



Archivos Académicos  
— USFQ —

# Primer Simposio de Suelos y Nutrición de Cultivos



## Archivos Académicos USFQ

Número 11

### Memorias del Primer Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos 2018

#### Editor:

Mario Caviedes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Departamento de Ingeniería en Agronomía, Quito, Ecuador.

#### Editores Asociados:

Diego Gangotena<sup>1</sup>, María Gabriela Albán<sup>1</sup>, Antonio León<sup>1</sup>, José L Pantoja<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Departamento de Ingeniería en Agronomía, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup>AGNLATAM S.A.

#### Expositores:

Antonio A. González, Cristina Mateus, Daniel F. Jaramillo, Eduardo F. Chávez, Javier A. Fernández-Salvador, José A. Espinosa, José L. Pantoja, Juan E. León, Leonel A. Espinoza, Miguel S. Castillo, Nelson W. Osorio, Patricia M. Aguirre, Raúl E. Jaramillo, Soraya P. Alvarado.

#### Organizaciones Auspiciantes:

KOPPERT, NEDERAGRO, AGRIPAC, AGRARPROJEKT S.A, AGROCELHONE, AGRONPAXI CIA. LTDA, ADOB, DELCORP S.A, DIMAGRO, ECUAQUIMICA, IPNI, SQM, TONELLO.

#### Con el gentil apoyo de:

AGNLATAM S.A.

#### Editorial USFQ Press

Marzo 2018, Quito, Ecuador

Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador

Esta obra es publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



*Citación recomendada de toda la obra:* Caviedes, M. (Ed.) (2018) Memorias del Primer Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos 2018. Archivos Académicos USFQ, 11, 1–41.

**Archivos Académicos USFQ**

ISSN: 2528-7753

**Editor de la Serie:** Diego F. Cisneros-Heredia

*Archivos Académicos USFQ* es una serie monográfica multidisciplinaria dedicada a la publicación de actas y memorias de reuniones y eventos académicos. Cada número de *Archivos Académicos USFQ* es procesado por su propio comité editorial (formado por los editores generales y asociados), en coordinación con el editor de la serie. La periodicidad de la serie es ocasional y es publicada por la Editorial USFQ Universidad San Francisco de Quito.

Más información sobre la serie monográfica *Archivos Académicos USFQ*:

<http://archivosacademicos.usfq.edu.ec>

Contacto:

Universidad San Francisco de Quito, USFQ

Att. Diego F. Cisneros-Heredia | Archivos Académicos USFQ

Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica

Casilla Postal: 17-1200-841

Quito 170901, Ecuador

# Memorias del Primer Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos 2018

Mario Caviedes, Diego Gangotena, María Gabriela Albán, José L Pantoja  
Editores



Editorial USFQ  
Universidad San Francisco de Quito

## TABLA DE CONTENIDOS

Prólogo.....	¡Error! Marcador no definido.
Programa del evento .....	5
Hoja de vida de los conferencistas .....	¡Error! Marcador no definido.
Resúmenes de conferencias magistrales.....	¡Error! Marcador no definido.
Resúmenes de posters. .....	¡Error! Marcador no definido.

## **PROGRAMA DEL PRIMER SIMPOSIO EN SUELOS Y NUTRICIÓN DE CULTIVOS**

### **JUEVES 22 DE MARZO**

7:30 – 8:30 Registro de participantes y colocación de posters.

8:30 – 8:50 Inauguración.

#### **Primera Sesión: Manejo y Conservación de Suelos y Aguas**

8:50 – 9:30 **Uso racional del agua: Identificación y caracterización de tecnologías campesinas e indígenas utilizadas en sistemas productivos de altura**  
Dr. Juan E. León  
Escuela Politécnica del Chimborazo – ESPOCH (Ecuador)

9:30 – 10:10 **La agricultura de precisión en el contexto de la producción agrícola en Latinoamérica**  
Dr. Leonel A. Espinoza  
Universidad de Arkansas – U of A (USA)

10:10 – 10:40 Coffee Break / Visita a posters y stands

10:40 – 11:20 **Impactos de cambio climático en los recursos hídricos: Un caso de estudio en Oregón, USA**  
Dra. Cristina Mateus  
Universidad San Francisco de Quito – USFQ (Ecuador)

11:20 – 12:00 **Manejo de suelos en la cuenca del Río Mira y sus implicaciones en el desarrollo sustentable**  
Dra. Patricia M. Aguirre  
Universidad Técnica del Norte – UTN (Ecuador)

12:00 – 13:30 Almuerzo / Visita a posters y stands

#### **Segunda Sesión: Fertilidad de Suelos y Nutrición**

- 13:30 – 14:10 **La fuente de fertilizante y el cultivar tuvieron mayor impacto que el tipo de cobertura en la producción de biomasa de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en un sistema de producción orgánica a largo plazo**  
Dr. Javier A. Fernández-Salvador  
Universidad Estatal de Oregón – OSU (USA)
- 14:10 – 14:50 **Indicadores de eficiencia en el marco de las 4R del manejo de nutrientes en cultivos agrícolas**  
Dr. Raúl E. Jaramillo  
International Plant Nutrition Institute – IPNI (Ecuador)
- 14:50 – 15:20 Coffee Break / Visita a posters y stands
- 15:20 – 16:00 **Los retos del manejo de la labranza en suelos de la región Sierra de Ecuador**  
Dr. José A. Espinosa  
Universidad Central – UCE (Ecuador)
- 16:00 – 16:30 Presentación de posters
- 16:30 – 17:00 Visita a posters y stands

## VIERNES 23 DE MARZO

### Tercera Sesión: Biología de Suelos

- 8:50 – 9:30 **Uso de microorganismos del suelo para mejorar la nutrición vegetal en suelos del trópico**  
Dr. Nelson W. Osorio  
Universidad Nacional (Colombia)
- 9:30 – 10:10 **Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y en la población de esporas micorrícicas en Pintag, Ecuador**  
Dr. José L. Pantoja  
Consultor privado (Ecuador)
- 10:10 – 10:40 Coffee Break / Visita a posters y stands
- 10:40 – 11:20 **Micorrizas: Enlace clave suelo-raíz**  
M.S. Antonio A. González  
Consultor privado (Ecuador)

11:20 – 12:00 **Función e impacto de la biología de suelos en la nutrición vegetal**  
Dr. Miguel S. Castillo  
Universidad Estatal de North Carolina – NCSU (USA)

12:00 – 13:30 Almuerzo / Visita a posters y stands

**Cuarta Sesión: Física y Química de Suelos**

13:30 – 14:10 **Dinámica de la materia orgánica del suelo: Factor clave de sostenibilidad**  
Dra. Soraya P. Alvarado  
Universidad Central – UCE (Ecuador)

14:10 – 14:50 **Presencia de cadmio (Cd) en áreas cacaoteras de Ecuador: (Bio) disponibilidad, acumulación en granos y posibles estrategias de mitigación**  
Dr. Eduardo F. Chávez  
Escuela Politécnica del Litoral – ESPOL (Ecuador)

14:50 – 15:20 Coffee Break / Visita a posters y stands

15:20 – 16:00 **Variabilidad de la repelencia al agua en Andisoles de Antioquia, Colombia**  
M.S. Daniel F. Jaramillo  
Universidad Nacional (Colombia)

16:00 – 16:30 Premiación a mejores posters.

16:30 – 17:00 Clausura del evento y entrega de certificados.

## PRÓLOGO

El suelo es el recurso básico que poseen los agricultores, el cual debe ser conservado, mejorado y hacer un uso sustentable del mismo. Su manejo y conservación deben permitir su uso bajo condiciones óptimas en el futuro, para ello, se necesita desarrollar e implementar diferentes metodologías que permitan reducir sus pérdidas, incrementar su fertilidad natural, mejorar su estructura y mantenerlo en las mejores condiciones para las nuevas generaciones.

El grado de fertilidad del suelo es un reflejo de su actividad microbiana y de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Un suelo con alta cantidad de nutrientes no es necesariamente fértil, ya que diversos factores como la compactación, condiciones extremas de acidez y alcalinidad, mal drenaje, sequía, exceso de humedad, y presencia de enfermedades y plagas, pueden limitar la disponibilidad de los mismos y limitar el crecimiento de las plantas.

La productividad de los cultivos está relacionada con los factores que permiten un óptimo crecimiento de las plantas y afectan la salud del suelo, como son: la capacidad de infiltración y retención de humedad, la densidad, la porosidad, la estructura y la aireación. Las prácticas de labranza a través de muchos años pueden destruir su estructura, favoreciendo la erosión hídrica y eólica y la compactación de la capa arable, afectando tanto sus condiciones biológicas, físicas y químicas como su capacidad productiva. Por eso, el manejo apropiado del suelo debe revertir los procesos de degradación, permitiendo aumentar la producción y productividad de los cultivos y mejorando las condiciones del agro-ecosistema.

Para un desarrollo eficiente de los cultivos y la obtención de una producción máxima se hace necesario que se tengan satisfechas sus necesidades de agua. En los sistemas agrícolas de secano, la lluvia es la principal fuente de agua, mientras que con el riego se trata de complementar las necesidades de los cultivos. Los métodos y la disponibilidad de tecnologías de riego influyen en forma directa en la eficiencia del sistema de riego, afectando la disponibilidad de nutrientes y la salud del suelo. Por estas razones, el cuidado del suelo y el agua son importantes para garantizar una óptima nutrición de los cultivos.

En este contexto, el I Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos cuenta con el aporte de relevantes investigadores y docentes universitarios del Ecuador, Colombia y Estados Unidos; quienes compartirán sus experiencias mediante conferencias magistrales. Así mismo, estudiantes universitarios y profesionales agrónomos compartirán sus trabajos de investigación mediante la presentación de posters. Estas presentaciones, permiten conocer una diversidad de temas de investigación presentados en cuatro áreas temáticas: Biología de suelos, Fertilidad de suelos y Nutrición; Física y Química de suelos, y Conservación y Manejo de suelos y agua.

Este importante evento técnico- científico se organizó con la activa participación de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) a través de su Departamento de Ingeniería en Agronomía y de la empresa Agronegocios Latinoamericana (AGN-LATAM). El significativo aporte de los investigadores de diferentes instituciones académicas nacionales e internacionales y el aporte económico de las empresas privadas relacionadas con el sector agrícola, garantizaron el positivo impacto del evento.

Esta memoria refleja el aporte técnico-científico de los investigadores de las diferentes instituciones académicas nacionales e internacionales en las diversas áreas temáticas y contribuye a un mejor conocimiento de la fertilidad y el manejo del suelo, el cuidado del agua y el manejo apropiado de la nutrición de cultivos para mejorar los niveles de producción y productividad de estos.

