíolos, hojas, vainas y semillas, en plantas jóvenes, los tallos presentan manchas pequeñas (1 mm), alargadas, ligeramente hundidas, que crecen a lo largo y pueden quebrarlo; Galdames y Peñaloza (s/f) señalan que la antracnosis es favorecida por rocíos y temperaturas cálidas y una vez iniciada un simple rose entre plantas disemina la enfermedad por contacto. Urbina (2011) indica que cuando el daño alcanza un nivel 3, se debe tomar la decisión de realizar un control químico, en el caso de la presente investigación la colección presentó materiales entre moderadamente y altamente resiste.

Los daños causados por el gusano de la vaina sobre el cultivo fueron altos, debido a que, durante la etapa de maduración, las lluvias fueron más frecuentes haciendo que esta plaga ataque directamente al cultivo, Mancía (2005), menciona que la época lluviosa es un factor limitante en la producción debido a que daña directamente a la semilla, causando pérdidas incluso del 100%, siendo necesario realizar control cuando existe un 5% de infestación.

El análisis de agrupamiento permitió identificar la conformación de tres grupos, el valor 0.64 como coeficiente cofenético fue alto, lo que indica una escasa distorsión en lo que concierne a la estructura original de datos, generalmente los valores oscilan entre 0.6 y 0.95 que indican una buena representación de la matriz de similitud por parte del Dendograma (Gutiérrez, González, Torres y Gallardo, 1994); además la conformación de grupos estuvo relacionado principalmente con el hábito de crecimiento y características del grano como forma y color.

### **Conclusiones**

Las variedades de fréjol evaluadas presentaron una amplia diversidad morfológica y agronómica, la diversidad se observó principalmente en características relacionadas al color de la flor y grano, así como a su forma, además de los 21 descriptores cuantitativos evaluados 13 resultaron ser significativas, es así que descriptores como días a la anthesis, días a la madurez fisiológica, días a la cosecha, peso de 100 semillas y rendimiento por planta, pese a que son influenciados por las condiciones climáticas del ambiente y el manejo agronómico permitieron diferencias tres grupos de accesiones y nueve morfotipos.

Con los resultados obtenidos de este estudio se identificó materiales promisorios con características favorables tanto en rendimiento como en color de la semilla (rojo), así como días a la cosecha y número de

semillas por vainas, características deseables que pueden ser empleados para programas de mejoramiento genético.

El conocimiento de las características y diversidad de *Phaseolus vulgaris* puede apoyar acciones para su incremento, conservación y uso eficiente, evitando así la pérdida de diversidad y la dependencia a un tipo de producto.

## Anexos

**Tabla 1.**

Medidas resumen para las características cuantitativas de la planta en cada etapa fenológica de 45 accesiones de fréjol.

Etapa fenológica	Variable	n	Promedio	Desviación estándar	CV	Valor mínimo	Valor máximo
Estado de plántula	Días a la emergencia	45	11.04	0.74	6.67	9	12
	Porcentaje de emergencia	45	54.47	14.85	27.26	17	84
	Longitud de las hojas primarias	45	5.61	0.75	13.33	3.6	7
	Días a antesis	45	75.38	17.77	23.58	53	124
	Duración de la floración	45	60.29	14.43	23.93	27	83
	Longitud del tallo principal	45	117.93	65.89	55.87	21.9	224.1
Estado de floración	Altura de cobertura*	18	42.1	4.06	9.65	36.1	51.5
	Número de nudos*	18	7.06	2.6	36.85	4	12
	Longitud de la hoja	45	10.52	0.86	8.19	8.3	13.2
	Ancho de la hoja	45	9.18	0.75	8.13	7.7	10.6
	Área Foliar	45	73.64	11.18	15.18	51.3	101.6
Estado de madurez fisiológica	Días a la madurez fisiológica	45	144.96	18.81	12.98	117	190
	Duración de la madurez fisiológica	45	15.84	2.95	18.64	10	23
	Días a la cosecha	45	160.02	19.83	12.39	130	208
	Longitud de las vainas	45	13.87	1.99	14.35	9.3	17.9
	Ancho de las vainas	45	1.21	0.15	12.25	0.8	1.6
A la cosecha	Número de semillas por vainas	45	5.6	1.07	19.19	3	8
	Longitud de la semilla	45	1.45	0.23	15.64	1	1.8
	Ancho de la semilla	45	0.91	0.1	11.21	0.6	1.2
	Peso de 100 semillas	45	62.97	16.95	26.92	16	95.7
	Rendimiento	45	102.99	63.23	61.39	21.7	248.7

Nota: \* datos tomados únicamente en las especies arbustivas

**Tabla 2.**

Descriptores morfológicos utilizados con parámetros para la estimación del valor discriminante en caracteres cualitativos de las 45 accesiones de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Variable	Chi <sup>2</sup>	G1	Valor Cramer	Coefficiente Pearson	P-Valor
D23.-Color primario de la semilla	63.79*	28	0.69	0.77	0.0001
D24.-Color secundario de la semilla	36.04*	14	0.52	0.67	0.001
D25.-Color de las alas (flor)	25.73*	8	0.44	0.6	0.0012
D26.-Color del estandarte (flor)	32.10*	18	0.49	0.65	0.0214
D27.-Color de las hojas	4.64 <sup>ns</sup>	4	0.02	0.31	0.3261
D28.-Color del tallo	34.85*	4	0.51	0.66	0.0001
D29.-Color de las vainas (MF)	40.85*	16	0.48	0.64	0.0006
D30.-Color de las vainas (C)	7.62 <sup>ns</sup>	10	0.24	0.38	0.6654
D31.-Forma de las vainas	19.93*	4	0.38	0.55	0.0005
D32.-Forma de la semilla	24.24*	10	0.42	0.59	0.007
D33.-Hábito de crecimiento	33.33*	6	0.5	0.65	0.0001
D34.-Adaptación	10.29 <sup>ns</sup>	8	0.28	0.43	0.2455

\*: Significativo al 5% de probabilidad; ns: No significativo

**Tabla 3.**

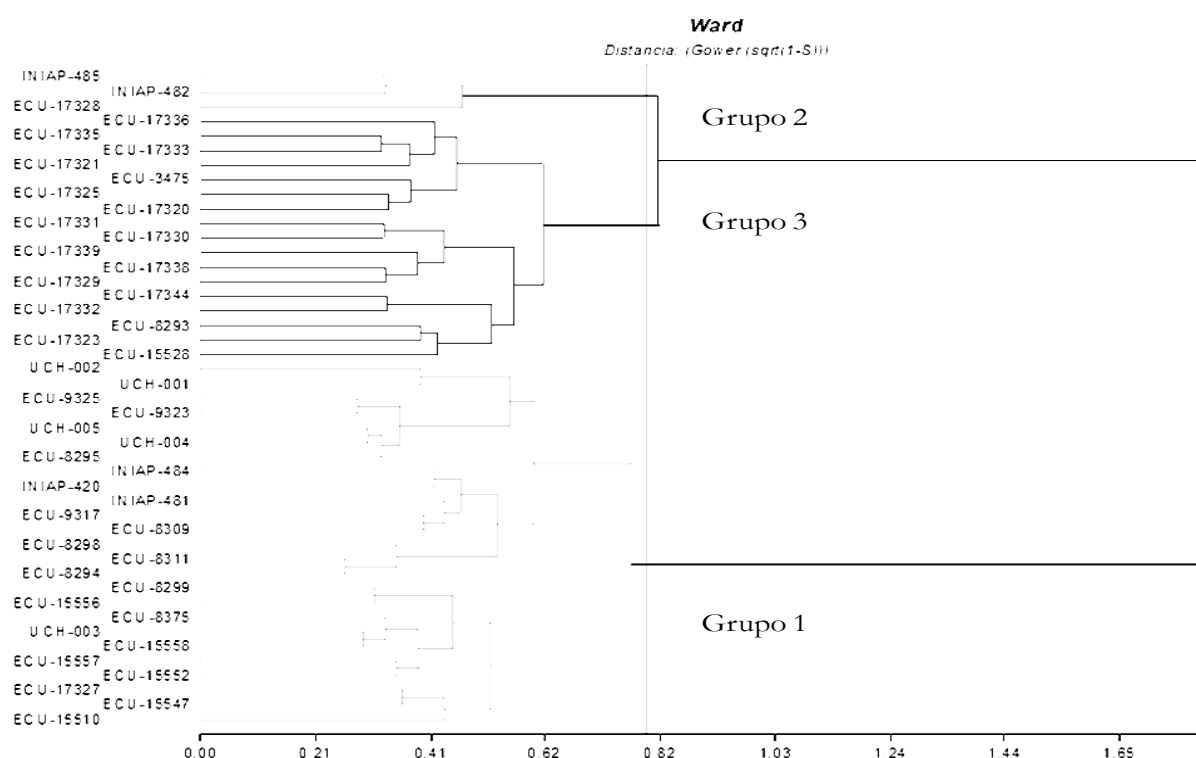
Valores promedio para caracteres cuantitativos de los tres grupos de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Descriptor	G1 (25 accesiones)	G2 (3)	G3 (17 accesiones)	P-Valor
D1.-Días a la emergencia <sup>ns</sup>	11.00 A	10.33 A	11.24 A	0.1336
D2.-Días a la antesis*	66.12 A	67.67 A	90.35 B	0.0001
D3.-Duración de la floración <sup>ns</sup>	57.52 A	53.33 A	65.69 A	0.1416
D4.-Días a la madurez fisiológica*	133.68 A	128.33 A	164.47 B	0.0001
D5.-Duración de la madurez fisiológica <sup>ns</sup>	15.52 A	15.00 A	16.47 A	0.5299
D6.-Días a la cosecha*	148.36 A	142.67 A	180.24 B	0.0001
D7.-Porcentaje de emergencia <sup>ns</sup>	52.68 A	53.67 A	57.24 A	0.6288
D8.-Longitud de las hojas primarias*	5.52 AB	4.73 A	5.89 B	0.0266
D9.-Altura de planta* (cm)	78.82 A	100.57 A	178.51 B	0.0001
D12.-Longitud de la hoja <sup>ns</sup> (cm)	10.47 AB	9.60 A	10.75 B	0.0915
D13.-Ancho de la hoja* (cm)	8.94 A	8.40 A	9.65 A	0.0008
D14.-Área foliar* (cm)	71.06 A	61.30 A	79.62 B	0.0049
D15.-Longitud de las vainas* (cm)	13.97 B	10.80 A	14.26 B	0.0161
D16.-Ancho de las vainas* (cm)	1.25 B	0.93 A	1.22 B	0.0017
D17.-Semillas por vainas*	5.08 A	6.33 B	6.24 B	0.0006
D18.-Largo de la semilla <sup>ns</sup> (cm)	1.44 A	1.75 A	1.51 A	0.285
D19.-Ancho de la semilla* (cm)	0.91 B	0.67 A	0.95 B	0.0001
D20.-Peso de 100 semillas* (g)	65.02 B	22.67 A	67.07 B	0.0001
D22.-Rendimiento* (g/planta)	71.63 A	59.33 A	156.81 B	0.0001

\*: Significativo al 5% de probabilidad; ns: No significativo

**Tabla 4.**  
*Materiales promisorios identificados*

Hábito	Accesión	Días a la cosecha	Color primario (semilla)	Color secundario (semilla)	Peso 100 semillas (gr)	Granos/vaina	Rto gr/planta
Arbustivo	UCH-003	154	Rojo	Rosado	62,3	5	110,7
	UCH-002	144	Rosado púrpura	Rojo grisáceo	57,3	5	108,8
	UCH-001	149	Blanco rosado	Negro	52,3	5	85,5
	UCH-004	141	Rojo grisáceo	Rosado	62,3	5	82,2
Trepador	ECU-3475	176	Púrpura grisáceo	Negro	59,7	7	248,7
	ECU-15547	185	Rojo grisáceo	Rosado	86,3	6	244,8
	ECU-17338	184	Blanco	Marrón	62	6	239,1
	ECU-17330	170	Rosado	Rojo grisáceo	65	7	235,7
	ECU-17332	175	Olivio	Sin color	56	8	229,2



**Gráfico 1.**

Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para las variables cuantitativas y cualitativas en 45 accesiones de fréjol (*Phaseolus vulgaris*. L)

### Referencias

- Arias, J., Rengifo, T., y Jaramillo, M. (2007). *Manual técnico de buenas prácticas agrícolas en la producción de fréjol voluble*. Medellín, Colombia.
- Basantes, E. (2015). *Manejos De Cultivos Andinos Del Ecuador. Sangolquí, Ecuador*. Comisión editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bascur, G.B. y Tay, J.U. (2005). *Colecta, caracterización y utilización de la variabilidad genética en germoplasma chileno de poroto (Phaseolus vulgaris L.)*. Agric. Téc. (Chile) 5:135-146.



- Bieto A, J; Talon, M. (2014). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, España, McGraw- Hill Interamericana. 522 p.
- Bitocchi E, L Nanni, E Bellucci, M Rossi, A Giardini, P Spagnoletti Zeuli, G Logozzo, J Stougaard, P McClean, G Attene, R Papa (2011). *Mesoamerican origin of the common bean (Phaseolus vulgaris L.) is revealed by sequence data*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 109: E788-E796.
- Campton, L. (2001). *La investigación en sistemas de producción con sorgo en Honduras. Aspectos agronómicos*. INISOKM, CIMMYT, México, D. F. 37 p
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (CENTA). (2008). *Guía Técnica para el Manejo de Variedades de Frijol*. El Salvador.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, (1984). *La antracnosis del frijol y su control; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Auditorial sobre el mismo tema*. Contenido Científico: Howard F. Schwartz, Fernando Correa y Marcial Pastor Corrales; Producción: Hector Favio Ospina y Carlos A. Flor. Cali, Colombia. CIAT. 24p. (Serie 04SB-06.08).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1993). *Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo*. Cali-Colombia.
- Doria, J. (2010). *Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento*. Cultivos Tropicales, 31(1), 10-15
- Falconí, E. (2005). *Identification of drought resistance in large seeded common bean genotypes* (Tesis de Maestría). Universidad Estatal de Michigan. Lansing, EE. UU.
- Galdames, R. y Peñaloza, E. (s/f). Mancha café y antracnosis. Tierra adentro. Chile.
- Garcés-Fiallos, F. (2011). *Ocurrencia e intensidad de enfermedades foliares y radicales de fréjol en el Trópico húmedo ecuatoriano*. In: VIII Simposio Internacional de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe, 2011, Quito. Quito: INIAP, Publicación Miscelánea. 3 p
- Gower, J. (1967). *A comparison of some methods of cluster analysis: Biometrics*. 23:623-627
- Gutiérrez, R., González, A., Torres, F., y Gallardo, J.A. (1994). *Técnicas de análisis de datos multivariable. Tratamiento computacional*. Universidad de Granada.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). *Banco de Información Estadística del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2006). *Informe anual 2005. Programa nacional de leguminosas y granos andinos*. Estación Experimental Santa Catalina. pp. 53, 56.
- Instituto de Investigaciones de Granos. (2013). *Guía técnica para el cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. La Habana: Editora Política.
- Lépiz, I., López, J., Sánchez, G., Santacruz, F., Nuño, R., Ricardo, R., y Guzmán, E. (2010). *Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador*. Fitotecnia Mexicana, 33 (1), 21-28.