A nombre del Comité Organizador se agradece a todas las instituciones académicas y empresas privadas involucradas en la organización, auspicio y apoyo al evento. Así como a los expositores y asistentes por su contribución al éxito alcanzado en este importante evento científico internacional.

**Mario Caviedes Ph.D.**

**Comité Organizador**

**I Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos**

## HOJA DE VIDA DE LOS CONFERENCISTAS

### **Dr. Javier A. Fernández-Salvador, Ph.D.**

Profesor, Universidad Estatal de Oregón – OSU, USA  
Ing. en Agro-empresas de la Universidad San Francisco de Quito – USFQ. Posee un B.S., un M.S. y un Ph.D. en Horticultura de la Universidad Estatal de Oregón – OSU, OR, USA, con especialidad en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Tiene más de 10 años de experiencia en producción hortícola; ha realizado evaluaciones de fertilizantes, cultivares, fertirrigación, distribución y uso de nutrientes en el suelo y la planta; ha manejado sistemas de producción orgánica de hortalizas, frutales y fertirrigación en fincas en la zona de Corvallis y Eugene, OR, USA. Ha trabajado en consultoría con productores y procesadores hortícolas de USA y Latinoamérica, brindando asistencia en regulaciones para producción orgánica e inocuidad alimentaria, y se ha desempeñado como inspector de producción orgánica e inocuidad alimentaria. Además, tiene experiencia en regulación y normativas para producción orgánica y ha trabajado con varias agencias de certificación en USA. Es miembro del comité de evaluación de materiales e insumos para producción orgánica en OMRI (Organic Materials Review Institute), de la directiva del grupo especializado en producción orgánica para ASHS (American Society for Horticultural Science) y la plataforma de innovación científica de ISOFAR (International Society of Organic Agriculture Research). En la actualidad es profesor en OSU; entre sus logros destaca la creación del primer currículo y especialización en producción orgánica para pregrado en línea; y su investigación se enfoca en mejorar el manejo agrícola de fresa, mora y frambuesa; en especial evaluaciones de fertilidad de suelos, uso de fertilizantes, e innovaciones con cultivos de cobertura en sistemas orgánicos y convencionales.



### **Dr. Miguel S. Castillo, Ph.D.**

Profesor, Universidad Estatal de North Carolina – NCSU, USA  
Ing. Agrónomo de la Escuela Agrícola Panamericana – EAP, Zamorano, Honduras, C.A.; con estudios de post-grado en Agronomía (M.S. y Ph.D.) en la Universidad de Florida – UF, FL, USA, y Administración (MBA) en la Universidad Estatal de Carolina del Norte – NCSU, NC, USA. En la actualidad es profesor del Programa de Manejo de Pasturas y Forrajes del



Departamento de Plantas y Suelos de NCSU. Es Editor de la Revista Brasileira de Zootecnia, y ad-hoc reviewer de las revistas Agron. J., Crop Sci., y Dairy Sci. J. Su trabajo de investigación se enfoca en descubrir los factores determinantes de productividad y resiliencia en sistemas agro-ganaderos. A más de proveer forraje para la alimentación animal, estos sistemas proveen otros servicios como: reciclaje de nutrientes, conservación e incremento en la fertilidad de suelos, control de plagas, refugio de especies silvestres, producción de fibra y tienen potencial como fuentes de bio-energía. Sus proyectos incluyen la evaluación de: persistencia y efectos de fertilización en asociaciones de pastos y leguminosas tropicales y de clima templado; uso de fuentes orgánicas y químicas para fertilización de sorgo, pasto elefante, y caña de azúcar; producción forrajera en sistemas silvo-pastoriles; determinación de tasas de mineralización y descomposición de fertilizantes. Tiene como meta desarrollar información y tecnologías para el manejo eficiente de los recursos agro-ganaderos.

**Dr. Leonel A. Espinoza, Ph.D.**

Profesor, Universidad de Arkansas – U of A, USA

Agrónomo de la Escuela Agrícola Panamericana – EAP, Zamorano, Honduras, C.A. Completó su programa de Ingeniería (B.S.) en Agronomía en la Universidad Estatal de Iowa – ISU, IA, USA. Obtuvo sus posgrados (M.S. y Ph.D.) con especialización en Química de Suelos en la Universidad de la Florida – UF, FL, USA. Fue extensionista-investigador en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Texas A&M, TX, USA. En la actualidad se desempeña como especialista en suelos y profesor asociado de la Universidad de Arkansas – U of A, AR, USA. El enfoque de su trabajo y proyectos de investigación incluye la fertilización y nutrición de cultivos como: arroz, canola, caña de azúcar, maíz y soya. Además, realiza trabajo de extensión agrícola en el Estado de Arkansas y a nivel internacional, brindando asistencia técnica a productores de diversos cultivos en varios países de Latinoamérica.



**Dr. Nelson W. Osorio, Ph.D.**

Profesor, Universidad Nacional, Colombia



Ing. Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia – UNC, con títulos de M.S. y Ph.D. en Agronomía con especialización en Ciencias del Suelo de la Universidad de Hawaii, USA. Desde 1992 ha estado vinculado a la UNC como profesor de Biología y Fertilidad de Suelos; y se ha desempeñado como Director del Grupo de Investigación en Microbiología del Suelo, categorizado en la categoría A de Colciencias, en la cual ha dirigido más de 50 trabajos de titulación de pre-grado y post-grado. Su trabajo incluye más de 100 artículos científicos en revistas indexadas nacionales e internacionales, capítulos de libros y autor de libros especializados. En la UNC ha desempeñado cargos como: Director de Departamento, Director de Investigaciones y Director de Posgrados. Paralelamente a sus actividades académicas es consultor especializado en manejo y fertilidad del suelo y en bio-fertilización.

**Ing. Daniel F. Jaramillo, M.S.**

Profesor, Universidad Nacional, Colombia



Ing. Agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia – UNC. Posee un título de Especialista en Fotointerpretación aplicada a estudios de suelos del Centro Interamericano de Fotointerpretación – CIAF y un título de Magister en Suelos y Aguas de la UNC. Tiene más de 35 años de experiencia en levantamiento de suelos a lo largo de la cuenca del río Bogotá, en varios sectores de la parte plana del Valle del Cauca, en alrededores del distrito de riegos El Juncal, en el Huila, en las áreas de influencia directa de proyectos hidroeléctricos de Antioquia como Porce II, Porce III y Riachón, así como de proyectos mineros en Antioquia y Caldas. Ha participado en grupos de investigación que han desarrollado trabajos de suelos en sectores del Oriente Antioqueño, del Magdalena Medio y del páramo de Frontino, en Antioquia; en la Alta y Media Guajira y en el norte del departamento de Caldas. Fue co-fundador de la Maestría en Geomorfología y Suelos en la UNC, universidad a la que estuvo vinculado desde 1984. Las áreas de investigación que ha explorado son: génesis y clasificación de Andisoles, variabilidad espacial de las propiedades de los suelos, e hidrofobicidad de suelos. Ha sido profesor de Ciencia del Suelo, Génesis y Clasificación de Suelos, Fotointerpretación edáfica y Fotogrametría en pregrado y de Levantamiento de suelos, Taxonomía de suelos, Clasificación de tierras y Fotointerpretación en posgrado. Ha publicado más de 50

artículos en revistas especializadas y es autor de los libros destacados en las ciencias del suelo. Hasta diciembre de 2017 se desempeñó como Profesor en la UNC, con la distinción de Maestro Universitario.

**Dr. Raúl E. Jaramillo, Ph.D.**

Director, International Plant Nutrition Institute – IPNI, Ecuador



Ing. Agrónomo de la Universidad Central del Ecuador – UCE. Trabajó en el Centro Internacional de la Papa – CIP en Quito durante 10 años, periodo en el que completó sus estudios de M.S. con especialidad en Ciencias del Suelo en la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda. Luego se enroló como estudiante de doctorado en el Departamento de Horticultura en la Universidad Estatal de Pennsylvania – Penn State, USA, completando su programa académico con enfoque en la fisiología de la nutrición mineral de plantas. Desde el 2008 se unió al International Plant Nutrition Institute – IPNI, organismo del cual es el Director de la Oficina para el Norte de América del Sur en la actualidad. Sus responsabilidades incluyen la coordinación de proyectos de investigación en fertilización y nutrición de cultivos y el trabajo del IPNI en Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Panamá, Costa Rica y el Caribe.

**Dra. Cristina Mateus, Ph.D.**

Profesora, Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Ecuador



Ing. en Agro-empresas de la Universidad San Francisco de Quito – USFQ. Obtuvo un Ph.D. en Ingeniería de Recursos Hídricos en la Universidad Estatal de Oregón – OSU, USA, en donde analizó los impactos del cambio climático y los cambios de usos de tierra en los recursos hídricos, buscando soluciones para optimizar el uso del agua por medio de represas hidroeléctricas. Tiene experiencia en agricultura orgánica y en la instalación de sistemas de riego. Sus áreas de especialización son: gestión, manejo, mitigación y adaptación de recursos hídricos; ingeniería y restauración de ríos; programación y modelación de cambios climáticos y cuencas hidrológicas; manejo y optimización de reservorios y represas hidroeléctricas; interacciones de recursos de agua subterránea y superficial; y calidad del agua. En la actualidad es profesora de Ingeniería Ambiental en el Colegio de Ciencias e Ingenierías de la USFQ, donde realiza proyectos de investigación encaminados a entender los impactos del cambio climático.

**Dr. Eduardo F. Chávez, Ph.D.**



Profesor, Escuela Politécnica del Litoral – ESPOL, Ecuador  
Ing. Agropecuario de la Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL. Posee un título de Ph.D. del Departamento de Suelos y Aguas de la Universidad de Florida – UF, FL, USA. Tiene más de ocho años de experiencia en investigación y los resultados de su trabajo se han publicado en revistas científicas de alto impacto. En la actualidad es profesor de Edafología y Nutrición Vegetal en la carrera de Ingeniería Agrícola y Biológica en la ESPOL. Además, se desempeña como Director del Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal de esta universidad en el cual ejecuta proyectos de investigación relacionados con: la contaminación de suelos por metales pesados, calibración de análisis de suelos, translocación de nutrientes y contaminantes a las plantas, y la relación suelo-agua-fertilizantes. Entre sus trabajos destaca una investigación a nivel nacional concerniente a la problemática del cadmio en cacao; misma que se ejecuta de forma conjunta con la Universidad Católica de Lovaina y con una duración de 4 años (culminando en el 2020).

**Dr. José A. Espinosa, Ph.D.**



Profesor, Universidad Central – UCE, Ecuador  
Ing. Agrónomo de la Universidad Central del Ecuador – UCE. Posee títulos de posgrado en Agronomía (M.S.) y Ciencias del Suelo (Ph.D.) de la Universidad Estatal de Míchigan y la Universidad de Kentucky, USA. En su experiencia profesional destaca su trabajo en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP (1975-1989) y en el International Plant Nutrition Institute – IPNI (1989-2010). Además, fue profesor en la Universidad Tecnológica Equinoccial – UTE, Campus Santo Domingo (2011-2013), y en la actualidad es profesor en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UCE. Su destacada trayectoria se refleja en diversas publicaciones divulgativas, científicas (en revistas de alto impacto) y libros de manejo de suelos y nutrición de varios cultivos. Entre estas publicaciones destaca el primer libro de Suelos del Ecuador (publicado en 2018).

**Dra. Soraya P. Alvarado, Ph.D.**

Profesora, Universidad Central – UCE, Ecuador



Dra. en química de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH. Posee un título de M.S. Ciencias del Suelo y Plantas y un Ph.D. en Ciencias del Suelo de la Universidad de Kentucky – UK, KY, USA. Trabajó como investigadora en el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, donde ejecutó proyectos de investigación en fertilidad del suelo, nutrición de cultivos, y el manejo y conservación de suelos en alianza con centros y universidades nacionales e internacionales. En la actualidad es docente investigadora de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador – UCE. Además, ha sido docente de posgrado de la UCE y la Universidad Tecnológica Equinoccial – UTE.

**Dr. Juan E. León, Ph.D.**

Profesor, Escuela Politécnica del Chimborazo – ESPOCH, Ecuador



Ing. Agrónomo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - ESPOCH, Magister en Agricultura Sustentable de la Universidad Técnica de Ambato – UTA, y Ph.D. en Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Tiene cursos de capacitación en varios países. Inició sus actividades profesionales en 1989 en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, en el Programa de Fruticultura, donde se desempeñó como investigador, jefe de la Granja Experimental Píllaro y jefe equipo de la Zona Central del programa de fruticultura. En el 2000 se enroló a la vida privada desempeñándose como consultor de institucionales nacionales e internacionales. Fue Coordinador Nacional del Proyecto de transferencia de los sistemas de riego en el Ecuador, en el programa conjunto con la Universidad Estatal de Utah, USA. En la Subsecretaría del Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG fue Director Técnico de la Sierra. Ha sido docente invitado en varias universidades. Desde el 2009 es profesor de Riegos y Drenajes, Diseño de Sistemas de Riego, y Fruticultura I y II de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH. Su proyecto emblemático es la creación del Primer Centro Experimental del Riego – CER del Ecuador, siendo hasta la fecha el Director Ejecutivo del Centro. Gracias a un convenio de cooperación

entre el INIAP y la ESPOCH en el CER se han ejecutado varias investigaciones en el área de riego, incluyendo trabajos de titulación de pre y posgrado, mismos que se han presentado y publicado en varios eventos y revistas científicas.

**Dra. Patricia M. Aguirre, Ph.D.**

Profesora, Universidad Técnica del Norte – UTN, Ecuador  
Agrónoma de la Escuela Agrícola Panamericana – EAP, Zamorano, Honduras, C.A. Tiene estudios de M.S. en Agricultura Tropical y Subtropical y un Ph.D. en Ciencias Naturales con enfoque en Ecología del Paisaje de la Universidad Georg August de Gotinga, Alemania. Tiene más de 10 años de experiencia docente, investigativa y en la coordinación de proyectos internacionales. Entre sus líneas de investigación están: Desarrollo sustentable, gestión del desarrollo rural y educación para un desarrollo sustentable, cambio climático, agricultura sostenible, y turismo sustentable. Los resultados de sus trabajos se han publicado en libros y artículos científicos. En la actualidad es profesora del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica del Norte – UTN y Directora del Proyecto internacional entre la Universidad de Antioquia de Colombia, la Universidad de Vechta de Alemania y la UTN. Ha sido mentalizadora de varios programas de posgrado en ciencias ambientales en la UTN.



**Ing. Antonio A. González, M.S.**

Consultor Privado, Ecuador  
Ing. Agropecuario de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, con Maestría y especialidad en Suelos y Nutrición de plantas de la Universidad Central del Ecuador – UCE. Tiene cursos de especialización a nivel nacional e internacional en: fisiología vegetal, nutrición avanzada, fertirrigación, hidroponía y acuaponía, de cultivos hortofrutícolas y ornamentales en las universidades de Florida y Cornell, USA, y en el Colegio de Posgrados de México. Ha participado como ponente en varios eventos nacionales e internacionales y ha colaborado en investigaciones relacionadas con fisiología vegetal, absorción-extracción de nutrientes y análisis de modelos matemáticos de desarrollo fiso-morfológico de cultivos hortofrutícolas. En la actualidad es asesor en fisiología y nutrición vegetal de grupos y empresas agroexportadoras de cultivos hortofrutícolas y ornamentales [guanábana, uvas, berries (arándanos, fresas, frambuesa), aguacate, mango, nogal



pecanero, brócoli, rosas y claveles] en México, Ecuador, Colombia, Perú, Brasil, Centro América y USA.

**Dr. José L. Pantoja, Ph.D.**

Gerente Técnico, AGNLATAM S.A., Ecuador

Ing. Agrónomo de la Escuela Agrícola Panamericana – EAP, Zamorano, Honduras, C.A. En Zamorano fue asistente del Laboratorio de Suelos e instructor de estudiantes en la Unidad de Servicios Agrícolas. Realizó prácticas profesionales en química ambiental de suelos y fertilidad de suelos la Universidad de Florida – UF, FL, USA, y en la Universidad de Arkansas – U of A, AR, USA. Tiene un M.S. de la U of A y un Ph.D. de la Universidad Estatal de Iowa – ISU, IA, USA. Culminó su especialización en Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal con un post-doctorado en ISU. Regresó a Ecuador como parte del proyecto PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación – SENESCYT. En dicho proyecto realizó actividades de docencia, capacitación técnica, y proyectos de investigación en temas agrícolas con enfoque en fertilización y nutrición de cultivos. En la actualidad es Gerente Técnico de la empresa AGNLATAM S.A. y es docente invitado de varios programas de maestría en Ecuador. Además de sus actividades de consultoría a varias empresas privadas del sector agrícola, realiza proyectos de investigación en ciencias agrícolas con énfasis en: manejo y fertilidad del suelo, enmiendas del suelo, uso de fertilizantes y dinámica de nutrientes, y nutrición y producción de cultivos.



## RESUMENES DE PONENCIAS

### Uso racional del agua: Identificación y caracterización de tecnologías campesinas e indígenas utilizadas en sistemas productivos de altura

Juan E. León. R.<sup>1\*</sup>, Mayra R. Martínez<sup>2</sup>, Gabriela P. Rivera<sup>2</sup> y Julio D. Escobar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH, Centro Experimental del Riego. Riobamba, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [juan.leon@epoch.edu.ec](mailto:juan.leon@epoch.edu.ec).*

<sup>2</sup> *Proyecto TAAF Meso-Andino, Instituto Interamericano de Cooperación – IICA.*

#### Resumen

El conocimiento local y tecnologías indígena y tradicional se conciben como fuente imprescindible de información para enfrentar el cambio climático (CC) desde el saber local. Numerosas evidencias de extremos climáticos afectan a los sistemas productivos. La ausencia de lluvias entre Sept. 2009 y Ene. 2010 afectó a 18.000 familias campesinas (98% de área cultivada) de las provincias Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, y Tungurahua en Ecuador. Esta investigación se realiza aplicando herramientas metodológicas CVCA (metodología de análisis de capacidad y vulnerabilidad climática) y CRiSTAL (herramienta de evaluación del riesgo comunitario–Adaptación y medios de vida) además de las practicas empleadas como alternativas de adaptación a partir del conocimiento local para obtener datos detallados de la incidencia del CC en la microcuenca del río Chimborazo. En la cuenca alta, protección de vertientes con métodos físicos y barreras naturales con especies nativas arbóreas promueve recuperación de fuentes hídricas. En cultivos de secano alternativas identificadas responden a prácticas tradicionales de incorporación de especies forestales – como sistemas silvo-pastoriles– donde se observa influencia de las especies arbóreas en la conservación de la humedad del suelo (HS). Otra estrategia que responde a cultivos de secano es la utilización de policultivos, que consiste en la intercalación de especies con diferentes requerimientos hídricos. A más de generar una cubierta natural del suelo, estos sistemas reducen pérdida de HS por evaporación. En sistemas bajo riego se suministra agua por métodos a gravedad en monocultivos, pasto y policultivos; donde existe influencia directa del volumen de agua suministrado a parcelas. En los monocultivos (maíz, papa y toronjil) el sistema de riego de uso común es gravedad en canchales y surcos. Debido al CC y exposición de mayor superficie a la evaporación, es en estos sistemas donde existen valores más altos de pérdida de HS. En sistemas evaluados bajo el método tradicional de riego *pishku chaqui*, se observó influencia de la protección vegetal que provee el pasto frente a evaporación y cantidad de agua utilizada en riego. De la evaluación de pérdidas de HS del suelo a una profundidad de 30 cm se obtuvo que los monocultivos maíz y papa poseen los valores más altos con un 5 y 10%, respectivamente. En cambio, valores más bajos corresponden a sistemas de producción de policultivo en terrazas con 2% de pérdida de HS. En sistemas forestales esa pérdida corresponde al 4%.