- Ligarreto, A. (2001). *Variabilidad genética en germoplasma de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) determinada por características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y moleculares*. Tesis doctoral, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p
- Mancia, J. E. (2005). *Informe parcial. Colección de insectos de frijol*. Santa Tecla. DGIEa-MAG. El Salvador, C. A. 38p.
- Martínez, G. (2008). *Tecnología para la producción de fréjol en el norte centro de México*. Libro técnico No. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. INIFAP, CONACYT, SAGARPA y FUNDACIÓN PRUDUCE. 206 p.
- Parsons, D. (1991). *Frijol y Chicharo. Manual para la educación agropecuaria. Producción vegetal No. 12*. Trillas. México D. F., México. 16, 18 pp
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Monar, C., Pinzón, J., y Rivera, M. (2010). *Manual Agrícola de fréjol y otras leguminosas. Cultivos, variedades y costos de producción*. Miscelánea No. 135 (Segunda impresión actualizada). Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador.
- Pérez, F y Pita, M. (2016). *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de las semillas*. Hojas divulgativas No 2112 Hd. Departamento de biología vegetal. Universidad Politecnica de Madrid.
- Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-SINAGAP (2014). *Fréjol Tierno y Seco*. Boletín Situacional, 1-5.
- Treminio, B., y Maltez, L. (2005). *Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (Phaseolus vulgaris L.) en la Estación Experimental La Compañía, Carazo 2004-2005*. Tesis de diploma, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua
- Urbina, M. (2011). *Enfermedades del cultivo de fréjol*. Estelí, Nicaragua.
- Vázquez, K., Lépiz, I., Lopez, J., y Rivera, M., (2015). *Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (Phaseolus)*. Revista Fitotecnia Mexicana 38 (1):17-28
- Velásquez, J., y Giraldo, P. (2005). *Posibilidades competitivas de productos prioritarias de Antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales*. Gobernación de Antioquia, Departamento de Planificación- Secretaría de Productividad y Competitividad. Informe, 92 p.
- Voysset, V. O. (2000). *Mejoramiento genético de frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Ward, J. (1963). *Hierarchical grouping to optimize an objective function*. J Am Statist Assoc 58:236–244
- Walma, NR., Martins, LS., Ferras, MG., y Oliveira, FJ. (2007). *Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (Phaseolus lunatus L.)*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 11 (1):37-45

# CAPÍTULO 5

*Eficiencia del uso del agua en una rotación avena (Avena sativa) – trigo (Triticum aestivum) en un suelo alfisol degradado*

**Ingrid Martínez  
Nidia Brunel  
Oscar Seguel  
Carlos Ovalle  
Edmundo Acevedo**

## Eficiencia del uso del agua en una rotación avena (*Avena sativa*) – trigo (*Triticum aestivum*) en un suelo Alfisol degradado

**Ingrid Martínez**

Universidad Técnica del Norte

Ibarra - Ecuador

immartinez@utn.edu.ec

**Nidia Brunel**

Universidad de Chile

nidiabrunel@gmail.com

**Oscar Seguel**

Universidad de Chile

oseguel@uchile.cl

**Carlos Ovalle**

Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA, Chile

covalle@inia.cl

**Edmundo Acevedo**

Universidad de Chile

eacevedo@uchile.cl

### Resumen

En Chile, el secano interior se caracteriza por suelos altamente degradados y compactados. La precipitación media anual es de 695 mm, 80% concentrados en invierno. Las prácticas de manejo agronómicas se dirigen principalmente a mejorar la disponibilidad de agua en el suelo y al uso eficiente de agua por el cultivo. Durante tres temporadas fueron comparados: labranza convencional (Ct), cero labranza (Nt) y cero labranza con subsolado (Nt+Sb). Las parcelas experimentales de 1000 m<sup>2</sup> (50 m x 20 m) fueron establecidas en una pendiente de 12,5% en una rotación avena-trigo-avena. Se evaluó: (i) la eficiencia del uso del agua (WUE), (ii) el contenido de agua en el suelo (SWC), y (iii) el rendimiento en grano. La eficiencia del uso del agua fue mayor en Nt+Sb en el año más seco. En las tres temporadas, Nt demostró un mayor contenido de agua entre los 0-100 cm de profundidad, superior Ct y Nt+Sb. Aunque, el SWC fue mayor en Nt, la alta compactación del suelo afectó el rendimiento en grano. Nt+Sb redujo la compactación y tuvo un incremento significativo en el rendimiento en grano, superior a Ct en el año más seco. Se puede concluir que Nt+Sb es una efectiva técnica conservacionista en suelos degradados.

**Palabras claves:** Agua en el suelo, Cero labranza, Compactación, Rendimiento, Subsolado

### Abstract

Chilean dryland areas of the Mediterranean climate region are characterized by highly degraded and compacted soils. This region is with a mean annual precipitation of 695 mm, 80% concentrated in winter. In this environment, agronomic management practices are mainly aimed at improving the availability of water in the soil and to create the best conditions for the effective use of water by the crop. During three seasons, different agricultural systems were compared: Conventional tillage (Ct), No tillage (Nt) and No tillage with subsoiling (Nt+Sb). Experimental plots were 1000 m<sup>2</sup> (50 m x 20 m) on a hillside of 12.5 % slope. Were evaluated: (i) water use efficiency (WUE), (ii) soil water content (SWC) and (iii) grain yield in an oat-wheat-oat crop rotation in a degraded Alfisol. WUE was higher in Nt+Sb in the driest year. During

the three seasons, Nt showed higher SWC between 0-100 cm depths with respect to Ct and Nt+Sb. Although, the SWC was higher in Nt, the high compaction reduced the grain yield. Nt+Sb reduced soil compaction and significantly increased the grain yield. It was concluded that Nt+Sb is an effective conservation technique in degraded soils.

**Keywords:** Soil water content, No tillage, Soil compaction, Grain yield, Subsoiling

## Introducción

En regiones de clima Mediterráneo donde el agua es una limitante para la agricultura, la necesidad de usar eficientemente el agua disponible es clave para la productividad agrícola. En zonas de secano con clima mediterráneo, la precipitación se concentra en los meses de invierno, teniendo el resto del año una sequía prolongada, lo que controla las variables del balance hídrico del suelo. Parte del agua caída no es almacenada en el perfil de suelo y se pierde fuera de la zona de enraizamiento. En estas zonas, la eficiencia de uso del agua (WUE) se relaciona estrechamente a la efectividad del uso de las precipitaciones, por ser la única fuente de agua.

El estado de severa degradación de los suelos del secano interior en Chile hace que disminuya su capacidad de almacenamiento de agua (CIREN, 2006). Además, la baja capacidad de infiltración y retención de agua que tienen los suelos en la zona aumentan los componentes de pérdida en el balance hídrico por escorrentía y evaporación desde la superficie del suelo. Una forma de mejorar el balance hídrico de los suelos es a través de la labranza de conservación, que mantiene más agua dentro del perfil de suelo en comparación a sistemas convencionales (Acevedo y Silva, 2003).

En este estudio se plantean las hipótesis que en zonas de secano los sistemas de labranza de conservación tienen un efecto positivo en el balance hídrico del suelo, reduciendo las pérdidas de agua y aumentando el uso de ésta por parte de un cultivo de trigo, y segundo, que los sistemas de conservación mejoran el uso efectivo del agua, resultando en una mayor la eficiencia del uso del agua y mayor rendimiento frente a la labranza convencional. Los objetivos de este estudio fueron determinar el impacto de sistemas de labranza contrastantes: labranza convencional (Ct), cero labranza (Nt) y cero labranza con subsolado (Nt+Sb), en relación a: (i) la eficiencia del uso del agua (WUE), (ii) el contenido de agua en el suelo (SWC), y (iii) el rendimiento en grano de una rotación de avena-trigo.

## Importancia del problema

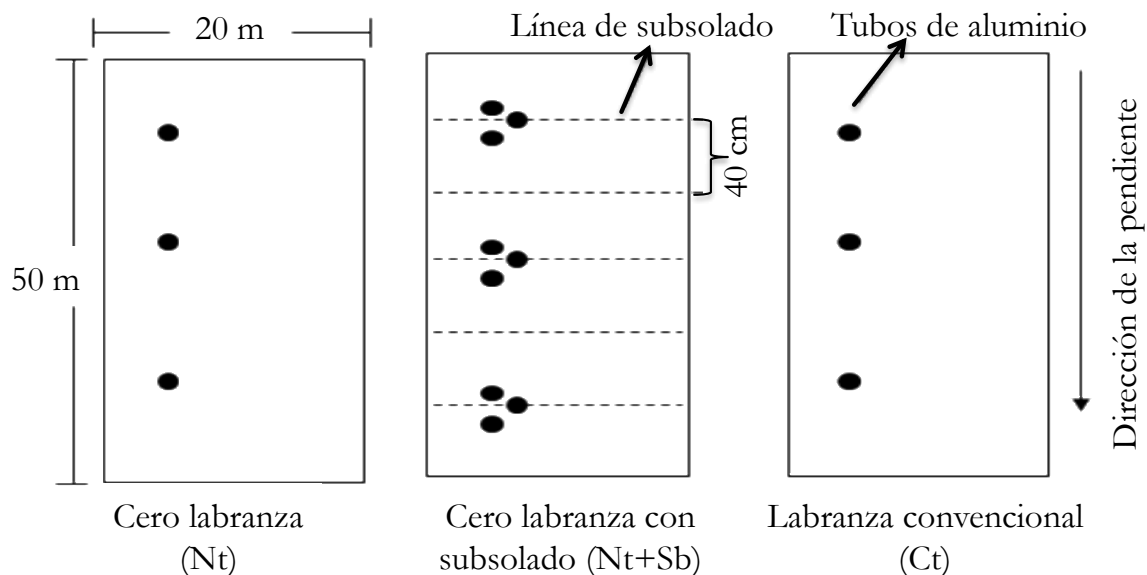
En Chile los estudios de erosión han evaluado principalmente el escurrimiento superficial, pérdida de sedimentos y nutrientes en sistemas de labranza convencional comparados a la cero labranza. Sin embargo, estas evaluaciones no consideran prácticas adicionales con el fin de resolver los problemas de compactación que presentan estos suelos. Varios estudios en condiciones similares han reportado el efecto de la cero labranza en combinación con el subsolado para mejorar incrementar la infiltración del agua en el suelo y reducir el escurrimiento superficial (Martínez *et al.*, 2011; Jin *et al.*, 2007), lo que permitiría además mejorar el rendimiento de los cultivos.

## Metodología

La investigación se realizó en el Centro Experimental de INIA Cauquenes (35° 97'S, 72° 24'W, 140 m). El sitio se caracteriza por tener un clima mediterráneo subhúmedo con una precipitación promedio anual de 690 mm y temperatura media anual de 14,7 °C que fluctúa entre una máxima promedio en enero de 27 °C y una mínima promedio en julio de 4,7 °C. El ensayo fue establecido en un Alfisol compactado que excede los 1500 kPa a los 12,5 cm de profundidad y que presenta bajos niveles de fertilidad, común de la zona de estudio (Martínez *et al.*, 2011). Los sistemas de labranza evaluados fueron: i) labranza convencional (Ct); ii) cero labranza (Nt); y iii) cero labranza con subsolado (Nt+Sb), el subsolado fue

realizado el primer año de establecido el ensayo, a 50 cm de profundidad, cada 40 cm en forma perpendicular a la pendiente. Las parcelas experimentales fueron de 50 m x 20 m (1000 m<sup>2</sup>) con una pendiente de 12,5% (Fig. 1). Las parcelas fueron sembradas con una rotación de cultivo avena-trigo-avena. La dosis de semilla para Avena (*Avena sativa* cv. Supernova-INIA) fue de 140 kg ha<sup>-1</sup> y para Trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Pandora-INIA) de 200 kg ha<sup>-1</sup>. La fertilización consistió en 140, 100 y 80 unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente para avena y en 250, 150 y 80 unidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente para trigo.

La eficiencia del uso del agua se calculó como el cociente entre el rendimiento en grano y la evapotranspiración para el período total de desarrollo del cultivo, entre siembra y cosecha. El contenido de agua del suelo se midió en tubos ubicados entre los 0 y 100 cm de profundidad cada 7 a 15 días. Se utilizó una sonda de neutrones (model 4300 Troxler, USA), para ello se instalaron tubos de acceso de aluminio de 5 cm de diámetro. En los sistemas de labranza convencional (Ct) y cero labranza (Nt) se instalaron 3 tubos por unidad experimental, mientras que en cero labranza con subsolado (Nt+Sb) se usaron 9 tubos, con la finalidad de cubrir la línea del subsolado (Gráfico 1). El rendimiento en grano del cultivo se midió en una superficie de 1 m<sup>2</sup>, con cuatro submuestras para cada tratamiento.