**Palabras clave:** Adaptación, Agua, Cambio climático, Medios de vida, Tecnologías campesinas.

## La agricultura de precisión en el contexto de la producción agrícola en Latinoamérica

Leonel A. Espinoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de Arkansas – U of A, Departamento de Cultivos, Suelos y Ciencias Ambientales. Little Rock, AR, USA. E-mail: [lespinoza@uaex.edu](mailto:lespinoza@uaex.edu).*

### Resumen

El alto grado de variabilidad en la productividad de los cultivos en un lote ha sido tradicionalmente aceptado como parte del proceso productivo, sin que se pudiera hacer mucho al respecto. Pero los avances recientes en el área de posicionamiento geográfico y en el de tecnologías asociadas, ofrecen el potencial de: 1) Cuantificar la variabilidad en la productividad, 2) Identificar las causas de la variabilidad, y 3) Caracterizar zonas específicas para el manejo preciso del cultivo. Aunque la aplicación de tecnologías de Agricultura de Precisión (AP) en Latinoamérica es limitada, países como Brasil y Argentina han trabajado en esta área por varios años con objetivos variados. La AP puede potencialmente incrementar la productividad, reducir los costos de producción, reducir la variabilidad espacial en términos productivos y reducir el impacto ambiental. La caracterización apropiada de la variabilidad en las propiedades físico-químicas del suelo y en el patrón de crecimiento del cultivo es el requisito básico antes de implementar un programa de AP. Por ejemplo, el uso de la conductividad eléctrica aparente o inducción electromagnética (EM) permite caracterizar en detalle los cambios texturales dentro de un lote. La toma de muestras de suelo de manera intensiva y dirigida también permite desarrollar mapas que identifiquen contrastes en niveles nutricionales del suelo. Además, el uso de índices vegetativos (por ejemplo: GNDVI, Red Edge, RNDVI), y su eventual correlación con la biomasa producida ofrece la oportunidad de cuantificar la variabilidad en crecimiento y predecir el volumen de producción. Estos índices también sirven como guía para la aplicación variable de reguladores de crecimiento y la suplementación con N. Aunque la AP se ha centrado en el manejo de la nutrición, muchas otras prácticas culturales pueden aplicarse de forma dirigida al manejo del cultivo, por ejemplo: selección de variedades y densidad de siembra, prácticas de preparación de suelo, aplicación de la lámina de riego, y control de plagas de suelo. El objetivo de esta presentación es discutir sobre los requerimientos básicos para la exitosa aplicación de la AP en el contexto de la producción agrícola en Latinoamérica. Para ello se mostrará un ejemplo de una experiencia exitosa de las herramientas de AP.

**Palabras claves:** Agricultura de precisión, Conductividad eléctrica, Dosis variable de fertilizante, Índice vegetativo, Variabilidad en productividad.

## Impactos de cambio climático en los recursos hídricos: Un caso de estudio en Oregón, USA

Cristina Mateus<sup>1</sup>

*1 Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías. Quito, Ecuador. E-mail: [mcmateus@usfq.edu.ec](mailto:mcmateus@usfq.edu.ec).*

### Resumen

Es probable que los futuros cambios en el suministro de agua varíen entre las cuencas debido a la sensibilidad de la cuenca al cambio climático (CC) y al uso de la tierra. En un estudio realizado en Oregón, USA, se examinó la disponibilidad futura de recursos hídricos tomando en cuenta el papel que tiene la elevación, la intensidad de las demandas de agua y la aparente intensidad de las interacciones del agua subterránea, como las características que influyen en la sensibilidad al CC y el uso de la tierra. En el contexto de la escasez de agua, se comparó los impactos en el suministro de agua resultantes del CC y el uso de la tierra con los impactos de la demanda de agua. Se demostró que el impacto del CC y el uso de la tierra sobre los recursos hídricos varía entre las sub-cuencas con diferentes características (por ejemplo: diferencias en hidrogeología, uso de la tierra y elevación). Los resultados indican que la demanda de agua ejerce la mayor influencia en la sensibilidad de la cuenca a la escasez de agua, independientemente de la hidrogeología, con la mayor demanda ubicada en los tramos inferiores de la cuenca que son dominados por los usos agrícola y urbano de la tierra. Se determinó que la cuenca en la cual el principal suministro de agua proviene de aguas subterráneas puede ser más sensible al CC y al uso de la tierra, en relación a la cuenca en la que su principal suministro de agua es la precipitación y el deshielo. Los resultados destacan la importancia de evaluar la sensibilidad al cambio de cada cuenca para la planificación del almacenamiento y asignación de los recursos hídricos en cuencas en entornos hidrogeológicos diferentes.

**Palabras clave:** Cambio climático, Cuencas, Demanda de agua, Recursos hídricos, Uso de la tierra.

## Manejo de suelos en la cuenca del Río Mira y sus implicaciones en el desarrollo sustentable

Patricia M. Aguirre<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Técnica del Norte – UTN, Instituto de Posgrado. Ibarra, Ecuador. E-mail: [pmaquirre@utn.edu.ec](mailto:pmaquirre@utn.edu.ec).*

### Resumen

El suelo es un recurso de importancia fundamental para el desarrollo de los pueblos. Sin embargo, el mal manejo ha acelerado la degradación del suelo y ha causado graves pérdidas en producción de alimentos. Además, la degradación ha resultado en efectos adversos como la pérdida de la biodiversidad y menor calidad de las fuentes de agua. Con el objetivo de conocer su estado de conservación en la cuenca del Río Mira se han realizado varios estudios relacionados con los efectos del cambio del uso del suelo y la pérdida de la capa arable por erosión. Resultados de estos estudios muestran que en la última década el cambio del uso del suelo ha generado efectos negativos en la conservación de las fuentes de agua. Adicionalmente se han identificado las zonas más vulnerables de la cuenca, en especial a los efectos negativos causados por la erosión. También se ha identificado que los cambios propuestos en las formas de producción para lograr una agricultura más sostenible no se evidencian en los sistemas productivos de la cuenca. Al parecer los productores no son muy receptivos a cambiar sus formas de producir, en especial del manejo del suelo. El análisis de los resultados de estos trabajos sugiere que es necesario tomar medidas correctivas desde varios frentes, y así lograr mejorar las prácticas de conservación del suelo, pero también la conservación de la biodiversidad y la calidad de los recursos hídricos. En esta ponencia se presentan los resultados de estas evaluaciones y las medidas propuestas para lograr una agricultura más sustentable en la cuenca del Río Mira.

**Palabras clave:** Cambio de uso del suelo, Cuencas, Erosión, Manejo de suelo, Río Mira.

## La fuente de fertilizante y el cultivar tuvieron más impacto que el tipo de cobertura en la producción de biomasa de arándano (*Vaccinium corymbosum*) en un sistema de producción orgánica a largo plazo

Javier A. Fernández-Salvador<sup>1\*</sup> y Bernadine Strik<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Estatal de Oregón – OSU, Departamento de Horticultura. Corvallis, OR, USA. \*Autor de correspondencia: [javier.f-s@oregonstate.edu](mailto:javier.f-s@oregonstate.edu).*

### Resumen

El objetivo fue determinar el impacto de cultivar (C) ('Duke', 'Liberty'), tipo de cobertura (TC) (aserrín, esterilla de maleza), y fuente de fertilizante (FF) (harina de plumas, solubles de pescado) en la acumulación de biomasa seca por dos años en arándanos maduros del norte (*Vaccinium corymbosum*) cultivado bajo manejo orgánico a largo plazo. Las plantas se cultivaron en camas elevadas, se fertilizaron con 57-140 kg N ha<sup>-1</sup> (140 kg N ha<sup>-1</sup> durante el periodo de evaluación) y se regaron por goteo. Las plantas enteras se cortaron en la etapa de fruta verde y después de la cosecha en 2015, y en la dormancia en 2015–2016 y se separaron en partes. La fruta madura se cosechó a mano. 'Liberty' tuvo mayor biomasa de hojas que 'Duke' en la senescencia en 2015–2016 (0.49 vs. 0.29 kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente), produjo más biomasa de látigo (0.025 vs. 0.013 kg planta<sup>-1</sup>) en la etapa de fruta verde, y tuvo coronas más pesadas en dormancia en el 2016 (1.43 vs. 0.92 kg planta<sup>-1</sup>). En la etapa de fruta verde, 'Liberty' produjo más biomasa foliar cuando se fertilizó con harina de plumas, sin efecto en 'Duke'. Por el contrario, 'Duke' produjo más biomasa de tallo en esta etapa cuando se fertilizó con solubles de pescado, con poco efecto en 'Liberty'. La fertilización con harina de plumas produjo una mayor biomasa de raíces en las cuatro etapas en comparación con los solubles de pescado; las diferencias en la biomasa radicular fueron de 44-67%, con el mayor efecto en dormancia. La fertilización con harina de plumas resultó en mayor biomasa de copas en todas las etapas, excepto en dormancia 2015. En la dormancia 2016, la biomasa de madera fue mayor cuando se fertilizó con harina de plumas que con solubles de pescado. La harina de plumas aumentó la biomasa foliar en fruta verde en 24% en comparación con los solubles de pescado. La biomasa total de la planta fue 26 y 40% mayor con harina de plumas que con solubles de pescado en fruta verde y dormancia 2016, respectivamente. Hubo una interacción C x TC x FF en la biomasa de madera de 1 año en la dormancia 2015. La cobertura de aserrín aumentó la biomasa del tallo con harina de plumas en lugar de solubles de pescado en 'Liberty', pero no con 'Duke'. Con esterilla de maleza, 'Liberty' tuvo mayor biomasa de tallo con solubles de pescado que con harina de plumas, pero no con 'Duke'. En dormancia, la esterilla de malezas incrementó la biomasa de las hojas (28%) y del tallo de 1 año (52%) en 2015 y 2016, en comparación con aserrín. 'Liberty' produjo más biomasa de fruta (producción) que 'Duke' en 2015 (52%) y 2016 (83%). No hubo efecto de TC ni FF en la producción. Los mayores impactos en la acumulación de biomasa

en estos sistemas de producción orgánica fueron C y FF; el TC tuvo poco efecto en la biomasa de la planta y su acumulación los 2 años de estudio.

**Palabras clave:** Arándano, Biomasa, Cobertura, Fuente de fertilizante, Producción orgánica.

## Indicadores de eficiencia en el marco de las 4R del manejo de nutrientes en cultivos agrícolas

Raúl E. Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Oficina para el Norte de América del Sur del International Plant Nutrition Institute – IPNI. Quito, Ecuador. E-mail: [rjaramillo@ipni.net](mailto:rjaramillo@ipni.net).*

### Resumen

Las mejores prácticas de manejo (MPM) de nutrientes y enmiendas en los sistemas de cultivo son el resultado de interpretar adecuadamente una cantidad numerosa de variables interrelacionadas de clima, suelo y cultivo. Por ejemplo, el buen manejo del N en arroz es afectado por el manejo de las nivelaciones del suelo (*taipas*), láminas agua y calidad de semilla. Con estos tres factores optimizados, se consigue un cultivo uniforme y un descenso en las pérdidas del N. Debido a la alta variabilidad espacial y temporal asociada, entre otras variables, con el patrón de precipitación, la profundidad efectiva del suelo, el contenido de nutrientes y materia orgánica, es arriesgado y poco eficiente conducir el manejo de los cultivos con un solo criterio o *receta*. El Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI) ha generado recomendaciones para agrónomos y productores interesados en alcanzar las MPM de nutrientes en cultivos, que se resumen en las “4R” de la nutrición de plantas: selección de la *fuerza adecuada*, en la *dosis adecuada* y requerida en función del rendimiento deseado, en el *momento y lugar adecuados*. Lograr las 4R es en realidad un proceso de generación y análisis de indicadores de eficiencia. Este proceso se inicia manteniendo y manejando registros de rendimientos, prácticas e insumos empleados. Conjuntamente con los registros, se debería tener algún tipo de diagnóstico de clima y suelo para definir unidades de manejo. Es fundamental en este aspecto descriptivo, el uso de análisis de suelos, calicatas exploratorias y barrenaciones que permitan describir la variabilidad del terreno. El más sencillo de los indicadores de eficiencia es el *Factor Parcial de Productividad (FPP)*, que resulta de dividir el rendimiento entre las unidades de nutriente, agua, dólares u horas de trabajo empleadas. Una segunda medida, relativamente sencilla, pero que involucra análisis de tejido y grano, es el *Balance de Nutrientes (BN)* que se obtiene por la diferencia entre las entradas y salidas de nutrientes del cultivo. Es la diferencia de la cantidad exportada o removida de nutrientes, menos las entradas en forma de fertilizante y enmiendas. Una dimensión adicional, pero fundamental en el análisis de eficiencias, se logra mediante controles y parcelas testigo sin el uso de nutrientes. La diferencia en rendimientos y absorción de nutrientes entre los testigos y el manejo regular permiten estimar la *Eficiencia Agronómica (EA)* y *Fisiológica (EF)* que son los *incrementos* con el uso de un nutriente frente al testigo. El uso conjunto de estos indicadores para cada unidad de manejo permite conseguir rendimientos altos y sostenibles, o iniciar procesos de corrección.

**Palabras clave:** Eficiencia agronómica, Factor parcial de productividad, Fertilizantes, Manejo de nutrientes, 4R.

## Los retos del manejo de la labranza en suelos de la región Sierra de Ecuador

José A. Espinosa<sup>1\*</sup> y Fabián Montesdeoca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Central del Ecuador – UCE, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [jespinosa@fragaria.com.ec](mailto:jespinosa@fragaria.com.ec).*

### Resumen

El manejo continuo del suelo con labranza convencional (LC) ha promovido cambios profundos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, con efectos negativos en el rendimiento de los cultivos y el ambiente. Los argumentos para remover el suelo para la siembra son variados; se dice que la remoción es necesaria para controlar las malezas, permite una mejor aireación, evita la compactación y desarrolla un medio adecuado para el desarrollo de las raíces. Sin embargo, la constante remoción destruye el espacio poroso afectando el movimiento de agua, gases y nutrientes, y además oxida la materia orgánica (MO) y reduce los contenidos de C orgánico (CO). Todas estas condiciones afectan el crecimiento saludable del cultivo porque, al contrario de lo que se piensa, reduce la resiliencia del suelo a la compactación, degradación, erosión, sequía y otras condiciones de estrés. Quizá la práctica de manejo que mejor controla la erosión y mantiene o mejora la calidad del suelo es la siembra directa (SD), práctica que se basa en la siembra de los cultivos sin remover el suelo, dejando sobre el campo los residuos de la cosecha anterior. A pesar del éxito de la SD en extensas zonas del mundo, esta forma de manejo no se ha adoptado en zonas de cultivo con predominio de pequeños productores en la región Sierra de Ecuador; porque aparentemente su adopción es muy complicada por la agricultura campesina. Existen amplias posibilidades de investigación en SD para documentar el efecto de esta práctica en las propiedades del suelo, el control de erosión, el secuestro de C y la productividad de los cultivos. La mayor dificultad para establecer el sistema de SD es el control de malezas al no haber remoción del suelo; sin embargo, esto no se logra sin una adecuada cobertura del campo con los residuos de las cosechas anteriores y con el uso adecuado de glifosato. El tiempo para el completo establecimiento de la SD en el campo puede variar según la rotación de cultivos y la habilidad del productor, pero por lo general el proceso toma entre 3 y 4 años. Sin embargo, la mejor forma de lograr resultados positivos es iniciar el proceso con la siembra de cultivos densos de cobertura que permiten cubrir el campo con abundante material vegetal para luego sembrar a través de esa cobertura. Esta presentación discute los retos de la implementación de SD en lotes que simulan las condiciones de pequeños productores y los avances alcanzados en la evalúa.

**Palabras clave:** Erosión, Labranza, Pequeños productores, Región sierra, Siembra directa.

## Uso de microorganismos del suelo para mejorar la nutrición vegetal en suelos del trópico

Nelson W. Osorio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. E-mails: [nwosorio@gmail.com](mailto:nwosorio@gmail.com), [nwosorio@unal.edu.co](mailto:nwosorio@unal.edu.co).*

### Resumen

Los suelos en la zona tropical húmeda tienden a presentar baja disponibilidad de nutrientes, en especial N, P, K, Ca, Mg y S. Esto puede resultar en una limitada productividad agrícola y se hace necesario aplicar altas dosis de fertilizantes, enmiendas y/o abonos orgánicos. La eficiencia de la fertilización por lo general es baja (< 60%), y muy baja para el elemento P (< 10%). El objetivo de este documento es presentar algunas funciones de los microorganismos del suelo presentes en la rizósfera y que son capaces de solubilizar el P mediante la disolución de minerales insolubles (nativos o aplicados con la fertilización) y la desorción del mismo a partir de los sitios de fijación en el suelo. Se presentan los mecanismos de acción de estos microorganismos solubilizadores de P (MSP) a través de la liberación de ácidos orgánicos y las reacciones de estos ácidos en el suelo. En periodos recientes se ha encontrado que hay fuerte evidencia de que estos microorganismos también pueden disolver otros minerales, ampliando así su efectividad para mejorar la nutrición de las plantas a partir de nutrientes presentes en el suelo como parte de esos minerales. Así mismo, se discute la función de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) para asociarse de forma simbiótica con las raíces de las plantas y mejorar así su capacidad para absorber agua y nutrientes, en especial P. A través de varios resultados de investigación en especies tropicales de interés agronómico (por ejemplo: aguacate, banano y café) se discuten los mecanismos de acción y su efectividad para mejorar la eficiencia en la fertilización. Los experimentos recientes muestran que con el uso combinado de ambos microorganismos (MSP + HMA) se puede lograr un impacto positivo en la nutrición vegetal y de ahí que se ha generado un creciente interés por el desarrollo de bio-fertilizantes como productos comerciales de uso agrícola.

**Palabras claves:** Bio-fertilización, Bio-solubilizadores, Fósforo, Micorrizas, Suelos tropicales.

## Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y en la población de esporas micorrícicas en Pintag, Ecuador

José L. Pantoja<sup>1</sup>, Andrea C. Lema<sup>2</sup>, Saskia Casper<sup>3</sup>, Rommel A. Muñoz<sup>3</sup>, Kléver M. Quimbiulco<sup>4</sup>, Emilio R. Basantes<sup>5</sup> y María E. Medina<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com).*

<sup>2</sup> *Ministerio de Agricultura – MAG, Sub-secretaría de Agricultura. Quito, Ecuador.*

<sup>3</sup> *Ex-estudiante de pasantía en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>4</sup> *Universidad Técnica de Cotopaxi – UTC. Latacunga, Ecuador.*

<sup>5</sup> *Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

### Resumen

Encontrar la dosis óptima de fertilización para mejorar la productividad y reducir los impactos negativos de los fertilizantes en el ambiente –en especial por volatilización y lixiviación– y en el ecosistema es uno de los retos actuales de la agricultura. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) a la fertilización nitrogenada (FN) y el impacto de la FN en la población de micorrizas nativas en el suelo. El estudio se realizó entre marzo 2014 y febrero 2015 en dos sitios experimentales de la Hda. Valencia, Parroquia de Pintag, Quito, Ecuador. La FN se efectuó con urea normal y polimerizada (urea + tiofosfato de N-n-butiltriamida). En cada sitio se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en un arreglo de parcelas divididas [la urea (normal o polimerizada) fue la parcela principal y la FN (0, 30, 60, 90, 120, y 150 kg N ha<sup>-1</sup>) la sub-parcela]. Para la siembra se utilizaron 110 kg ha<sup>-1</sup> de semilla de la variedad INIAP Cañicapa 2003; 50% de la FN se aplicó tres semanas después de la siembra (al voleo) y 50% a las ocho semanas. El análisis estadístico incluyó análisis de varianza y la determinación de modelos matemáticos con el programa estadístico SAS9.3. El tipo de urea no tuvo efecto en la producción de cebada en ninguno de los sitios experimentales ( $p > 0.10$ ), pero la producción promedio fue diferente entre los dos sitios (4.33 y 2.08 Mg ha<sup>-1</sup> para los sitios 1 y 2, respectivamente). El exceso de lluvia pudo limitar el efecto del tipo de urea en la producción de cebada. En promedio se obtuvo una respuesta cuadrática a la FN ( $p < 0.01$ ;  $r^2 = 0.96$ ), con una dosis óptima de N (DON) de 90 kg N ha<sup>-1</sup> y una producción de 3.41 Mg ha<sup>-1</sup>. Esta DON es similar a la dosis recomendada para cebada en Ecuador. La FN aumentó el contenido de proteína en el grano hasta 14.50% ( $p < 0.01$ ) y acidificó el suelo, porque la nitrificación de urea produce H<sup>+</sup>. No hubo efecto del tipo de urea en la población de micorrizas nativas ( $p = 0.57$ ); sin embargo, hubo un efecto negativo de la dosis de FN ( $p < 0.01$ ), generando una relación lineal decreciente entre la dosis aplicada y el número de esporas ( $p < 0.01$ ;  $r^2 = 0.96$ ). La disminución de la población fue del 44% entre la dosis más alta de N

(150 kg N ha<sup>-1</sup>) y el tratamiento control (0 kg N ha<sup>-1</sup>), obteniéndose 2500 vs 1400 esporas 100 g<sup>-1</sup> suelo, respectivamente. Los resultados indican que –para lograr una producción más sustentable– se deben buscar alternativas para el uso eficiente de los fertilizantes en términos productivos, ambientales y ecológicos.

**Palabras clave:** Biodiversidad, Fertilización nitrogenada, Contenido de proteína, Micorrizas nativas, Urea polimerizada.