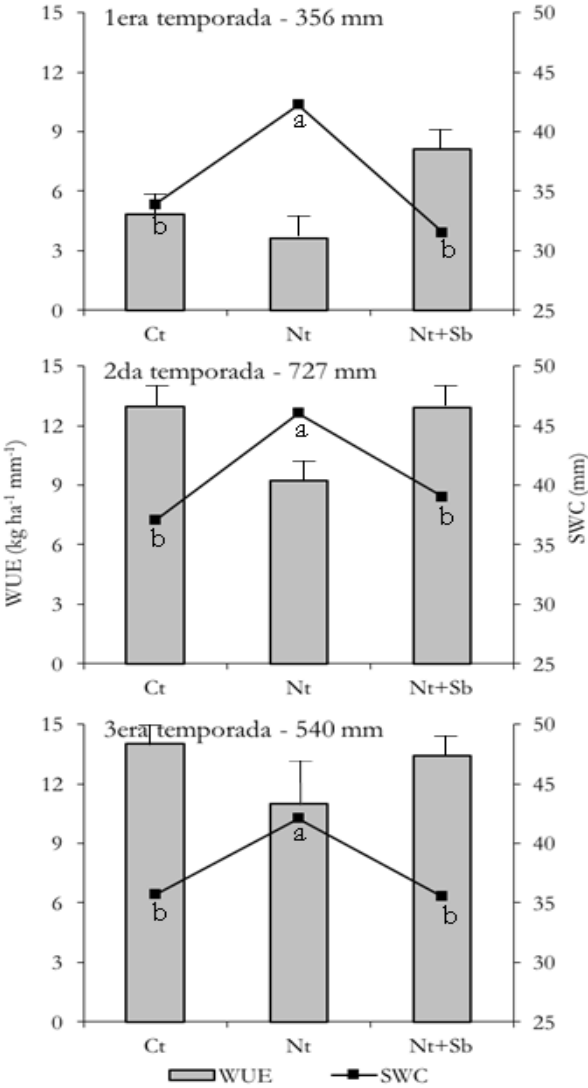


**Gráfico 1.**  
Ensayo experimental.

## Resultados

El Gráfico 2 presenta la relación entre la eficiencia del uso del agua y el contenido de agua en el suelo para los sistemas de labranza en los tres años de estudio. Los resultados demostraron la influencia de la precipitación anual sobre la la eficiencia del uso del agua, con diferencias significativas entre los sistemas de labranza. En el 1er año de estudio con una precipitación anual de 356 mm, los resultados registraron una baja eficiencia en el uso del agua. Durante esta temporada, Nt+Sb fue superior en un 40 y 55% a Ct y Nt, respectivamente. En cambio, en el 2do año con una precipitación anual de 727 mm, la eficiencia del uso del agua en Nt+Sb y Ct fue superior en un 29% a Nt. En el 3er año, con una precipitación anual de 540 mm, no se registraron diferencias de efecto significativo en los sistemas de labranza, debido a que las precipitaciones se concentraron en el período fenológico del cultivo de elongación del tallo. En relación al contenido de agua en el suelo, los resultados indicaron que, durante los tres años de estudio, el sistema de labranza Nt incrementó significativamente el contenido de agua en el suelo en comparación a los otros sistemas de labranza.

El Gráfico 3 muestra que los resultados sobre el rendimiento del cultivo indicaron que en el primer año de estudio, que se caracterizó por un año de escasas precipitaciones (356 mm), la avena tuvo un rendimiento promedio para los tres sistemas de labranza cercano a 1,6 Mg ha<sup>-1</sup>; solo en cero labranza con subsolado (Nt+Sb) se obtuvo un valor superior a este promedio, 2,22 Mg ha<sup>-1</sup>, con diferencias de efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) frente a Ct y Nt, los cuales alcanzaron rendimientos de 1,42 y 1,06 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que, al tercer año, también con el cultivo de avena las precipitaciones fueron mayores (540 mm), esto produjo un notorio aumento en el rendimiento promedio para los tres sistemas de labranza, con un valor de 3,6 Mg ha<sup>-1</sup>, sin diferencias significativas entre los tratamientos. El segundo año de estudio, fue el más húmedo (727 mm) con el cultivo de trigo, el rendimiento fue de 4,3 y 4,7 Mg ha<sup>-1</sup> para Nt+Sb y Ct, respectivamente; ambos sistemas fueron significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) a Nt, el cual tuvo un rendimiento de 2,9 Mg ha<sup>-1</sup>.

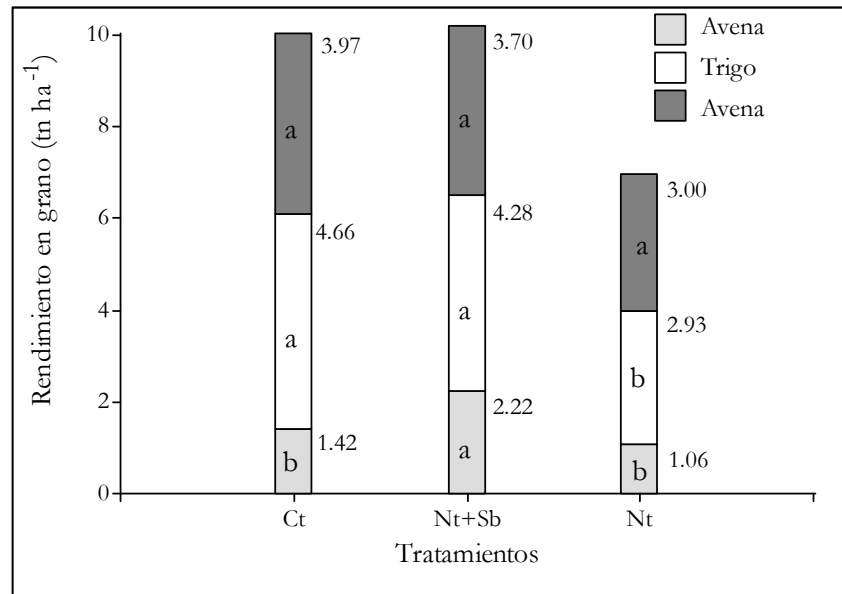


**Gráfico 2.**

Relación entre la WUE (eficiencia del uso del agua) y SWC (el contenido de agua en el suelo) durante las tres temporadas de estudio.

Ct: labranza convencional; Nt: cero labranza; Nt+Sb: cero labranza con subsolado. 1era temporada: avena; 2da temporada: trigo; 3era temporada: avena. Barra de errores indican  $\pm$  5 error estándar para

WUE. Valores con la misma letra indican significancia de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para SWC.



**Gráfico 3.**

Rendimiento en grano de avena trigo durante las tres temporadas.

Valores con la misma letra indican significancia de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Discusión

Como se esperaba, las precipitaciones afectaron la eficiencia del uso del agua, el contenido de agua en el suelo y el rendimiento del cultivo en las tres temporadas de estudio. Nt mostró un mayor contenido de agua en el suelo en el perfil durante todo el periodo. Sin embargo, la alta compactación del suelo afectó el rendimiento en este sistema de labranza. En el año de menor precipitaciones -50% inferior a la media anual-, el único sistema que logró alcanzar un rendimiento más alto fue Nt+Sb. Al finalizar los tres años de estudio, Nt+Sb tuvo un rendimiento superior en un 30% a Nt. De esta forma, los resultados en el Gráfico 3 demostraron lo importante que es evaluar los sistemas de labranza en el largo plazo, especialmente en áreas de secano, donde las precipitaciones son el único abastecimiento de agua para los cultivos. Aunque la eficiencia del uso del agua presentó valores entre 3,6 y 14  $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$  son bajos comparados a los valores estimados por French y Schultz (1984), en los que reporta 20  $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ , sin embargo, están en los rangos informados por autores para condiciones climáticas similares como Australia, los que han reportado valores entre 4,8 y 12,7  $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ .

### Conclusión

Los sistemas de labranza tuvieron un impacto en la eficiencia del uso del agua del cultivo. Sin embargo, estos resultados estuvieron estrechamente relacionados a la precipitación anual en la zona en estudio. En un año de bajas precipitaciones para el sitio de estudio, el cultivo bajo cero labranza con subsolado mejoró la eficiencia del uso del agua del cultivo, lo que se tradujo en rendimientos significativamente superiores a la labranza convencional y la cero labranza. Estos resultados indican que la cero labranza con subsolado redujo la compactación del suelo lo que permitió incrementar el rendimiento de los cultivos en suelos severamente compactados.



## Referencias

- CIREN. (2006). *Zonificación de erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de las Regiones VI y VII*. Informa Técnico de Resultados. Santiago, Chile, 67 p.
- Acevedo, E., Silva, P. 2003. *Agronomía de la cero labranza*. Universidad de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N°10. Santiago, Chile 132 p.
- French, R., Schultz. J. (1984). Water use efficiency of wheat in a mediterranean-type environment. I the relation between yield, water use and climate. *Australian Journal of Agricultural Research* (35), 743-764.
- Hatfield, J., Sauer, T. Prueger. T. (2001). Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agronomy Journal* (93), 271-280.
- Jin, H., Hongwen, L., Xiaoyan, W., McHugh, A., Wenying, L., Huanwen, G., Kuhn, N. (2007). The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern china. *Soil and Tillage Research* 94(2), 493-502.
- Martínez, I., Ovalle, C., Del pozo, A., Uribe, H., Valderrama, N., Prat, C., Sandoval, M., Fernández, F., Zagal, E. (2011). Influence of conservation tillage and soil water content on crop yield in dryland compacted alfisol of central chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(4), 615-122.
- Uribe, H., Arumí, J., González, J., Salgado, L. (2003). Balances hidrológicos para estimar recarga de acuíferos en el secano interior, chile. *Ingeniería Hidráulica en México* 18(3), 17-28.
- Cantero-Martínez, C., Angás, P., Lampurlan J. (2007). Long-term yield and water use efficiency under various tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Annals of Applied Biology* 150(3), 293-305.
- Zhang, X., Chen, S., Sun, H., Pei D. Wang. Y. (2008). Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat. *Irrigation Science* 27(1), 1-10.

# CAPÍTULO 6

*Caracterización morfológica, agronómica y evaluación de la tolerancia a la antracnosis de un grupo de accesiones de chocho (Lupinus hybridus y Lupinus mutabilis)*

**Miguel Gómez-Cabezas**

# Caracterización morfológica, agronómica y evaluación de la tolerancia a la antracnosis de un grupo de accesiones de chocho (*Lupinus hybridus* y *Lupinus mutabilis*)

Miguel Gómez-Cabezas  
Universidad Técnica del Norte

## Resumen

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa de importancia en países andinos, por su alto contenido de proteína. Sin embargo, la producción de chocho en el Ecuador ha sido afectada principalmente por el ataque de antracnosis (*Colletotrichum* spp). Por esta razón, es necesario estudiar genotipos con características morfológicas y agronómicas deseables con menor susceptibilidad al ataque de antracnosis. Esta investigación tuvo por objeto evaluar características morfológicas y agronómicas, así como determinar el grado de tolerancia a la antracnosis de varias accesiones de origen extranjero de la colección de *Lupinus* spp. del Banco Nacional de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Ecuador. Por medio de un análisis de conglomerados, 20 accesiones se agruparon en 3 grupos. El grupo 1, constituido por las accesiones ECU-5927(1), ECU-5929, ECU-5925(25), INIAP 450, ECU-2698(P8) y ECU-740, presentó mayor peso de 100 semillas, mayor número de vainas, mejor rendimiento y mayor altura a la primera vaina madura. De acuerdo al análisis de tolerancia a la antracnosis, las accesiones que presentaron mejor tolerancia, respecto a la accesión INIAP 450 (control), fueron las accesiones: ECU-740, ECU-5910-1 y ECU-5925(25), por lo que pueden considerarse como accesiones potencialmente tolerantes a la antracnosis.

## Abstract

Lupine (*Lupinus mutabilis*) is a legume of importance in Andean countries, due to its high protein content. However, the production of lupine in Ecuador has been affected mainly by the attack of anthracnose (*Colletotrichum* spp.). For this reason, it is necessary to study genotypes with desirable morphological and agronomic characteristics with less susceptibility to anthracnose attack. The purpose of this research was to evaluate morphological and agronomic characteristics, as well as to determine the degree of tolerance to anthracnose of several foreign accessions of *Lupinus* spp. from the National Institute of Agricultural Research's (INIAP) National Germplasm Bank - Ecuador. A cluster analysis grouped 20 accessions into 3 groups. Group 1, constituted by the accessions ECU-5927 (1), ECU-5929, ECU-5925 (25), INIAP 450, ECU-2698 (P8) and ECU-740, showed greater weight of 100 seeds, greater number of pods, better yield and greater height to the first mature pod. According to the analysis of tolerance to anthracnose, the accessions that showed better tolerance, with respect to the accession INIAP 450 (control), were the accessions: ECU-740, ECU-5910-1 and ECU-5925 (25). In this way, these accessions are potentially tolerant to anthracnose.

## Introducción

Los cultivos andinos como el chocho (*Lupinus mutabilis*) tienen una gran importancia nutricional, ecológica y económica en países atravesados por la cordillera de los Andes (Peralta et al. 2006). El chocho (*Lupinus mutabilis*), posee características excepcionalmente nutritivas. Los contenidos de proteínas y aceites de sus semillas pueden variar entre 41 a 51% y 14 a 24%, respectivamente (Jacobsen y Mujica 2006). Adicionalmente, el chocho fija nitrógeno y constituye un abono verde excelente, siendo capaz de incorporar 400 kg de nitrógeno por hectárea (Jacobsen y Sherwood 2002), colaborando así con la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados, mismos que consumen gran cantidad de recursos no renovables en su elaboración. A su vez, el Ministerio de Agricultura, Acuicultura, Ganadería y Pesca del

Ecuador (MAGAP) señala que la demanda insatisfecha de esta leguminosa es de 6397 T, lo cual podría representar una alternativa económica para los agricultores (MAGAP 2014).

La producción de chocho en el Ecuador ha decrecido en los últimos años. En 1997 el rendimiento promedio del cultivo fue de 317.39 kg.ha<sup>-1</sup> (Caicedo y Peralta 2000). De acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario, en el Ecuador se cultivaron 4217 ha de chocho como monocultivo y 1757 ha de chocho como cultivo asociado, de las cuales 2861 ha y 1061 ha fueron cosechadas dando una producción de 717 Tn y 72 Tn, respectivamente (INEC, MAG, SICA 2002). Se puede concluir de acuerdo a los anteriores datos que las pérdidas de producción son del 32% en monocultivos de chocho y del 40 % en chocho como cultivo asociado. De igual forma, se puede apreciar una disminución del rendimiento de 317.39 kg.ha<sup>-1</sup> a 250.51 kg.ha<sup>-1</sup> si se contrastan los años 1997 y 2002. Estos bajos rendimientos se deben entre otros factores al ataque de plagas y escasa semilla de calidad (Caicedo y Peralta 2000). Según los productores, las principales enfermedades que atacan al cultivo de chocho son: antracnosis, mancha anular, roya y pudriciones radiculares (Caicedo y Peralta 2000). Dentro de estas, la antracnosis es una enfermedad muy seria a nivel mundial que causa pérdidas de hasta el 100% (Talhinhas et al. 2002; Thomas y Sweetingham 2004; Berger y Lotter 2005).