### **Micorrizas: Enlace clave suelo-raíz**

Antonio A. González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Asesor Agrícola en Producción de Cultivos Ornamentales y Hortofrutícolas. Quito, Ecuador. E-mail: [antonio\\_gonzalezi22@yahoo.com](mailto:antonio_gonzalezi22@yahoo.com).*

### **Resumen**

El término micorriza (Mycos = hongo, Rhiza = raíz) es para designar la asociación que se presenta entre hifas de algunos hongos del suelo y las raíces de la gran mayoría de las plantas superiores. Las micorrizas se identifican como “la asociación simbiótica entre determinadas especies de hongos del suelo y las raicillas (pequeñas raíces) de diferentes especies de plantas”, es decir, dependencia entre hongo y raíz, unión armónica e íntima de ayuda mutua. Las micorrizas originan cambios en los exudados radicales, los cuales alteran la descomposición de los materiales presentes en la rizósfera del suelo por la acción de diversos microorganismos. La microbiota del suelo puede afectar la formación y función de las micorrizas, así mismo las combinaciones de los agentes de bio-control (BC) y los hongos micorrícicos (HM) pueden incrementar el control biológico contra patógenos del suelo. La modificación del sistema radicular por la asociación simbiótica con las micorrizas contribuye a mejorar la absorción de nutrientes y el transporte de agua en el sistema suelo-planta. Esto ocurre por el incremento en el volumen de suelo explorado, lo cual se refleja en un mayor desarrollo vegetal. Las micorrizas se caracterizan por ser simbioses obligados, es decir, no pueden completar su ciclo biológico en ausencia de la planta hospedera y es necesario que estén asociados a la raíz para obtener fuentes de C proveniente de la fotosíntesis; a cambio suministran a la planta nutrientes minerales y agua que extraen del suelo. Además, las micorrizas actúan incrementando la conductividad hidráulica del sistema radicular, modificando la arquitectura de la raíz, y favoreciendo su desarrollo por la mejora en las relaciones hídricas de la planta y la mayor absorción de nutrientes. Por lo general se considera que las micorrizas tienen posibilidades de mejorar el crecimiento de sus hospederos en suelos donde el estado nutrimental es bajo; por lo tanto, el efecto de la micorriza y el establecimiento en el sistema radical son afectados por el estado nutrimental del suelo. Los beneficios económicos se derivan de una mayor y más uniforme producción, una mayor rapidez de crecimiento y entrada en producción de las plantas, una mejor calidad de la cosecha y un ahorro en fertilizantes, riego y productos fitosanitarios.

**Palabras clave:** Absorción nutrimental, Asociación simbiótica, Exudados radiculares, Micorriza, Raíz.

## Función e impacto de la biología de suelos en la nutrición vegetal

Miguel S. Castillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Estatal de North Carolina – NCSU, Departamento de Cultivos y Suelos. Raleigh, NC, USA. E-mail: [mscastil@ncsu.edu](mailto:mscastil@ncsu.edu).*

### Resumen

Prácticas agrícolas como uso de cultivos de cobertura, rotación de cultivos, labranza mínima, e integración tempo-espacial de sistemas agrícolas y ganaderos (agro-ganaderos), tienen potencial para proteger e incrementar la materia orgánica (MO) del suelo y prevenir los efectos negativos de la erosión. Estas prácticas, también denominadas prácticas de salud de suelos (PASS), actúan mediante cuatro mecanismos: 1) perturbación mínima del suelo, 2) mantenimiento de raíces vivas, 3) protección del suelo (al mantenerlo cubierto) el mayor tiempo posible, y 4) la diversificación de la microbiología mediante la diversificación de cultivos. Existe una relación estrecha entre MO y la actividad microbiana del suelo (AMS); esta relación se modifica por las condiciones ambientales y el uso de prácticas agrícolas, y es determinante para la conservación de suelos, producción de cultivos y nutrición vegetal. En esta presentación se utilizará información científica publicada en revistas de alto impacto para revisar y discutir los conceptos y mecanismos de interacción entre la biología del suelo y las prácticas convencionales de uso agrícola, su impacto en la eficiencia de la fertilización, y la producción de cultivos.

**Palabras clave:** Actividad microbiana, Materia orgánica, Nutrición vegetal, Prácticas agrícolas, Salud de suelos.

## Dinámica de la materia orgánica del suelo: Factor clave de sostenibilidad

Soraya P. Alvarado-Ochoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Central del Ecuador – UCE, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. E-mail: [spalvarado@uce.edu.ec](mailto:spalvarado@uce.edu.ec).*

### Resumen

La materia orgánica del suelo (MOS), con la diversidad de compuestos de C que la constituyen, es un componente esencial que se relaciona de forma directa con las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. En cuanto a las propiedades físicas, la estructura del suelo se beneficia por ciertos constituyentes de la MOS asociados con la formación y estabilización de agregados; y por tanto, con el régimen de humedad y temperatura. En cuanto a las propiedades químicas, debido a la gran superficie específica y de densidad de carga de los coloides orgánicos del suelo, la mayor parte de la capacidad de retención de agua y de intercambio iónico se debe a la MOS. Esta última característica se relaciona de forma directa con el nivel de fertilidad del suelo y con su capacidad para retener contaminantes. Además, por su composición química elemental, la MOS constituye una fuente de abastecimiento lento de nutrientes, en especial N, que es el nutriente más limitante para lograr altos rendimientos en la mayoría de cultivos. Por tanto, entender la biodisponibilidad del N en un suelo es función directa de la dinámica de la MOS. En cuanto a las propiedades biológicas, la MOS provee energía para la mayoría de microorganismos presentes en el suelo, e incluso bajo la forma de ciertos compuestos tiene efectos estimulantes directos sobre el desarrollo de las plantas. En la agricultura, la cantidad y calidad de la MOS está en dependencia directa de las condiciones edafo-climáticas y prácticas agrícolas como: fertilización, labranza, y rotación de cultivos; que eventualmente facilitan diversos procesos de mineralización o estabilización. La mineralización de la MOS garantiza la biodisponibilidad de nutrientes como el N, pero también la contaminación de aguas subterráneas por lixiviación de compuestos nitrogenados solubles; así como, la liberación a la atmósfera de gases contaminantes (CO<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O), contribuyendo al efecto invernadero. Por el contrario, con la estabilización de la MOS se vislumbra el potencial que los suelos agrícolas tienen para secuestrar C y contribuir a mitigar el cambio climático. Para finalizar, es indispensable entender la dinámica de la MOS mediante modelos conceptuales con fracciones medibles, para alcanzar sistemas agrícolas sostenibles que garanticen rentabilidad y que al mismo tiempo contribuyan con la conservación del medio ambiente.

**Palabras clave:** Carbono, Estabilización de la materia orgánica, Nitrógeno, Propiedades del suelo, Sostenibilidad.

## Presencia de cadmio (Cd) en áreas cacaoteras de Ecuador: (Bio) disponibilidad, acumulación en granos y posibles estrategias de mitigación

Eduardo F. Chávez<sup>1\*</sup>, Zhenli He<sup>2</sup> y Erik Smolders<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL, Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal. Guayaquil, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [fchavez@espol.edu.ec](mailto:fchavez@espol.edu.ec).*

<sup>2</sup> *University of Florida – UF. Gainesville, FL, USA.*

<sup>3</sup> *Katholic University of Leuven, Division of Soil and Water Management. Bélgica.*

### Resumen

La presencia de Cd en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su translocación a subproductos como el chocolate ha alarmado a productores y consumidores a nivel mundial. En este contexto, la Unión Europea estableció límites de Cd en chocolates y sub-productos que serán implementados en el 2019. Aquí se resume los resultados de trabajos realizadas en la ESPOL para determinar el impacto y potenciales medidas mitigación en zonas cacaoteras. En un primer estudio se monitorearon 19 fincas en las provincias de Guayas y El Oro (sur del Ecuador) donde se colectaron muestras de suelo, hojas y mazorcas. Las muestras de suelo fueron tomadas a cuatro profundidades: 0-5, 5-15, 15-30 y 30-50 cm de la superficie. Se tomaron 30 hojas y 3-4 mazorcas maduras en árboles adyacentes a los puntos de suelo muestreados. En suelo se determinó Cd pseudo-total (ST) por USEPA 3050B y extraíble por tres métodos: Mehlich 3 (M3), 0.1 M HCl y 1 M NH<sub>4</sub>AOC. Además, se realizó un análisis de fraccionamiento secuencial para determinar la fracción disponible en suelos. Las muestras de hojas y almendras se digestaron utilizando 6 mL de HNO<sub>3</sub>. Todos los digestos/extractos se analizaron mediante ICP-OES. La concentración promedio de Cd ST en suelos fue de 1.53 y 0.85 mg kg<sup>-1</sup> para las profundidades de 0-5 y 30-50 cm, respectivamente. La concentración promedio en almendras fue de 0.94 mg kg<sup>-1</sup>, misma que sobrepasa el límite establecido para cacao en polvo. Los estudios de biodisponibilidad de Cd en suelos revelaron una correlación significativa entre Cd en almendras y Cd extraído por M3 y HCl ( $r > 0.70$ ), y Cd en almendras y Cd en la fracción ácido soluble ( $r > 0.70$ ). Se seleccionaron tres suelos y se adicionaron dos concentraciones de Cd: 0 (control) y 5 mg kg<sup>-1</sup>. Luego se agregaron dos enmiendas: zeolita y humus de lombriz a 0, 0.5 y 2% e incubados por 28 d bajo condiciones de laboratorio. La adición de humus de lombriz al 2% redujo el Cd extraíble por debajo del límite de medición a los 14 d de incubación en los tres suelos evaluados. Simultáneamente, esta enmienda incrementó el pH de los suelos entre 2 y 4 unidades en el mismo periodo de tiempo. Existió una correlación negativa ( $r < -0.89$ ) entre pH y Cd extraíble. En la actualidad la ESPOL de forma conjunta con la KU Leuven desarrollan un estudio a nivel país. Como parte de este estudio se colectaron 560 muestras en 14 provincias. En estas muestras se determinaron las concentraciones de Cd en suelo, hojas y almendras. En general, la concentración de Cd tuvo un rango de

0.02 a 6.90 mg kg<sup>-1</sup> con un promedio de 0.44 mg kg<sup>-1</sup>, 0.13 a 55.51 mg kg<sup>-1</sup> con una media de 2.62 mg kg<sup>-1</sup>, y de 0.03 a 10.39 mg kg<sup>-1</sup> con un promedio de 0.90 mg kg<sup>-1</sup> en suelos, hojas y almendras, respectivamente. A futuro se determinarán los puntos calientes de contaminación y se evaluarán estrategias de mitigación en estas zonas.