Durante los últimos 20 años el mejoramiento vegetal enfocado a rendimiento y tolerancia sobre algunas especies cultivadas de chocho (especialmente *L. albus*, *L. luteus*, *L. angustifolius* y *L. mutabilis*) ha incrementado el número de variedades “dulces” o libres de alcaloides (Junovich 2003). La presente investigación tiene como fin evaluar características morfológicas y agronómicas; así como, determinar el grado de tolerancia a la antracnosis de varias accesiones de origen extranjero de la colección de *Lupinus* spp. provenientes del banco de germoplasma del DENAREF (Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos, INIAP). Dentro de este grupo de accesiones se espera encontrar material genético con características morfológicas y agronómicas; y, tolerancia a la antracnosis similares o superiores a las que presenta la variedad INIAP 450, que es la variedad más conocida comercialmente en el mercado ecuatoriano.

### **Importancia del Problema**

Los bancos de germoplasma proporcionan la materia prima para el mejoramiento de los cultivos (Rao et al. 2007). En la actualidad, el banco de germoplasma del DENAREF, cuenta con 529 entradas de lupinos, de las cuales 257 fueron recolectadas en el país y un total de 272 provienen de diferentes países (Rivera et al. 1998). Velásquez (1993) realizó la evaluación agronómica y morfológica de varias de estas accesiones; sin embargo, muchas de estas han sido incluidas en procesos de selección y autofecundación para obtener germoplasma genéticamente puro. Hoy en día, es necesario contar con un registro que indique las características y el comportamiento en campo de este germoplasma, así como su grado de tolerancia a la antracnosis. Este contexto corrobora la gran utilidad que tienen los descriptores morfológicos y agronómicos para la caracterización y evaluación de recursos genéticos (Demey et al 2003 citados por Cárdenas 2007). Ellos permiten estimar la variabilidad existente en una colección, la representatividad de la colección y su relación con la variabilidad de la especie, identificar grupos genéticos, el porcentaje de duplicidad, así como identificar genotipos particulares con resistencia a estrés biótico, abiótico (Hidalgo 2003, Ligarreto 2003 citados por Cárdenas 2007).

### **Metodología**

La investigación fue realizada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Aláquez, en las instalaciones del Instituto Tecnológico Agropecuario Simón Rodríguez (0° 52' 01" S, 78° 37' 07" W, 2859 m.s.n.m).

El germoplasma estudiado (Tabla 1) fue provisto por el INIAP-DENAREF; y son producto de un reciente refrescamiento, selección y autofecundación, a excepción de la línea promisorio INIAP 450. La

línea promisoría INIAP 450 fue considerada como control por presentar buenas características morfológicas y agronómicas; y, por ser la más conocida en el mercado.

**Tabla 1.**

*Accesiones en estudio incluyendo especie y lugar de origen*

Identificación original de las accesiones	Especie	Lugar de origen
ECU-740 <sup>b</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Perú, Cusco, Granja Kaira, 3400 m.s.n.m
ECU-2698 (P8) <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bolivia, UNTA
ECU-5910 <sup>b</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5910 – 1 <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5910 – 2 <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5910 (4) <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5910 (6) <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5910 (8) <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5912 <sup>b</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5923 (3) <sup>a</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5925 <sup>b</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5925 (25) <sup>a</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5927 (1) <sup>a</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5929 <sup>b</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5932 (PF) <sup>a</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5932 (PiF) <sup>a</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5934 (7) <sup>a</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5935 <sup>b</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
ECU-5935 (4) <sup>a</sup>	<i>L. hybridus</i>	Bielorussia, Bielorussian Agricultural Academic
INIAP 450 <sup>b</sup>	<i>L. mutabilis</i>	Perú

<sup>a</sup> Autofecundaciones realizadas en selecciones de poblaciones originales para tender hacia la homocigosis.

<sup>b</sup> Poblaciones originales.

Las distancias de siembra para las accesiones fueron de 0.8 m entre surcos y 0.25 m entre sitios. Se sembraron 3 semillas por sitio en un surco de 3.60 m para cada accesión. El área total de la parcela experimental fue de 57.6 m<sup>2</sup>. Las variables consideradas para la caracterización morfológica y agronómica están acordes con los descriptores (Tabla 2) de *Lupinus* spp. publicados por el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF 1981).

**Tabla 2.***Descriptores utilizados en la caracterización morfológica y agronómica de Lupinus spp*

<b>Variables</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>Unidad</b>
Longitud de cotiledones	LCo	mm
Espesor de tallo	ET	mm
Longitud de inflorescencia principal	LIP	mm
Longitud de las flores	LF	mm
Altura de la primera vaina <sup>b</sup>	APriV	cm
Altura de planta	AP	mm
Longitud de semilla	LS	mm
Anchura de semilla	AS	mm
N° de vainas por planta	NV	número
Peso de 100 semillas	P100S	g
Rendimiento por planta	R/P	g
Días hasta la primera floración	DPriFl	días
Días hasta la primera vaina madura	DPriVM	días
Días hasta la maduración total	DMT	días
Longitud de vainas	LV	mm
Anchura de la vaina	AV	mm
Formación del tallo	ForT	-
Pubescencia del tallo	PubT	-
Cerosidad del tallo	CerT	-
Ramificación	Ra	-
Pubescencia del haz en los folíolos	PubHaz	-
Pubescencia del envés en los folíolos	PubEn	-
Color de Cotiledones	CCo	-
Color del Hipocotilo	Chip	-
Color de tallo	CT	-
Color de hoja	CH	-
Color botón floral	CBFlo	-
Color de pedúnculo floral	CPFlo	-
Color de alas de flores recién abiertas	CAIA	-
Color en la quilla de las flores recién abiertas	CQA	-
Color de la banda marginal en el estandarte de las flores recién abiertas.	CBMarA	-
Color de las manchas centrales en el estandarte de las flores recién abiertas.	CManCeA	-
Color de la región intermedia en el estandarte de las flores recién abiertas	CRInA	-
Color de las alas de las flores poco antes de marchitarse	CAIM	-
Color de quilla de las flores poco antes de marchitarse	CQM	-
Color de la banda marginal en el estandarte de las flores poco antes de marchitarse	CBMarM	-
Color en las manchas centrales del estandarte de las flores poco antes de marchitarse	CManCeM	-
Color de la región intermedia en el estandarte de las flores poco antes de marchitarse	CRInM	-
Forma de Semilla	FS	-
Lustre de la Semilla	LuS	-
Color predominante de Semilla	CPrS	-
Color Secundario de la Semilla	CSeS	-
Distribución del Color Secundario de la Semilla	DCSeS	-

Una vez obtenidos los datos de caracterización se determinó que las variables con coeficientes inferiores a 29% no inciden en la conformación de grupos, por lo que fueron desechadas. Se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de Pearson, de esta manera se identificó aquellas variables correlacionadas en más del 95%. De cada par de variables altamente correlacionadas se eliminó la de menor importancia para el programa de mejoramiento genético del chocho. En este proceso selectivo se logró que las variables restantes actúen de manera independiente en un siguiente análisis. Posteriormente se efectuó un análisis de conglomerados para agrupar jerárquicamente las accesiones y representarlas en un

dendograma en base al coeficiente de Ward. Adicionalmente se realizó un análisis de componentes principales para explicar la variabilidad entre grupos. Las agrupaciones y especies fueron comparadas en base a las variables cuantitativas incluidas en el análisis de conglomerados mediante un análisis de varianza seguido de una prueba Duncan (5%) para comparación de medias. Estos últimos análisis fueron también fueron aplicados para conocer si existían diferencias significativas entre especies. El análisis de datos se realizó en el programa estadístico InfoStat versión 2009. Se realizó cuadros de frecuencias y porcentajes para comparar grupos y especies en base a las características cualitativas incluidas en el análisis de agrupamiento.

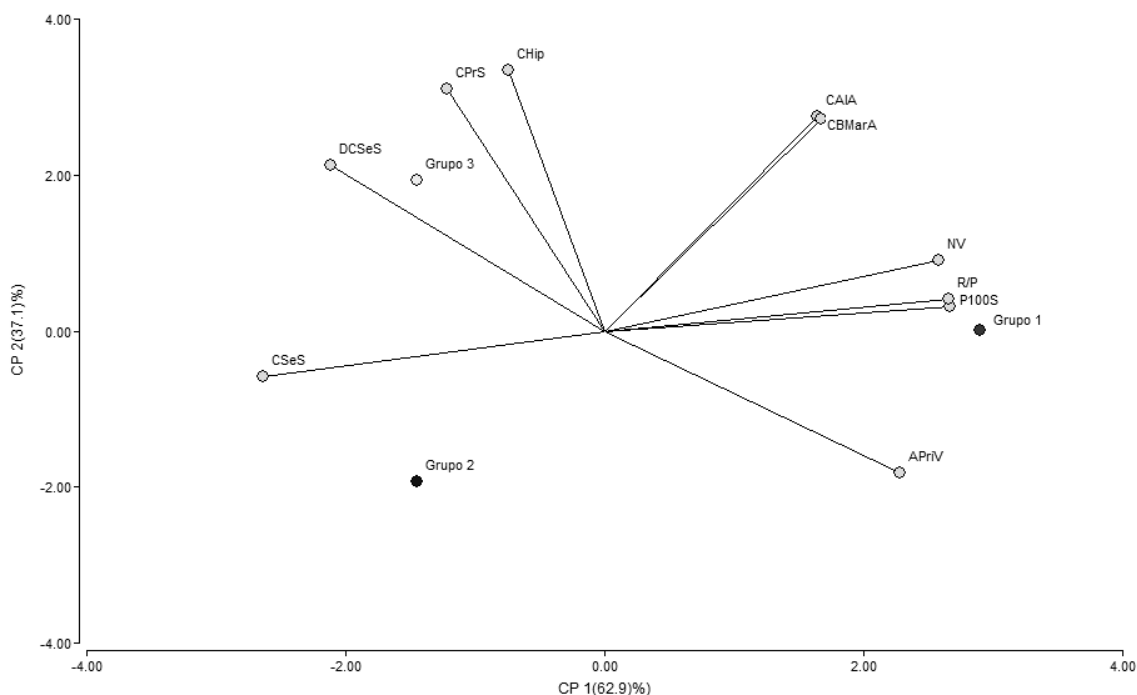
Para evaluar la tolerancia al ataque de antracnosis, se realizaron cinco evaluaciones de severidad en intervalos de 15 días a partir de la inoculación de la enfermedad. Con los datos obtenidos se calculó el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE). Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza para determinar si hay diferencias entre las ABCPE'S. Se hizo una prueba de comparación de medias (Duncan 5%) para identificar las accesiones más tolerantes. El análisis de datos se realizó en el programa estadístico InfoStat versión 2009.

### **Resultados**

El análisis de conglomerados agrupó a las 20 accesiones en 3 grupos. El grupo 1 con las accesiones ECU-5927(1), ECU-5929, ECU-5925(25), INIAP 450, ECU-2698(P8) y ECU-740; el grupo 2 con las accesiones ECU-5935(4), ECU-5934(7), ECU-5932(PiF), ECU-5912, ECU-5925, ECU-5910(4), ECU-5910-1y ECU-5910; y, el grupo 3 con las accesiones ECU-5923(3), ECU-5910(6), ECU-5932(PF), ECU-5910(8), ECU-5935 y ECU-5910-2.

El análisis de componentes principales (Figura 1) determinó que los dos ejes explican el 100% de la variabilidad entre las agrupaciones del análisis de conglomerados. El eje 1 explica el 63% de la variabilidad entre las agrupaciones con las variables: peso de 100 semillas (0.40), rendimiento por planta (0.40), color secundario de semilla (-0.39) y número de vainas por planta (0.38). El eje 2 explica el 37% de la variabilidad restante entre las agrupaciones con las variables: color de hipocótilo (0.50) y color predominante de semilla (0.46).

La proyección de los autovectores (coeficientes con que cada variable original fue ponderada para conformar las CP1 y CP2) del análisis de componentes principales (Figura 1) asocia al grupo 1 con el peso de 100 semillas (P100S), altura a la primera vaina (APriv), rendimiento por planta (R/P), color de las alas en las alas de las flores recién abiertas (CAIA), número de vainas por planta (NV) y color de la banda marginal en el estandarte de las flores recién abiertas (CBMarA). Al grupo 3 con la distribución del color secundario de la semilla (DCSeS), color del hipocótilo (CHip) y color predominante de semilla (CPrS). El grupo 2 se asocia con el color secundario de semilla.



**Figura 1.**

Proyección de los autovectores obtenidos en el análisis de componentes principales de 3 grupos de accesiones de *L. mutabilis* y *L. hybridus* considerando 10 variables (CHip, CAIA, CBMarA, CPrS, CSeS, DCSes, APriV, NV, P100S, R/P).

Al realizar la prueba de Duncan (5%), se observó que el grupo 1 presentó un mayor promedio en las variables altura en la inserción de la primera vaina (APriV)  $61.01 \pm 2.97$ , número de vainas por planta (NV)  $80.92 \pm 8.72$ , peso de 100 semillas (P100S)  $16.17 \pm 0.73$  y rendimiento por planta (R/P)  $11.78 \pm 2.47$  con respecto a los grupos 2 y 3. Los grupos 2 y 3 compartieron el mismo rango estadístico para las variables número de vainas por planta, peso de 100 semillas y rendimiento por planta. El grupo 2 presenta mayor altura a la primera vaina que el grupo 3 (Tabla 3).

**Tabla 3.**

*Variables cuantitativas incluidas en el análisis de conglomerados para la diferenciación entre grupos de accesiones de *L. mutabilis* y *L. hybridus*. Promedios ( $\pm$  S.E.).*

	APriV (cm)	NV (#)	P100S (g)	R/P (g)
Grupo 1	$61.01 \pm 2.97$ a	$80.92 \pm 8.72$ a	$16.17 \pm 0.73$ a	$11.78 \pm 2.47$ a
Grupo 2	$51.86 \pm 2.09$ b	$48.72 \pm 3.99$ b	$9.35 \pm 0.40$ b	$3.43 \pm 0.73$ b
Grupo 3	$41.88 \pm 1.63$ c	$57.46 \pm 8.66$ b	$10.04 \pm 0.35$ b	$4.50 \pm 0.94$ b

Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan 5%) entre grupos.