**Palabras clave:** Cacao, Cadmio, Contaminación de suelos, Humus de lombriz, Metales pesados.

## Variabilidad de la repelencia al agua en Andisoles de Antioquia, Colombia

Daniel F. Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. E-mail: [djaramal@unal.edu.co](mailto:djaramal@unal.edu.co).*

### Resumen

En el suelo se acumulan compuestos orgánicos hidrofóbicos que los hacen difíciles de humedecer. La repelencia al agua (RA) o resistencia del suelo a humedecerse no es una propiedad permanente y su manifestación está controlada por la humedad: en época seca el suelo puede mostrarse repelente al agua, pero después de algunas lluvias, la repelencia puede desaparecer. Cuando aumenta la temperatura, reordena compuestos hidrofóbicos y le transmite este carácter al suelo. La quema de rastrojos e incendios pueden tener un doble efecto: generar y movilizar compuestos hidrofóbicos en el interior del suelo, o descomponer los compuestos hidrofóbicos y eliminar la RA si la temperatura es extrema. La RA es un fenómeno de superficie específica y por esto, los suelos más susceptibles a presentarla son los de textura gruesa, y se requiere muy poca cantidad de materia orgánica (MO) para que se produzca. Por lo general no se manifiesta de forma continua en el espacio sino formando parches repelentes que alternan con parches humectables. Además, es una propiedad muy variable, tanto aleatoria como espacial y temporalmente. Estas características hacen difícil su detección, estudio y manejo en campo. La RA reduce la velocidad de infiltración, la capacidad de almacenamiento de agua y la variabilidad microbiana; pero incrementa la pérdida de agua por evaporación a partir de la superficie, la escorrentía, la susceptibilidad a la erosión, la estabilidad de los agregados, la pérdida de nutrientes y otros materiales por lixiviación. Es decir, hay un deterioro generalizado en la estructura global del suelo. El humedecimiento del suelo es desuniforme y puede generar vías de flujo preferencial que aumentan el riesgo de contaminación de aguas subterráneas y niveles freáticos. Se ha detectado y estudiado este fenómeno en Andisoles de una cuenca hidrográfica de 3000 ha localizada a 17 km al oriente de Medellín. Los resultados muestran una alta severidad de la RA: MED > 3 M, variando entre 2 M y 6 M, y una alta persistencia (tiempo necesario para que una gota de agua entre al suelo): WDPT > 300 s en condiciones de campo y > 3600 s en muestras secadas al horno, variando entre 5 s y más de 10800 s. Esta variabilidad tiene un componente espacial alto y de

rango corto: < 2 m, con una distribución en parches con RA embebidos en suelo humectable. No se ha encontrado una relación consistente entre la RA y los contenidos de humedad y MO. Se han extraído diversos compuestos orgánicos de Andisoles con RA con una mezcla de isopropanol-amoniaco, dominada por alcanos, ácidos y alquenos de cadenas largas: hasta 135 en algunas muestras. El cambio climático (CC) puede generar problemas serios de manejo de suelos en el corto plazo por la generación de repelencia al agua en ellos.

**Palabras clave:** Andisoles, Compuestos orgánicos, Hidrofobicidad de suelos, Repelencia al agua, Variabilidad.

## RESUMENES DE POSTERS

### Evaluación *in vitro* de *Trichoderma spp.* y *Bacillus spp.* como controladores biológicos conjuntos de *Fusarium oxysporum* en uvilla (*Physalis peruviana*), ecotipo colombiano, en la sierra norte y centro del Ecuador

Alexander D. Silva<sup>1\*</sup> y Jeniffer M. Yáñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador – PUCE, Escuela de Ciencias Biológicas. Quito, Ecuador. \* Autor de correspondencia: [adsilva1992@hotmail.com](mailto:adsilva1992@hotmail.com).

#### Resumen

La uvilla (*Physalis peruviana*) ha logrado espacio en el mercado ecuatoriano, convirtiéndose en la fuente principal de ingresos de varias familias en la serranía. Uno de los principales problemas en la producción de uvilla es el marchitamiento vascular, generado por el complejo fúngico del fitopatógeno *Fusarium oxysporum*. El control químico de esta enfermedad es ineficaz y puede afectar la calidad del fruto. El objetivo de este estudio fue el aislamiento, identificación morfológica, molecular y detección de actividad antagonista de *Trichoderma spp.* y *Bacillus spp.* como alternativas biológicas conjuntas de control para *Fusarium oxysporum* en ensayos *in vitro*. Se muestreó 12 localidades productoras de uvilla en las provincias de Cotopaxi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, para un total de 252 muestras. Se obtuvo 25 aislados de *Trichoderma spp.* y 36 de *Bacillus spp.* identificados por su morfología macro y microscópica. Posterior a la extracción de ADN de los aislados, se usó los *primers* ITS 1 y 4 para la PCR en el caso de hongos, y para las bacterias se utilizó los *primers* PA forward y PH reverse dirigidos al gen 16s rRNA. Por medio de un *screening* de antagonismo para

*Bacillus* se escogió previamente 10 aislados, 6 con antagonismo medio y 4 con antagonismo positivo. Las cepas escogidas fueron identificadas de forma molecular como *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus*. Mediante las pruebas de antagonismo individual de *Trichoderma* se eligió 7 aislados de diferente especie con porcentajes de inhibición de crecimiento radial (PICR) superiores al 50%. Se probó la compatibilidad de los microorganismos elegidos de forma conjunta en platos Petri con PDA. Las cepas de *Bacillus cereus* presentaron compatibilidad, pero las cepas de *Bacillus subtilis* no. Se obtuvo en total 14 combinaciones con *Trichoderma*. La compatibilidad y viabilidad de ambos microorganismos se comprobó mediante microscopia y siembra del crecimiento micelial. Las pruebas de antagonismo conjunto entre cepas compatibles de *Bacillus spp.* y *Trichoderma spp.* contra *Fusarium oxysporum* presentaron porcentajes de inhibición mayores a los obtenidos de forma individual. Los resultados exitosos plantean nuevas pruebas conjuntas a nivel de invernadero y campo, así como aplicaciones individuales de todos los microorganismos encontrados en este estudio por su destacable potencial antagonista.

**Palabras clave:** Antagonismo conjunto, Antagonismo individual, Compatibilidad, Control biológico, Porcentaje de inhibición.

## Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos sitios experimentales en Pintag, Pichincha, Ecuador

Andrea C. Lema<sup>1</sup>, Kléver M. Quimbiulco<sup>2</sup>, Emilio R. Basantes<sup>3</sup> y José L. Pantoja<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Graduada de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Universidad Técnica de Cotopaxi – UTC. Latacunga, Ecuador.*

<sup>3</sup> *Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>4</sup> *AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [josehispantoja@gmail.com](mailto:josehispantoja@gmail.com).*

### Resumen

La agricultura enfrenta serios desafíos para mejorar la productividad de los cultivos y reducir los impactos negativos de la fertilización en el ambiente y el ecosistema. Esto requiere estudios que evalúen diferentes alternativas de fertilización, y la dosis óptima de aplicación. En Ecuador, la cebada (*Hordeum vulgare* L.) se utiliza principalmente para la producción de malta y los programas de fertilización suelen incluir entre 30 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, la dosis aplicada no suele ajustarse a las necesidades del cultivo y las condiciones del suelo. Además, se desconoce si la urea polimerizada (urea + tiofosfato de N-n-butiltriamida) resulta en mejores producciones que la urea normal por la menor pérdida de N. El objetivo fue evaluar la respuesta de la producción de cebada a la fertilización nitrogenada (FN), determinar la dosis óptima de N (DON), y el impacto de la FN en el contenido proteico del grano y las condiciones químicas del suelo. El estudio se realizó en dos sitios experimentales cerca de Pintag, Pichincha, Ecuador, entre Mar. 2014 y Feb. 2015. Se utilizó la var. INIAP Cañicapa 2003 en dosis de 110 kg ha<sup>-1</sup> de semilla, y la FN se efectuó al voleo con urea normal y polimerizada, fraccionando la aplicación (50% tres semanas después de la siembra y 50% a las ocho semanas). Se empleó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de BCA con 4 repeticiones [urea (normal o polimerizada) = parcela principal y FN (0, 30, 60, 90, 120 y 150 kg N ha) = sub-parcela]. Muestras de suelo de las sub-parcelas con 0, 90 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> se recolectaron en la cosecha para análisis químico. La cosecha se realizó de forma manual cortando toda la planta y luego con trilla mecánica. El grano recolectado se secó a temperatura ambiente hasta obtener una humedad promedio de 10%. Una sub-muestra de 20 g de grano de las sub-parcelas con 0, 90 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> se analizó para estimar el contenido proteico. La respuesta a la FN se evaluó con ANDEVA (mediante PROC MIXED) y modelos matemáticos (regresiones) con PROC REG del programa SAS<sup>9.3</sup>. La FN acidificó el suelo por la nitrificación de la urea ( $p < 0.10$ ). La FN de 90 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> aumentaron la proteína del grano en 15 y 22% con respecto a la no FN (11.9, 13.7 y 14.5%, respectivamente) ( $p < 0.01$ ). El tipo de urea no afectó la producción ( $p > 0.10$ ), aunque el promedio fue diferente entre los sitios (4.33 y 2.08 Mg ha<sup>-1</sup> sitios 1 y 2, respectivamente). El exceso de lluvia pudo limitar la respuesta del cultivo al tipo de urea y la FN. Al promediar los dos sitios se obtuvo una respuesta de

tipo cuadrática a la FN ( $p < 0.01$ ;  $r^2 = 0.96$ ), con una DON de 90 kg N ha<sup>-1</sup> y una producción con la DON de 3.41 Mg ha<sup>-1</sup>. Esta DON es ligeramente más alta que las dosis de N recomendadas para cebada en Ecuador.

**Palabras clave:** Acidificación del suelo, Contenido de proteína, Fertilización nitrogenada, Regresiones, Urea polimerizada.

## Análisis microscópico y metagenómico de suelos infestados con la enfermedad de la hoja morada en frutilla (*Fragaria* sp.) cultivada en Pichincha, Ecuador

Andrés Núñez<sup>1</sup>, Karen Herrera<sup>1</sup>, Noelia Barriga-Medina<sup>1,2</sup>, Darío X. Ramírez<sup>1,2</sup>, Paúl Cárdenas<sup>2</sup> y Antonio León-Reyes<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Laboratorio de Biotecnología Agrícola y de Alimentos, Ingeniería en Agronomía, Colegio de Ciencias e Ingenierías. Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Instituto de Microbiología, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales – COCIBA. Quito, Ecuador.