El cuadro de frecuencias y porcentajes (Tabla 4) de las variables cualitativas incluidas en el análisis de agrupamiento mostró que las accesiones que conforman los grupos 1 y 3 presentaron colores de hipocótilo (CHip) verde y violeta. En el grupo 1 el verde fue más frecuente; mientras que en el grupo 3 fue el violeta. Todas las accesiones del grupo 2 presentaron un color de hipocótilo verde.

Los colores de las alas de las flores recién abiertas (CAIA) del grupo 1 fueron: violeta, azul, blanco y rosa; encontrándose dominancia del color violeta. Los grupos 2 y 3 presentaron las coloraciones: violeta, blanco y rosa; sin embargo, en el grupo 3 el color predominante fue el violeta, mientras que el grupo 2 presentó las tres coloraciones en igual proporción.



En la variable color de la banda marginal en el estandarte de las flores recién abiertas (CBMarA), el grupo 1 presentó los matices violeta, azul, blanco y rosa. El color violeta fue predominante (Figura 3). Los grupos 2 y 3 presentaron las coloraciones: violeta, blanco y rosa; sin embargo, en el grupo 2 las tres coloraciones se presentaron en proporciones similares, mientras que el grupo 3 el color predominante fue el violeta.

En la variable color predominante de semilla (CPrS), los grupos 1 y 3 mostraron las tonalidades blanco, marrón y amarillo. El blanco fue más frecuente en el grupo 1, mientras que los colores blanco y marrón en el grupo 3. El grupo 2 presentó la coloración blanca y marrón, siendo el blanco sobresaliente.

**Tabla 4.**

*Cuadro de frecuencias y porcentajes de características cualitativas para diferenciación entre grupos de accesiones de L. mutabilis y L. hybridus.*

Variable	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Escala	%	Escala	%	Escala	%
CHip	Verde	83.33	Verde	100.00	Violeta	66.66
	Violeta	16.66			Verde	33.33
CAIA	Violeta	75.00	Violeta	41.62	Violeta	75.00
	Azul	8.33	Blanco	35.37	Blanco	8.33
	Blanco	0.33	Rosa	22.87	Rosa	16.66
	Rosa	0.33				
CBMarA	Violeta	80.50	Violeta	35.37	Violeta	75.00
	Azul	5.55	Blanco	41.62	Blanco	8.33
	Blanco	8.33	Rosa	22.87	Rosa	16.66
	Rosa	5.55				
CPrS	Blanco	88.83	Blanco	93.75	Blanco	47.16
	Marrón	5.55	Marrón	6.25	Marrón	47.16
	Amarillo	5.55			Amarillo	5.50
CSeS	Ausente	50.00	Ausente	37.50	Ausente	16.66
	Blanco	5.55	Marrón	62.50	Blanco	16.66
	Amarillo	5.55			Marrón	66.66
	Marrón	38.88				
DCSeS	Ausente	44.33	Ausente	27.37	Ausente	13.88
	Media luna	30.50	Media luna	19.12	Media luna	13.88
	Ceja	5.55	Ceja	6.62	Salpicada	13.88
	Salpicada	5.55	Salpicada	27.37	Media luna salpicada	44.44
	Media luna salpicada	13.83	Media luna salpicada	14.87	Lomo salpicada	5.55
			Ceja salpicada	4.12	Media luna con lomo	5.55

*La ausencia de color secundario de semilla (CSeS) y distribución de color secundario de semilla (DCSeS) hace referencia a semillas completamente blancas o marrones. El grupo 1 presentó semillas completamente blancas y semillas de colores secundarios marrón, amarillo y blanco en distribuciones media luna, ceja, salpicada y media luna salpicada. Las semillas completamente blancas fueron más frecuentes. El grupo 2 mostró semillas completamente blancas y semillas de color secundario marrón en distribuciones media luna, ceja, salpicada, media luna salpicada y ceja salpicada. Las semillas de color secundario marrón en distribuciones salpicada, media luna y media luna salpicada fueron más frecuentes. El grupo 3 se*

manifestó con semillas completamente blancas o marrones y semillas con colores secundarios blanco y marrón en distribuciones media luna, salpicada, media luna salpicada, lomo salpicada y media luna con lomo. Las semillas de color secundario marrón en distribución media luna salpicada fueron dominantes.

Se realizó un ADEVA seguido de una prueba de comparación de medias (Duncan al 5 %) de las ABCPE'S para identificar accesiones potencialmente tolerantes (Tabla 5). Las accesiones con menor ABCPE fueron ECU-740, ECU-5910-1 y ECU-5925(25) por no compartir rangos estadísticos con accesiones de mayor ABCPE. Las accesiones ECU-5910-2, ECU-5927(1), ECU-5929, ECU-5923(3) y ECU-5912 presentaron igual ABCPE que la variedad INIAP 450. Las accesiones ECU-5932(PiF), ECU-5910, ECU-5935, ECU-2698(P8), ECU-5935(4) y ECU-5934(7) presentaron mayor ABCPE que la variedad INIAP 450.

**Tabla 5.**

*Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de la antracnosis en 15 genotipos de chocho (L. mutabilis y L. hybridus). Promedios ( $\pm$  S.E.).*

Número de accesión	Tolerancia a la antracnosis	
ECU-740	436.33 $\pm$ 6.17	a
ECU-5910-1	444.50 $\pm$ 10.10	ab
ECU-5925(25)	455.67 $\pm$ 10.17	ab
ECU-5910-2	457.33 $\pm$ 22.98	abc
INIAP 450	462.00 $\pm$ 14	abcd
ECU-5927(1)	462.00 $\pm$ 0	abcd
ECU-5929	462.00 $\pm$ 8.08	abcd
ECU-5923(3)	462.00 $\pm$ 0	abcd
ECU-5912	462.00 $\pm$ 0	abcd
ECU-5932(PiF)	471.33 $\pm$ 4.67	bcde
ECU-5910	483.00 $\pm$ 0	cde
ECU-5935	483.00 $\pm$ 0	cde
ECU-2698(P8)	490.00 $\pm$ 4.04	de
ECU-5935(4)	494.67 $\pm$ 2.33	e
ECU-5934(7)	497.00 $\pm$ 0	e

Letras distintas indican diferencias significativas (Duncan 5%) entre accesiones.

### Discusión

El análisis de conglomerados agrupó a las accesiones de manera indistinta a su especie en 3 agrupaciones. Velásquez (1993), determinó que genotipos de *L. mutabilis* y *L. hybridus* provenientes de Bielorrusia conformaban una sola agrupación. Las variables utilizadas por Velásquez (1993) en el análisis de conglomerados fueron: días a la floración, días a la cosecha, rendimiento por ha, número de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento en gramos por planta, peso de 100 semillas, incidencia y severidad de antracnosis, incidencia y severidad de marchitamiento (*Fusarium* spp.), formación del tallo, altura de la planta, color del botón floral, color de alas de la flor, color de quilla de la flor, pubescencia de la planta, forma de semilla, color predominante y secundario de semilla; y, distribución del color secundario de semilla; coincidiendo solamente con 7 de las 10 variables consideradas en el análisis de agrupamiento del presente estudio. Esto explica la diferencia en el número de agrupaciones conformadas en ambas investigaciones.

Coincidiendo con Velásquez (1993), el análisis de componentes principales mostró que el peso de 100 semillas es una variable importante para la caracterización morfológica y agronómica del género *Lupinus* spp. Esta explicó gran parte de la variabilidad entre las agrupaciones conformadas.

Velásquez (1993) indica que, junto a otras accesiones estudiadas, las accesiones ECU-740 y ECU-2698, provenientes del Perú y Bolivia respectivamente, son materiales de importancia por sus buenas características de rendimiento, peso y color de grano, altura de planta y precocidad. En este estudio, las accesiones ECU-740 y ECU-2698(P8) (selección de ECU-2698) formaron parte del grupo 1. En este grupo se incluye el genotipo INIAP 450, proveniente del Perú, tomado como control por sus buenas características agronómicas. Estas 3 accesiones presentan estas características deseables debido a la presión de selección realizada por técnicos y agricultores a través del tiempo. Estos genotipos son nativos de la región Andina, donde la especie *L. mutabilis* se ha cultivado por 1500 años por culturas preincaicas, como fuente de proteína (National Research Council 1989).

### Conclusiones

De 20 accesiones de *L. mutabilis* y *L. hybridus* se establecieron 3 grupos de acuerdo a sus características morfológicas y agronómicas, lo que manifiesta variabilidad fenotípica en el conjunto de accesiones estudiadas.

El grupo 1, con los genotipos INIAP 450 (control), ECU-2698(P8), ECU-740, ECU-5929, ECU-5925(25) y ECU-5927(1) presentó las mejores características en peso de cien semillas, número de vainas, rendimiento por planta y altura a la primera vaina madura. El grupo 1 presentó altas frecuencias de: hipocótilos verdes, alas y bandas marginales en flores recién abiertas violetas; y, semillas completamente blancas.

El grupo 2, con los genotipos ECU-5910, ECU-5910-1, ECU-5912, ECU-5925, ECU-5932(PiF), ECU-5934(7) y ECU-5935(4), manifestó un bajo número de vainas por planta, bajo peso de 100 semillas, bajo rendimiento por planta y altura a la primera vaina madura intermedia. El grupo 2 mostró un color de hipocótilo verde; colores en las alas y bandas marginales de flores recién abiertas violeta, blanco y rosa; altas frecuencias de semillas de color predominante blanco y semillas de color secundario marrón en distribuciones salpicada, media luna y media luna salpicada.

El grupo 3, conformado por los genotipos ECU-5910-2, ECU-5910 (4), ECU-5910 (6), ECU-5910 (8), ECU-5923(3), ECU-5932(PF) y ECU-5935, presentó bajo número de vainas por planta, bajo peso de 100 semillas, bajo rendimiento por planta y baja altura a la primera vaina madura. El grupo 3 manifestó altas frecuencias de: hipocótilos violetas; alas y bandas marginales en flores recién abiertas violetas; semillas con colores predominantes blanco y marrón; y, semillas de color secundario marrón en distribución media luna salpicada.

Las accesiones que presentan mejor tolerancia a la antracnosis respecto a la accesión INIAP 450 (control) fueron las accesiones ECU-740, ECU-5910-1 y ECU-5925(25).

### Referencias

- Berger, D., Lotter, C. (2005). Antrracnose of lupins in South Africa is caused by *Colletotrichum lupini* var. *setosum*. *Australian Plant Pathology*, (34), 385-392.
- Caicedo, C., Peralta, E. (2000). Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal de chocho (*Lupinus mutabilis* SWEET) en Ecuador. *Boletín técnico INIAP – PRONALEG*, (89).
- Cárdenas, S. (2007). *Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (Coffea arabica L.) del CATIE* (Tesis de maestría). Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/671>

- Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos CIRF. (1981). *Descriptor de lupinos*. Recuperado de [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web\\_version/103/begin.htm#Contents](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/103/begin.htm#Contents)
- INEC – MAG – SICA. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. *Volumen* (1), 50. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf)
- Jacobsen, S., Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. Moraes, M., Ollgaard, B., Kavist, L., Borchsenius, F., Balslev, H. (Ed). *Botánica económica de los Andes Centrales* (533. 458-482). La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Jacobsen, S., Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador – Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Recuperado de <http://share4dev.info/ffsnet/documents/3441.pdf>
- Junovich A. (2003). El cultivo del chocho a través de los datos del III Censo Nacional Agropecuario. Proyecto SICA – Banco Mundial. Diciembre 2003.
- Nacional Research Council. (1989). *Lost crops of the Incas – Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. Recuperado de <https://www.nap.edu/read/1398/chapter/1>
- Peralta, E., Espinoza, P., Vásquez, W., Villacrés, E. (2006). Importancia de los cultivos andinos. *Ecuador Terra Incognita, volumen* (42). Recuperado de [http://www.terraecuador.net/revista\\_42/42\\_importancia\\_cultivos\\_andinos.html](http://www.terraecuador.net/revista_42/42_importancia_cultivos_andinos.html)
- Rivera, M., Pinzón, J., Caicedo, C., Murillo, A., Mazón, N., Peralta, E. (1998). *Catálogo del banco de germoplasma de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) y otras especies de lupinus*. Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/811/1/L-SENESCYT-0113.pdf>
- Rao, N.K., J. Hanson, M.E. Dulloo, K. Ghosh, D. Novell y M. Larinde. (2007). *Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8*. Recuperado de [https://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx\\_news/Manual\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_semillas\\_en\\_bancos\\_de\\_germoplasma\\_1261\\_01.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Manual_para_el_manejo_de_semillas_en_bancos_de_germoplasma_1261_01.pdf)
- Talhinhas, P., Sreenivasaprasad, S., Neves-Martins, J., Oliveira, H. (2002). Genetic and morphological characterization of *Colletotrichum acutatum* causing anthracnose of lupins. *The American Phytopathological Society, volumen* (92), 986-996.
- Tapia, M. E. y A.M. Fries. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>
- Thomas, G., Sweetingham, M. (2004). Cultivar and environment influence the development of lupin anthracnose caused by *Colletotrichum lupine*. *Australian Plant Pathology, vol* (33), 571 – 577.
- Velásquez, J. (1993). *Evaluación agronómica y morfológica de 283 entradas de Lupinus (Lupinus spp.) del Banco de Germoplasma del INLAP-Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.

# CAPÍTULO 7

*Influencia de las fases lunares en el cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris*)*

**Jaime Hidrobo Luna**  
**Martha Cecilia Ocampo**

# Influencia de las fases lunares en el cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

Jaime Hidrobo Luna

hidroboluna@yahoo.es

Facultad de Ciencias Agrícolas

Universidad Central del Ecuador. Quito

## Resumen

Los pequeños agricultores aceptan que el comportamiento de las plantas depende de la influencia lunar; a nivel científico, existen evidencias que demuestran lo mismo, aunque todavía no existe claridad sobre la agrotecnia y fisiología del cultivo. Poco se conoce sobre la influencia de la luz lunar sobre la producción agrícola, basado en efectos sobre su eficiencia fotosintética. Del llamado "sol nocturno" no se han realizado estudios objetivos sobre su influencia en los cultivos, pues la luz lunar proviene directamente del sol, que implicaría el aumento del fotoperiodo y en la generación de mayores cantidades de biomasa aprovechable, que significa mejora en rendimientos. El objetivo de esta investigación fue demostrar la influencia de la luna sobre procesos productivos y fisiológicos en fréjol, especie representativa en la sierra de Ecuador y su vínculo en el mejoramiento de rendimientos agrícolas y entender de mejor manera lo que sucede internamente. La metodología a utilizarse se basó en mediciones sobre movilidad de la savia, apertura y cierre estomático, optimización de absorción de nutrientes, aceleración del metabolismo, transpiración, respiración, y eficiencia fotosintética y así estabilizar procesos productivos. Se llegó a establecer que en la fase de luna nueva fue donde mejores resultados se obtuvieron en cuanto a las variables dispuestas.

**Palabras clave:** Fases lunares, Influencia, Rendimientos, Cultivos, Fisiología

## Abstract

The small farmers accept that the behavior of the plants depends on the lunar influence; At a scientific level, there is evidence to show the same, although there is still no clarity on the agrotechnics and physiology of the crop. Little is known about the influence of lunar light on agricultural production, based on its effects on photosynthetic efficiency. Of the called "nocturnal sun" no objective studies have been carried out on its influence on the crops, since the lunar light comes directly from the sun, which would imply the increase of the photoperiod and in the generation of larger quantities of usable biomass, which means improvement in yields. The objective of this research was to demonstrate the influence of the moon on productive and physiological processes in beans, a representative specie in the mountains of Ecuador and its link in the improvement of agricultural yields and to better understand what happens internally. The methodology to be used was based on measurements of sap mobility, stomatal opening and closure, optimization of nutrient absorption, acceleration of metabolism, transpiration, respiration, and photosynthetic efficiency and thus stabilize production processes. It was established that the new moon phase was where the best results were obtained in terms of the variables arranged.

**Keywords:** Lunar phases, Influence, Yields, Crops, Physiology

## Introducción

Dentro del enfoque agroecológico se ha determinado que existen diferentes factores externos que tienen su influencia en los diferentes componentes de la producción agrícola como es la producida por la luna y sus fases, aunque no se han realizado los estudios científicos que lleguen a determinar esa influencia de forma demostrativa. Sin embargo, el conocimiento ancestral y de manera generacional ha venido marcando el desarrollo agrícola a pequeña escala, limitada por falta de estudios complementarios como el manejo de su agrotecnia y fisiología. Esta situación se ve reflejada en que cada día haya menos productores que utilicen el calendario lunar y que además se ve más marcado por el calentamiento global, el cual

influye notoriamente en la estabilidad climática mundial y por ende en la producción agrícola (Marrero y Freire, 1999).

Los estudios de Marrero (2002), sobre productividad agrícola influenciada por la luna, estableció que la duración del ciclo lunar de veintinueve días, doce horas y cuarenta y cuatro minutos, se cumple en cuatro fases denominadas “fases lunares”, Luna nueva, Cuarto creciente, Luna llena y Cuarto menguante. Siendo así se ha establecido en diferentes y aisladas investigaciones que la luz lunar, promueve el ascenso de la savia por los vasos xilemáticos hasta los órganos aéreos, situación imprescindible para la nutrición vegetal y que explicaría una influencia positiva de la luna sobre este proceso fisiológico en los cultivos y por ende, sobre el crecimiento y rendimiento sobre los mismos.

Restrepo (2005) también determinó que la fase lunar “Plenilunio”, promueve el crecimiento en altura de plantas y en producción de biomasa; además comprobó que la luna interviene directamente en la germinación, posiblemente por la capacidad de los rayos lunares para penetrar en el suelo. Este mismo autor, estableció que, en luna llena, es cuando más savia se produce en los tejidos, las células son más activas y se incrementa la concentración hormonal, conveniente para la diferenciación celular, maduración de frutos e incremento de las cosechas. Por otro lado, en Luna menguante, la savia se concentra en grupos de células y tejidos especializados que conforman órganos subterráneos, lo que posiblemente signifique una ventaja para los cultivos cuya parte aprovechable es el tubérculo, la raíz o el rizoma.

Estas observaciones concuerdan con el conocimiento local, sobre esta fase lunar (Luna menguante) que se realicen labores como injertos y podas, pues las ramas cortadas durante esta fase, son más activas y resistentes.

Marrero y Freire (1999) establecieron que la luna ejerce influencia sobre las mareas y ésta ejerce que la savia de las plantas ascienda. La luz de la luna durante la fase de plenilunio provoca el crecimiento en altura de las plantas.

Además, los procesos de germinación y fotosíntesis se ven afectados positivamente por la acción de la luz de la luna (Salim, 2000).

Durante la luna llena es cuando más savia tiene los tejidos de las especies vegetales y en este tiempo se recomienda la recolección de frutos y la preparación del suelo

En cuarto menguante se recomienda los injertos

Durante la fase de luna creciente, la savia se acumula en la parte aérea, se recomienda para plantar y podar específicamente en especies arbóreas.

Se han realizado numerosos estudios sobre esta temática, entre ellos los resultados obtenidos por Higuera-Moros, Camacho y Guerra (2002), quienes determinaron la afectación por plagas y enfermedades en el cultivo de fréjol, tomando en cuenta su comportamiento diferencial sobre su incidencia de acuerdo a la época de siembra; así como también el efecto de realizar la siembra en secano o con riego o bajo el sistema tradicional de siembra o bajo siembra directa, si se hace un buen control de malezas y si se siembra asociado o no con otro cultivo.

Los ciclos lunares advierten de lluvias y sequías, marcando las épocas de siembra, poda y cosecha. Se sugiere, tomando en cuenta el conocimiento local de los productores, que la época de siembra basada en

los ciclos lunares aparentemente tiene efecto sobre la presencia de insectos perjudiciales en el cultivo de fréjol (Restrepo, 2005)

Tomando en cuenta estos antecedentes, reviste importancia el tema de la influencia lunar sobre la producción agrícola, pues es necesario realizar ensayos donde se pueda comprobar de manera científica las actividades que ejerce la luna, además es imprescindible establecer reglas que se deben tomar en cuenta cuando se estudie y se apliquen los conocimientos científicos en la producción agrícola, para acoplar los diferentes resultados obtenidos en diferentes investigaciones sobre este tema un solo documento validado donde sean fiables los resultados sobre el incremento de rendimientos, así como saber exactamente las fechas de siembra y labores y actividades agrotecnicas y fisiológicas en diferentes etapas de producción.

Por otro lado Marrero y Freire (1999) establecieron que la intensidad de la fotosíntesis es superior en todas las plantas a partir de la luna creciente hacia el plenilunio (período extensivo de aguas arriba), y que el mayor incremento de la fotosíntesis en los cultivos se registra en el período intensivo de aguas arriba, el cual está comprendido entre los tres días después de la luna creciente, hasta los tres días después del plenilunio, fenómeno atribuido científicamente por estos autores, al incremento de la intensidad de la luz lunar sobre nuestro planeta.

Otras investigaciones sobre la influencia de la luminosidad lunar en las plantas estiman que, por lo menos en un cincuenta por ciento, la luz lunar tiene influencia sobre la maduración de muchos granos y una gran parte de frutos, sobre todo influenciada por la luna en cuanto a la formación y calidad de los azúcares (Torres, 2002).

Con esta investigación se demostrará de manera práctica y científica la influencia de la luna y sus fases en la producción de cultivos andinos y de la cual serán los principales beneficiados, los pequeños productores y campesinos que siguen utilizando estos conocimientos generacionales.

Esta investigación se realiza para corroborar la influencia de la luna y sus fases en el comportamiento del ciclo vegetativo del cultivo de fréjol a ser evaluado por mediciones concretas sobre el aumento de biomasa, crecimiento y rendimientos. Mediante los resultados de esta investigación se demostrará de manera más científica lo que los campesinos y pequeños productores conocen empíricamente por sucesión generacional y por costumbre, basados en la ancestralidad.

### **Hipótesis**

Las fases lunares, aplicadas a la siembra del cultivo del fréjol, tienen influencia significativa sobre su crecimiento y rendimiento aprovechable

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia de las fases lunares, aplicadas a la siembra del cultivo de fréjol, sobre su crecimiento y rendimiento aprovechable, en condiciones ambientales del CADET (Tumbaco, Pichincha).

### **Objetivos específicos**

Determinar la influencia de las fases lunares, aplicadas a la siembra del cultivo de fréjol, sobre su crecimiento vegetativo, en términos de producción de biomasa total y aprovechable

Determinar la influencia de las fases lunares, aplicadas a la siembra del fréjol, sobre su fenología y tolerancia a plagas y enfermedades.



Determinar la influencia de las fases lunares, aplicadas a la siembra del cultivo de fréjol y a la calidad comercial de la parte aprovechable del cultivo.

## Metodología

### Ubicación del experimento

Esta investigación se realizó en el Campo Académico Docente Experimental la Tola, CADET, ubicada en la provincia de Pichincha, parroquia Tumbaco, sector la Morita, que se encuentra a 2 460 msnm y a una temperatura anual promedio que oscila entre 17-19 °C.

### Diseño experimental y modelo de análisis estadístico

El experimento se realizó bajo un modelo de tipo experimental analítico, a nivel de campo. Los sujetos de la investigación se dispondrán en el siguiente Diseño Experimental

Un arreglo factorial 4 x 2 x 3, aplicado en un Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA), con cuatro repeticiones. Las parcelas se organizaron por la pendiente del terreno y en un espacio destinado a los ensayos sin presencia de sombra.

### Sujetos de la investigación (Factores en estudio)

#### 1. Fases lunares

Cuatro fases lunares: F1: Luna nueva, F2: Cuarto creciente, F3: Luna llena y F4: Cuarto menguante.

#### 2. Especie vegetal

E1: fréjol (*Phaseolus vulgaris*).

#### 3. Períodos

Tres meses consecutivos: M1: Octubre, M2: Noviembre y M3: Diciembre

El experimento tuvo un total de 36 tratamientos, que resultan de la combinación de los factores en estudio.

### Unidad de observación (unidad experimental)

Fue una parcela de 6 m de largo por 2,4 m de ancho (14,4 m<sup>2</sup>). Dentro de la cual se sembrarán tres surcos separados a 0,8 m. La parcela neta será de 5 m de largo por 0,8 m. (4 m<sup>2</sup>).

### Variables e indicadores

Para determinar la influencia de los tratamientos en el crecimiento del cultivo, (objetivo 1), se midieron las siguientes variables:

- Altura de planta, a la cosecha, medida en cm, desde el cuello de la raíz hasta el ápice final de la planta, medida en las plantas de la parcela neta
- Rendimiento de biomasa total, en g de materia seca a la cosecha por parcela neta y por ha. Se llevarán muestras de campo al horno a 70° C por 72 horas. Los datos de parcela neta se pasarán a rendimiento por hectárea.
- Rendimiento de biomasa útil (grano del fréjol), en kg/ parcela neta y por ha y se medirá el rendimiento con un 14 % de humedad.
- Índice de cosecha, para lo cual se aplicará la siguiente ecuación  $IC = \left(\frac{BU}{BT}\right) * 100$

Donde:

IC = Índice de cosecha

BU = Biomasa útil, en kg/ parcela neta

BT = Biomasa total, en kg/ parcela neta

Para determinar la influencia de los tratamientos en la fenología del cultivo, y afectación por plagas, (objetivo 2), se medirán las siguientes variables:

- Días a la floración del fréjol, medidos en las plantas de la parcela neta;
- Días a la cosecha, medidos desde el día de la siembra hasta el día de la cosecha, en las plantas de la parcela neta;
- Incidencia de pestes al cultivo en el campo, expresado en patógeno presente, porcentaje de daño y época de ataque;
- Incidencia de pestes, en la parte aprovechable del cultivo, medido a la cosecha y expresado en patógeno presente, porcentaje de daño.

Para determinar la influencia de los tratamientos en la calidad comercial de la parte aprovechable de cada cultivo, se medirán las siguientes variables:

- Porcentaje de grano comercial en fréjol (granos enteros, sin síntomas de pudriciones o picaduras de insectos) a la cosecha;
- Peso hectolitrito en fréjol, en kg/Hl, con granos comerciales y secos a 14 % de humedad.

Esta investigación empezó en el mes de octubre del año 2017 tomándose tres meses de manera continua (octubre-noviembre-diciembre) donde se realizaron las siembras en la mitad de cada fase lunar es decir en la parte intermedia de la fase sobre cada variable propuesta y no al inicio ni al final. Se debe tomar en cuenta que la totalidad de los ciclos lunares se cumplen en 28 días, divididos en 4 fases que empiezan y se distribuyen según la siguiente secuencia:

#### Octubre

- 1) Primera siembra: días 3 y 4
- 2) Segunda siembra: días 9-10
- 3) Tercera siembra: días 17-18
- 4) Cuarta siembra: días 24-25

#### Noviembre

- 1) Primera siembra: 1 y 2
- 2) Segunda siembra 8 y 9
- 3) Tercera siembra: 16 y 17
- 4) Curta siembra: 25 y 26

#### Diciembre

- 1) Primera siembra: 3 y 4
- 2) Segunda siembra: 10 y 11
- 3) Tercera siembra: 17 y 18
- 4) Cuarta siembra: 24 y 25

Las evaluaciones se realizarán cada 3 días, una semana después de cada siembra, hasta el final del ciclo productivo de cada cultivo

### **Manejo de Datos**

Las muestras tomadas de las parcelas en cada caso y por cada variable, fueron procesadas en el laboratorio de Biología-Botánica, ubicado en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, Quito.

Los datos de las evaluaciones fueron procesados mediante el Software SPSS.

## Resultados esperados

Mediante las evaluaciones realizadas semanalmente se pudieron obtener los siguientes resultados parciales, pues es necesario repetir este experimento al menos dos épocas distintas a las evaluadas para poder determinar con más exactitud resultados sin que interfieran factores externos como el clima de una sola época, por lo que no se puede brindar con exactitud resultados totales en este experimento de su primera fase.

Se observaron los resultados de altura de la planta a los 90 días de haber sido sembrado el fréjol de 1,05 – 1.10 m, durante la fase de luna nueva, siendo el tamaño de muestra de 10 plantas por parcela neta. Un promedio de biomasa en las plantas de fréjol sembrados en esta misma fase de 0,5 kg peso correspondiente a la materia vegetal en fresco y de 0,2 kg de peso en total de los granos cosechados por planta con un contenido del 14 % de humedad.

Así mismo se observó un número promedio de vainas por planta de 32 y cada una con un promedio de granos entre 6 y 7, todo esto en la fase de luna nueva.