<sup>3</sup> Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Instituto de Investigaciones Biológicas y Ambientales – BIÓSFERA, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales – COCIBA. Quito, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [aleon@usfq.edu.ec](mailto:aleon@usfq.edu.ec).

### Resumen

La frutilla (*Fragaria* sp.) es una de las frutas más cotizadas por su valor nutritivo y comercial a nivel mundial. En la actualidad en la parroquia de Yaruquí, provincia de Pichincha (Ecuador) está presente la enfermedad de la hoja morada que provoca una disminución considerable en la producción y rendimiento de los cultivos de frutilla. Los síntomas que se producen son marchitamiento del follaje, secado y un color café en las hojas más viejas, lento crecimiento, coloración café anaranjada en los tejidos vasculares y de raíces, y atrofia general de la planta. Se conoce que la enfermedad es causada por hongos de suelo; sin embargo, no se conoce con exactitud su agente causal. En esta investigación se utilizó dos enfoques para la identificación del agente causal; el primero, mediante microbiología clásica aislando hongos a partir de cuellos de plantas enfermas; el segundo, mediante la comparación de los microbiomas de la rizósfera y de la endósfera de plantas sanas y enfermas. A partir de los cuellos de las plantas enfermas se aisló e identificó 7 especies: *Clonostachys rosea*, *Clonostachys byssicola*, *Penicillium pinophilum*, *Aspergillus fumigatus*, *Xylaria venosula*, *Fusarium solani* y *Bionectria ochroleuca*. De estos, *Penicillium pinophilum*, *Fusarium solani* y *Bionectria ochroleuca* han sido reportados en investigaciones previas como patógenos y los 4 hongos restantes se han reportados como benéficos o saprófitos de suelo. Con base en el análisis metagenómico de las secuencias ITS amplificadas a partir del ADN total extraído de la rizósfera y la endosfera, se determinó que no existen diferencias entre la diversidad

de hongos entre la rizósfera de plantas sanas y enfermas; sin embargo, se encontró diferencias en la endosfera. Es necesario continuar el análisis y realizar bioensayos con los hongos aislados para determinar su patogenicidad; además, se debe realizar la asignación taxonómica de las secuencias obtenidas en metagenómica para determinar las especies de hongos presentes en plantas enfermas, pero no en las sanas. Este ha sido un estudio de tipo preliminar en el que se han utilizado estas dos metodologías de forma conjunta para la identificación de patógenos en frutilla.

**Palabras clave:** Agente causal, Enfermedad de la hoja morada, Frutilla, Metagenómica, Región ITS.

## Evaluación de la expresión de genes de defensa vegetal bajo tratamientos a base de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en *Arabidopsis thaliana*

Damaris Alarcón-Vallejo<sup>1</sup>, Noelia Barriga-Medina<sup>1</sup>, Darío X. Ramírez<sup>1</sup> y Antonio León-Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad San Francisco de Quito – USFQ. Quito, Ecuador. \*Autores de correspondencia: [damaris.alarcon242@gmail.com](mailto:damaris.alarcon242@gmail.com) y [aleon@usfq.edu.ec](mailto:aleon@usfq.edu.ec).*

### Resumen

La nutrición es uno de los factores más importantes para el desarrollo óptimo de los cultivos. Sin embargo, al ser este factor parte del entorno de la planta, puede generar un efecto de estrés en condiciones de insuficiencia o exceso. Los fertilizantes cumplen un papel fundamental en la nutrición de los cultivos, siendo los más utilizados los fertilizantes nitrogenados. El N es esencial para la producción de aminoácidos, enzimas, proteínas, hormonas y demás componentes de la planta. La planta absorbe este macronutriente en su forma oxidada como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o reducida como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La planta ha desarrollado varios mecanismos de defensa cuando es atacada por un patógeno, como la resistencia sistémica adquirida (SAR). Este mecanismo se activa por la acumulación de hormonas que interactúan y activan un conjunto de genes de defensa específicos. Estas hormonas pueden activar dos rutas diferentes: la ruta dependiente de ácido salicílico (SA) que activa los genes *PR-1* y que actúan contra organismos biotróficos; y la ruta dependiente del ácido jasmónico (JA) que inducen los genes *LOX2*, *PDF1.2*, *VSP2* y la ruta del etileno (ET) que activa los genes *PR-4*, que actúan contra organismos necrotrofos. Esta investigación analizó la expresión de estos genes en plantas *Arabidopsis thaliana* sometidas a tratamientos con diferentes concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , mediante la cuantificación del mRNA con la técnica RT-qPCR. Además, se realizó un análisis de supresión para determinar el efecto de estos tratamientos cuando la planta se encuentra en un estado inducido. Los resultados indicaron que el  $\text{NO}_3^-$  induce de forma gradual la expresión del gen *PR-1*, dependiente de la ruta de SA, en concentraciones de 50% y 100% de N con base en el aporte total del medio Murashige y Skoog (MS). Por otro lado, la concentración de 25% de  $\text{NO}_3^-$  induce la expresión del gen *VSP2* dependiente de la ruta JA. En cuanto a los tratamientos con  $\text{NH}_4^+$ , se observó que en una concentración de 25% se induce todos los genes de defensa de las dos rutas. Los tratamientos con 200% de  $\text{NO}_3^-$  o de  $\text{NH}_4^+$  tienden a suprimir la expresión de todos los genes de defensa analizados. Esto sugiere que los cambios en la dosis nutricional de N generan diferente expresión de la respuesta de defensa. Estos cambios pueden fortalecer el conocimiento sobre la defensa de los cultivos ante posibles ataques de organismos patógenos. Por otra parte, los indicios de que el exceso de fertilizante nitrogenado puede inducir la susceptibilidad de los cultivos, puede traer como consecuencia la valoración sobre el aporte de N. A futuro es importante validar estos resultados en campo para un análisis más profundo.

**Palabras clave:** Estrés, Expresión de genes de defensa, Fertilización nitrogenada, Nutrición vegetal, Resistencia sistémica adquirida.

## Análisis de la expresión de genes de defensa *VSP2*, *LOX2*, *PR1* y *PDF1.2* en *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh, frente a diferentes medios nutritivos y concentraciones de Ca

Daniela Gutiérrez-Ramírez<sup>1</sup>, Noelia Barriga-Medina<sup>1</sup>, Darío X. Ramírez<sup>1</sup>, Carlos Ruales<sup>1</sup> y Antonio León-Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad San Francisco de Quito – USFQ. Quito, Ecuador. \*Autores de correspondencia: [dgutierrezramirez1@gmail.com](mailto:dgutierrezramirez1@gmail.com) y [aleon@usfq.edu.ec](mailto:aleon@usfq.edu.ec).

### Resumen

La capacidad de defensa de las plantas aumenta cuando esta se encuentra estimulada frente a un patógeno y esto se llama resistencia sistémica adquirida (SAR). La SAR es un mecanismo que influye en cambios en el metabolismo y que es provocada por la expresión diferencial de genes, siendo esta la que da la capacidad de resistir ataques futuros y el estrés biótico. La SAR da una protección debido a una infección secundaria que ha tenido la planta; este tipo de respuesta se caracteriza por acumular proteínas tipo relacionadas a la patogenicidad (PR), ácido jasmónico (JA) y ácido salicílico (SA) a nivel local y sistémico. El Ca desempeña un papel fundamental en el crecimiento celular, estabilidad y resistencia de la membrana. Por eso se pueden realizar modelos de naturaleza predictiva de la defensa innata de las plantas frente a diversos patógenos. El objetivo de este estudio fue realizar tratamientos con diferentes medios nutritivos (Murashigue Skoog y Hoagland) en plantas de *Arabidopsis thaliana* a diferentes concentraciones de Ca (óptima, deficiencia y exceso). Sobre estos tratamientos se analizaron la expresión de los genes marcadores *VSP2*, *LOX2* y *PDF1.2*, los cuales son genes de defensa que actúan cuando hay acumulación de JA, y el gen *PR1* es el que actúa en la acumulación de SA. Se realizó este análisis en el genotipo silvestre Col-0 y luego en el mutante *coi1-21* (deficiente de respuestas de JA) con la solución nutritiva Murashigue & Skoog. Para el análisis de la expresión se utilizó qRT-PCR (Real-Time Quantitative Reverse Transcription PCR). Se pudo determinar que los medios nutritivos totales de MS y Hoagland inducen las rutas de defensa del SA y JA a las 24 h de aplicada la dosis de Ca, pero siete días después existe supresión entre los genes *LOX2* y *PR1* en los dos medios nutritivos. En el tratamiento con medio nutritivo MS + exceso de Ca, tuvo una mayor expresión en los genes *LOX2* y *PDF1.2* dependientes de la ruta del JA. La deficiencia de Ca influye en la supresión de los genes de defensa en general. En el mutante *coi1-21* se observó la inhibición de los genes de respuesta de la ruta de JA y se elevó el gen *PR1*, el cual es dependiente de la SAR, cuando se aplicó exceso de Ca. En conclusión, el Ca tiene efecto directo en la inducción de la ruta del JA, lo cual debería inducir resistencia frente a patógenos necrotróficos e insectos. Esta hipótesis tiene que validarse en el futuro con otras especies, realizando bioensayos y estudios de campo.

**Palabras clave:** Expresión de genes de defensa, Patogenicidad, Resistencia sistémica adquirida, Acido jasmónico, Ácido salicílico.

## Influencia agronómica de rizobacterias de suelo en programas de fertilización química en arroz (*Oryza sativa* L.) en Babahoyo, Ecuador

Wellington A. Cargua<sup>1</sup>, Eduardo N. Colina<sup>2</sup>, Carlos A. Castro<sup>2</sup>, Danilo X. Santana<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Hacienda Don Abdón. Pimocha, Los Ríos, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Babahoyo – UTB. Los Ríos, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [xavierdanilo21061991@hotmail.com](mailto:xavierdanilo21061991@hotmail.com).

### Resumen

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los de mayor importancia en el país porque constituye la principal fuente de alimentación de nuestro pueblo. En la actualidad se cultivan 415000 ha año<sup>-1</sup> bajo condiciones de secano (lluvias) y de riego, con una productividad media baja de solo 3.9 Mg ha<sup>-1</sup> de arroz en cáscara. El objetivo fue evaluar la influencia agronómica de rizobacterias (microorganismos biológicos fijadores de N, MBFN) de suelo en conjunto con programas de fertilización química en la producción de arroz bajo riego y determinar la eficiencia agronómica de la fertilización, establecer una alternativa de biofertilización, y realizar el análisis económico de esa alternativa. El trabajo se realizó en los campos de la granja experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo – UTB, ubicada en km 7.5 de la vía