## Conclusiones

Se determinó que las variables de altura de la planta, biomasa total, peso fresco de la planta, número de vainas por plantas y número de granos por vaina, se comportaron de mejor manera en la fase de luna nueva

En la fase de luna llena se presentó mayor susceptibilidad de las plantas de fréjol para el ataque de plagas y enfermedades

Se demostró de manera científica, aunque parcialmente, los resultados de la influencia de la luna sobre las épocas de siembra del fréjol en condiciones ambientales del CADET-Tumbaco

## Nota:

Para emitir los resultados de la investigación con un alto grado de confianza y con precisión es necesario realizar un segundo y tercer ciclo de producción bajo las mismas características metodológicas.

## Referencias

- Higuera-Moros, A; Camacho, M y Guerra, J. (2002). Efecto de las fases lunares sobre la incidencia de insectos y componentes de rendimiento en el cultivo de fréjol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo-Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 2(1): 54-63. 2002.
- Marrero, P. y Freyre, E. (1999). Cultivos y fases de la luna. ¿Ciencia o sabiduría popular? *Rev. Agricultura Orgánica*. Año 5 (2): 12-14.
- Marrero, P. (2002). La influencia de la luna sobre los cultivos. La Habana, Cuba. *Rev. Agricultura Orgánica*. 3(2): 23-25. 2002.
- Restrepo, J. (2005). *La Luna y su influencia en la agricultura*. Fundación Juquira Candiru. Colombia-Brasil-México. 9 pgs.
- Salim, S. (2000). *Influência lunar sobre plantas hortícolas*. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de S. Paulo — Piracicaba. Brasil. 104 pgs.
- Torres, A. (2002). *Influencia de la luna en la agricultura*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tesis para obtención título ingeniero agrónomo. Universidad de Cuenca. Ecuador. 79 pgs

# CAPÍTULO 8

*Presencia de garrapatas y hemoparásitos en  
Boa constrictor del Zoológico Los Caimanes*

**Laura Alejandra Castillo  
Leidy Johana Posada García  
Paola Andrea Buitrago Muñoz**

# Presencia de garrapatas y hemoparásitos en *Boa constrictor* del Zooparque Los Caimanes

**Laura Alejandra Castillo**

Fundación Universitaria Autónoma de las Américas EST MVZ  
laura.castillo@uam.edu.co.

**Leidy Johana Posada García**

Fundación Universitaria Autónoma de las Américas EST MVZ  
leidy.posada@uam.edu.co.

**Paola Andrea Buitrago Muñoz**

Fundación Universitaria Autónoma de las Américas EST MVZ  
paola.buitrago@uam.edu.co.

**Martha Cecilia Ocampo**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.  
Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Medellín, Colombia.  
Grupo de Investigación en Ciencias Agropecuarias-GIsCA.,  
martha.ocampo@uam.edu.co

## Resumen

La presencia de garrapatas en las boas en cautiverio es un factor de riesgo para la transmisión de hemoparásitos. Las garrapatas duras usualmente infestan esta especie para las cuales existen protocolos de control de acuerdo a su comportamiento. En Colombia son pocos los reportes que existen del tipo de garrapata y de los hemoparásitos presentes en las boas en cautiverio. El objetivo del presente estudio fue identificar las especies de garrapatas y la posible presencia de hemoparásitos en la *Boa constrictor* del Zooparque Los Caimanes. Cordoba, Colombia. 13 serpientes *Boa constrictor* fueron inspeccionadas para la presencia de garrapatas y la identificación morfológica de las garrapatas fue realizada por un entomólogo experto. Muestra sanguínea de cada espécimen se tomaron por cardiopunción, se analizaron los frotis con tinción de wright. El 76.8% de los especímenes evaluados presentaron garrapatas de la familia *Argasidae* (Garrapatas blandas) del género *Ornithodoros*. Además 58.3% de las serpientes fueron positivas para hemoparásitos compatible con *Hepatozoon*. Los resultados indican la importancia de la infestación de garrapatas y presencia de hemoparásitos en las boas en cautiverio. Para nuestro conocimiento es la primera vez que se reporta la presencia de garrapatas blandas en esta especie, la cual requiere un manejo diferente para el control.

**Palabras clave:** Garrapatas, *Boa constrictor*, Hemoparásitos, *Ornithodoros*, *Hepatozoon*.

## Abstract

The presence of ticks in boas in captivity is a risk factor for the transmission of hemoparasites. Hard ticks usually infest this species for which there are control protocols according to their behavior. In Colombia there are few reports that exist of the type of tick and hemoparasites present in boas in captivity. The objective of the present study was to identify the tick species and the possible presence of hemoparasites in the *Boa constrictor* from Los Caimanes Zoopark. Cordoba, Colombia. 13 *Boa constrictor* snakes were inspected in order to find presence of ticks and the morphological identification of ticks was performed by an expert entomologist. Blood sample of each specimen were taken by heart-puncture, the smears were analyzed with wright stain. 76.8% of the evaluated specimens presented ticks from *Argasidae* (soft ticks) family of the *Ornithodoros* genus. In addition, 58.3% of the snakes were positive for hemoparasites compatible with *Hepatozoon*. The results indicate the importance of tick infestation and presence of

hemoparasites in boas in captivity. For our knowledge it is the first time that the presence of soft ticks in this species is reported, which requires a different management for control.

**Keywords:** Ticks, *Boa constrictor*, Hemoparasites, *Ornithodoros*, *Hepatozoon*.

## Introducción

La *Boa constrictor* es una especie de serpiente tropical de hábitos nocturnos y semi-arborícola cuenta con una amplia distribución, sus características físicas incluyen; contextura gruesa, una longitud aproximada de 4-5 metros, cabeza triangular grande y achatada de cuello angosto en forma de flecha, sus colores le ayudan a camuflarse en el ambiente, (Castro et al, 2012; Grífols, J., Bargalló, F. & Martínez, A. 2012) su peso oscila entre 25-30 kg dependiendo de su longitud; el cuerpo de la *Boa constrictor* está cubierto por escamas laminares suaves y brillantes, posee células receptoras que le permiten detectar el calor de su presa su dieta generalmente se basa en pequeñas presas, mamíferos y reptiles entre otros. Son animales sigilosos, calmados y solitarios, es una especie muy adaptable, las boas forman parte importante en la cadena alimenticia, son depredadores que ayudan a regular las poblaciones (Correal, 2016).

Las *Boas constrictor* son afectadas por un gran número de parásitos, esta situación puede estar influenciada por diversidad de factores (Correal, 2016). Por eso es importante conocer los agentes infecciosos implicados. Las garrapatas son parásitos oportunistas presentes con frecuencias en serpientes (García, 2013). Cumplen un papel importante en cualquier ecosistema sin vectores, ya que son portadoras de diversos agentes patógenos (Dantas-Torres F., 2009); las especies de garrapatas identificadas en las boas se distribuyen en dos grandes grupos, Ácaro Argasidae y Ácaro Ixodidae también llamadas garrapatas blandas y duras respectivamente (Mader, D. 2006). *Ornithodoros Spp.* Pertenece a la familia Argasidae tiene gran importancia tanto en la medicina humana como en la medicina veterinaria, este género de garrapata tiene una amplia distribución mundial, en Estados Unidos se ha descrito la presencia de 5 especies mientras que en Colombia se han identificado 13 especies de *Ornithodoros* (Lopez, 2017).

Las garrapatas pertenecientes al género *Ornithodoros* poseen un cuerpo grueso desprovisto de escudo (Estrada et al., 2013) y se caracterizan por que la cutícula se asemeja al cuero y esta provista de protuberancias con forma de mamelones, a diferencia de otras especies de garrapatas blandas *Ornithodoros* no posee línea de sutura que diferencia la superficie dorsal de la ventral y presentan un hipostoma bien desarrollado (González, Castillo & Acosta, 2012). El ciclo de vida de *O. turicata* puede tener hasta 6 estadios ninfales, y son capaces de sobrevivir periodos extremos entre sangrías. (Donaldson et al., 2016). Estas se alimentan de noche, además de que se llenan de sangre en unos 60 minutos, y en raras ocasiones se encuentran unidos a sus huéspedes vertebrados, pueden ser fuentes de infección por hemogregarina (Wozniak & Telford, 1991).

Algunos hemoparásitos presentes en reptiles son: *Haemoproteus spp*, *Hemogregarina spp*, *Hepatozoon spp* (hemoparásito intracelular presente en todos los reptiles, pero principalmente en serpientes), *Karyolysis spp*, *Lawsonia spp*, *Leishmania spp*, *Leucocitozoon spp*, *Plasmodium spp*, *Saurocitozoon spp*, *Trypanosoma spp*, *Filaria spp*. (Gómez, 2015). *Hepatozoon* es el protozoario más abundante reportado en serpientes a nivel mundial, pertenece a la familia Hemogregarinidae (González, Barreto, González, Calderón & Matta, 2014), actualmente se conocen más de 25 especies de *Hepatozoon spp.*, afecta a serpientes, caninos, felinos, otros mamíferos y aves (Zamudio & Ramírez 2007). Ha sido descrito en más de 200 especies de serpientes y por ello se le considera la hemogregarina más frecuente en estos huéspedes. (Sloboda et al., 2007). Existen 3 formas de transmisión al hospedero; la primera será por ingestión de invertebrados infectados (pulgas, piojos, moscas, garrapatas y sanguijuelas) sin embargo es de notar que los mosquitos no son comidos por las serpientes y por ese motivo la transmisión directa del mosquito a la serpiente es poco probable. (O'Dwyer, Moço, Barrella, Vilela & Silva, 2003), la segunda por picadura de los anteriores y de mosquitos,

la tercera por la ingestión de huéspedes intermediarios ya sean anfibios o lagartos. Su mecanismo de acción se basa en formar quistes en los órganos de los huéspedes afectados incluyendo el hígado, riñón, bazo y cerebro ocasionando en el hospedero alteraciones patológicas como: Alteraciones en las proteínas del suero, variaciones en la hemoglobina e infestaciones graves que pueden ocasionar anemia hemolítica, inmunosupresión e infección que combinado con cualquier otra patología puede contribuir a la mortalidad del huésped definitivo. El mantenimiento de reptiles en cautiverio proporciona las condiciones adecuadas para la transmisión de estos hemoparásitos. (Zamudio & Ramírez 2007).

Estos hemoparásitos causan pocos cambios patológicos en sus huéspedes naturales y por eso se considera que están muy bien adaptados, sin embargo, el mantenimiento de especies en condición de cautiverio proporciona las condiciones óptimas facilitando su transmisión ya que muchas veces los ambientes favorecen la proliferación de artrópodos que actúan como vectores (O'Dwyer et al., 2003). Esta investigación pretende determinar la familia y el género de garrapata que están afectando las *Boas constrictor* del Zoológico Los Caimanes, además determinar el porcentaje de animales afectados; la presencia de garrapatas es un factor de riesgo para la transmisión de hemoparásitos los cuales son otro punto relevante de este trabajo, determinar la posible presencia de hemoparásitos en la *Boa constrictor*. Este estudio de campo se realizó en el departamento de Córdoba, Colombia.

### **Materiales y Métodos**

La población del presente estudio fueron las *Boa constrictor* que se encuentran en el Zoológico Los Caimanes. Se tomaron 13 serpientes *Boa constrictor* de la familia Boidae correspondiendo al total de la población del Zoológico Los Caimanes ubicado en el municipio de Buena Vista, Córdoba con una altura de 100 msnm, una T° 30-32°C y una humedad relativa superior al 80%; en límites con el departamento de Antioquia; para determinar la especie de garrapata (Ácaro Ixodidae o Ácaro Argasidae) que parasitan las serpientes mediante observación, extracción mecánica y análisis entomológico, utilizando como método diagnóstico exámenes hematológicos y extendidos sanguíneos, se observó la presencia o no de hemoparásitos y se determinó la cantidad de serpientes parasitadas.

Para establecer la presencia de hemoparásitos se realizó cardiopunción a las 13 serpientes, localizando el choque precordial. Se desinfectó el lugar de la punción con clorhexidina al 5% utilizando gasas estériles, para la extracción de la sangre se utiliza una jeringa de 2 ml y una aguja no. 26. La muestra de sangre se almacena en tubos tapa lila con anticoagulante y tapa roja para realizar los exámenes serológicos y hemogramas, para determinar la presencia o ausencia de anemia, además se realizaron extendidos sanguíneos en una placa porta objetos para la identificación de hemoparásitos al microscopio.

Para la recolección de las garrapatas se utilizó unas pinzas (o'tom tick twistere) punta fina para sujetarlas de forma correcta y evitar el aplastamiento de la garrapata. Se sujetó a la garrapata lo más cercano a la piel del reptil, ejerciendo una ligera presión hasta que se desprenda de la piel; posteriormente se depositaron en frascos de boca para su conservación e identificación en laboratorio.

### **Sujeción y Muestreo**

Con ayuda del personal del Zoológico se hizo la captura, el manejo y la sujeción de los boidos de forma adecuada, de manera directa y con ayuda de una pinza herpetológica se sujetó la cabeza, se procedió a hacer una inspección física de la cabeza hasta la cola con el fin de recolectar datos de identificación, talla, condición corporal, sexo, peso y si presentaban o no garrapatas. De igual manera se inspeccionó el terrario de cada una de las serpientes para identificar la presencia o no de garrapatas en el hábitat. Las garrapatas se almacenaron algunas vivas en frascos de laboratorio para muestras de orina, tapa ancha, se colocó un algodón húmedo para evitar que se deshidrataran. Y otras en formol con el fin de posteriormente realizar su clasificación e identificación entomológica.

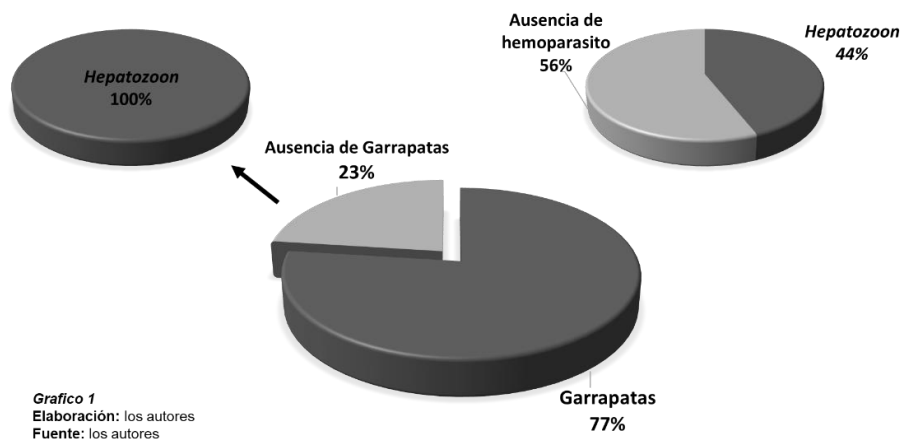
Para la toma de las muestras fue necesario sujetar al animal y estirarlo completamente, eso ayudó a localizar el choque precordial para posteriormente realizar punción cardiaca con ayuda de una jeringa de 2ml, debido a la condición corporal de los animales no fue posible realizar venopunción coccígea. Las muestras se recolectaron en microtainer tapa lila y tapa roja debidamente identificadas y finalmente se regresan de nuevo a su terrario.

Las muestras se tomaron con el fin de evaluar el perfil hemático de los boidos y poder determinar la presencia de hemoparásitos.

## Resultados

En total se tomaron 13 muestras sanguíneas de serpientes, de las cuales 12 fueron analizadas en su totalidad; pertenecientes a la especie *Constrictor constrictor* del Zoológico los Caimanes, de estas 7 corresponden a hembras y 6 a machos, se hizo recolección de ectoparásitos tanto de las serpientes como del hábitat.

En total se evaluaron físicamente 13 especímenes de los cuales un 77% fueron positivos a presencia de garrapatas de estas, el 44% tenían presencia de hemoparásitos compatible con *Hepatozoon* y un 66% tenían ausencia del protozoario; el 23% restante se atribuye a los boidos que no presentaban infestación por garrapatas pero el 100% presentaron infección por *Hepatozoon*, estos datos se pueden corroborar en el grafico 1 , un 38.4% de las serpientes tenían presencia de garrapatas en su hábitat y finalmente después de los análisis del perfil hemático y el extendido sanguíneo solo de 12 de las 13 muestras, se determinó que un 58.3% fue positivo para hemoparásitos compatibles con *Hepatozoon*, un protozoario transmitido por artrópodos hematófagos (Sloboda, Kamler, Bulantova, Votypka & Modry, 2007). Una de las muestras no pudo ser analizada, la baja condición corporal de una de las boas no permitió obtener muestra sanguínea suficiente para el análisis, datos que se confirman en la tabla 1.



**Gráfico 1**

Elaborado: Autores



**Tabla 1.**  
Datos y resultados de los individuos.

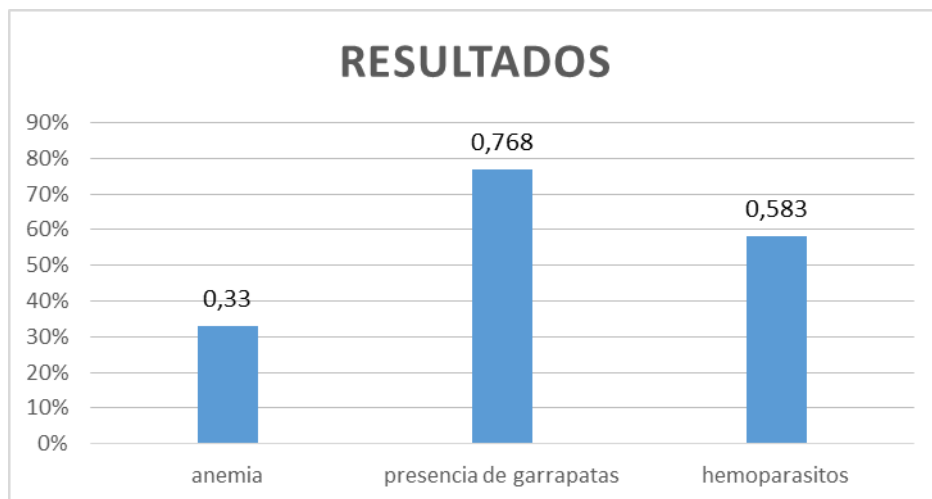
Lugar	Datos de los Individuos			
Serpentario Zooparque los Caimanes	Identificación	Ectoparásito	Ectoparásito en hábitat	Hemoparásito
	B1	No	Ausente	<i>Hepatozoon</i>
	B3	Si	Ausente	* No fue posible
	B4	Si	Ausente	Ausente
	B9	No	Ausente	<i>Hepatozoon</i>
	B10	Si	Ausente	Ausente
	B12	Si	Ausente	<i>Hepatozoon</i>
	B13	Si	Presente	Ausente
	B14	No	Ausente	<i>Hepatozoon</i>
	B15	Si	Presente	Ausente
	B16	Si	Presente	<i>Hepatozoon</i>
	B17	Si	Presente	<i>Hepatozoon</i>
	B18	Si	Presente	<i>Hepatozoon</i>
	B19	Si	Ausente	Ausente

\* no fue posible tomar la muestra para hemograma y extendido sanguíneo para la identificación de hemoparásitos

Elaborado: Autores

En cuanto a la línea blanca y la línea roja, un 33% presentaban una leve o marcada disminución de los valores de referencia del hematocrito (anemia), 66% presentaban linfocitosis, 16.6% neutrófilia, 25% basofilia, 16% eosinofilia y monocitosis.

En el gráfico 2 se puede observar los resultados que se obtuvieron en la recolección de ectoparásitos, el extendido sanguíneo y el hemograma realizado a cada uno de los ejemplares, mediante una tabla de frecuencia.



**Gráfico 2**

Elaborado: Autores

Durante la determinación y el análisis entomológico de las garrapatas se estableció que el 100% de las muestras eran compatibles para la familia: Argasidae (Garrapatas blandas) del genero *Ornithodoros* de la especie posiblemente *turicata* en base a la literatura y distribución geográfica mundial de la especie.

(Donaldson et al., 2016) sin embargo es necesario un análisis más específico de secuenciación genética, taxonomía específica o de enzimas electroforéticas para determinar con mayor certeza la especie de *Ornithodoros*, ya que este género de garrapatas no es morfológicamente diferente entre sí. (Estrada *et al.*, 2013).

La clasificación de la especie de garrapata se realizó mediante las características morfológicas del artrópodo, como ya se mencionó anteriormente estructuras como protuberancias con forma de mamelones, la ausencia de la línea de sutura que diferencia la superficie dorsal de la ventral y la presencia de un hipostoma bien desarrollado (González, Castillo & Acosta, 2012) fueron posible evidenciar en las muestras obtenidas y se pueden observar en la imagen 1 y 2.



**Imagen 1.**

Vista dorsal de estadio adulto y ninfa de la garrapata. En la imagen se observa dos estadios diferentes de *Ornithodoros spp.* Se señala con la flecha la cutícula (mamelones) Característicos de esta especie de garrapata.

Fuente: Sandra Ríos (2018)

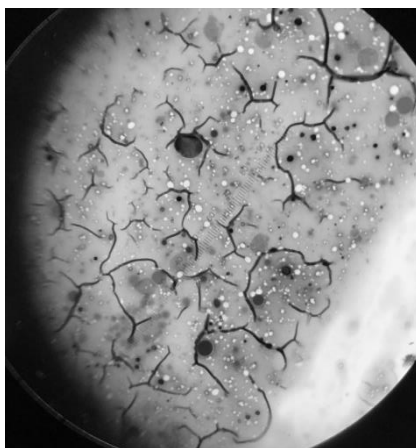


**Imagen 2.**

Vista ventral de dos estadios ninfales y uno adulto. En la imagen **a** se observa estadio adulto del artrópodo donde es evidenciable **(A)**1 hipostoma, **(A)** 2 ano y **(A)** 3 genitales. En la imagen **(B)** y **(C)** se observan dos estadios ninfales.

Fuente: Sandra Ríos (2018)

En segunda instancia solo un 38.4% de las muestras de garrapatas recolectadas vivas fueron viables para su análisis ya que algunas murieron, en consecuencia solo a ese 38.4% se le pudo hacer extracción de hemolinfa para realizar el extendido hemolinfático, los resultados de las placas proyectaron abundante colonización bacteriana evidenciada en la imagen 3 y estructuras circulares no identificadas; pero que podrían cursar como estadios tempranos de hemoparásitos, esto se puede observar en la imagen 4.



**Imagen 3.**

Abundante colonización bacteriana.

Fuente: Sandra Ríos (2018)



**Imagen 4.**

Estructuras no identificadas compatibles con hemoparásitos. Las flechas indican estructuras no identificadas compatibles con hemoparásitos.

Fuente: Sandra Ríos (2018)

Si comparamos los resultados de las placas de hemolinfa de las garrapatas y los extendidos sanguíneos de las serpientes que fueron positivos en un 58.3% para *Hepatozoon*, estas estructuras podrían ser compatibles con hemoparásitos como resultado deductivo.

De las 248 muestras de garrapatas almacenadas en formol se realizó su debida clasificación entomológica y se identificó diversos estadios reproductivos para *Ornithodoros spp.* Como lo son 52% para larva, 27.8% para ninfa y 20.1% para adulto.

Mediante el análisis estadístico de relación entre dos variables cualitativas (ausencia-presencia de ectoparásitos y hemoparásitos) realizando la prueba de ji-cuadrado se encontró que dichas variables no tienen relación ( $p > 0.05$ ). Lo que nos indica que la presencia de ectoparásitos no garantiza la presencia de hemoparásitos y la presencia de hemoparásitos no asegura la presencia de ectoparásitos en la serpiente.

### **Conclusiones**

Antes del desarrollo de esta investigación se realizaban varias medidas de control a cargo del personal médico veterinario del Zoológico, para reducir las infestaciones, sin embargo los resultados siempre eran parciales, ya que luego de un tiempo volvían a aparecer los ectoparásitos, con los resultados en cuanto al

género de las garrapatas podemos determinar medidas más eficaces para el control y manejo de terrarios y serpientes en cautiverio específicamente del Zooparque; Es posible realizar un examen de taxonomía específica para lograr identificar la especie de *Ornithodoros* que están parasitando la *Boa constrictor* del Zooparque. La presencia de garrapatas es un factor predisponente a la presencia de hemoparásitos, pero no quiere decir que la presencia de estos ectoparásitos garantice la presencia de hemoparásitos en serpientes. Como ya se había mencionado anteriormente las garrapatas blandas comprenden un ciclo de vida muy diferente al de las garrapatas duras, su reproducción y alimentación es diferente, en base a esto se abre la posibilidad de investigar o extrapolar un poco más sobre las posibles causas que modifican o establecen la presencia de estas garrapatas en la fauna silvestre en estas zonas tropicales del país, de igual forma este estudio da pie para que se realicen pruebas de PCR a las garrapatas y poder confirmar q las estructuras encontradas en la hemolinfa si corresponde a *Hepatozoon*.

## Referencias

- Castro-Herrera, F., A. Valencia y D. Villaquirán. (2012). *Diversidad de anfibios y reptiles del Parque Nacional Natural Isla Gorgona*. Feriva Impresores S.A. Cali – Colombia
- Correal, C. M. (2016). *Parásitos en serpientes del trópico americano, una revisión sistemática*. Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales - U.D.C.A. Recuperado de: <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/553/1/trabajo%20de%20grado%20final%20marcela%20correal.pdf>
- Dantas-Torres F., (2009). Ticks on domestic animals in Pernambuco, Northeastern Brazil. *Parasitol. Vet.* v. 18, n. 3, p. 22-28. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/rbpv/v18n3/a04v18n3>
- Donaldson, T. G., Pèrez de León, A. A., Li, A. I., Castro-Arellano, I., Wozniak, E., Boyle, W. K., Lopez, J. E. (2016). Assessment of the Geographic Distribution of *Ornithodoros turicata* (Argasidae): Climate Variation and Host Diversity. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(2), e0004383. <http://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004383>
- Estrada, A., Farkas, R., Jaenson, T., Koenen, F., Madder, M., Pascucci, I., Salman, M., Sousa, R. & Walker, A. (2013). *Ticks and Tick-borne Diseases: geographical distribution and control strategies in the Euro-Asia region*. (Primera edición)
- García, V. (2013). *Frecuencia de parásitos de reptiles en cautiverio en diferentes colecciones del estado de Morelos* Tesis para obtener el título de médico veterinario y zootecnista. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Cuernavaca.
- Gómez, A. (2015). *Hematología y bioquímica plasmática de la serpiente crotalus simus (serpentes: viperidae), en condiciones de cautiverio*. Tesis para optar por el grado y título de maestría académica en microbiología. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica.
- González, C., Castillo, G. & Acosta, J. (2012) Primer caso de parasitismo por *Ornithodoros* sp. (Ixodida: Argasidae) en *Graomys griseoflavus* (Rodentia: Muridae) en la cordillera central de Argentina. *Entomotropica*, 27(2): 83-87. Recuperado de: <http://www.entomotropica.org/index.php/entomotropica/article/view/359>.
- González, L. P., Barreto D., González A. D., Calderón M. L. & Matta, N. E. (2014). Caracterización de la infección parasitaria en *ambystoma andersoni* krebs & brandon, 1984 en la laguna de

Zacapu, Michoacán, México. *Memorias de la conferencia interna en medicina y aprovechamiento de fauna silvestre, exótica y no convencional*, 10 (2), 186-187. Recuperado de <http://veterariosvs.org/pub/index.php/cima/article/view/184/PDF>

Grífols, J., Bargalló, F. & Martínez, A. (2012). *La boa constrictora (Boa constrictor)*. Recuperado de [http://axonveterinaria.net/web\\_axoncomunicacion/auxiliaveterinario/9/9\\_26-31.pdf](http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/auxiliaveterinario/9/9_26-31.pdf)

López., G., (2017). Especies de garrapatas (Acari: Ixodidae y Argasidae) de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30: 293, recuperado de: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/330603/20786923>

Mader, D. (2006). *Reptile medicine and surgery*. Missouri: Elsevier Inc.

Moço, O'Dwyer Vilela, Barrella & da Silva. (2002). *Memorias do instituto Oswaldo Cruz*. Recuperado de <http://memorias.ioc.fiocruz.br/issues/past-issues/item/2287-morphologic-and-morphometric-analysis-of-hepatozoon-spp-apicomplexa-hepatozoidae-of-snakes>

Zamudio, N. & Ramírez, M. (2007). Presencia de hepatozoon spp. En serpientes del centro de atención y valoración de fauna silvestre (cav) del área metropolitana del Valle de Aburra, Barbosa – Antioquia. *Revista CES medicina veterinaria y zootecnia*, 2 (2), 33-36. Recuperado de <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/376>.

ISBN: 978-9942-759-79-5



9789942759795

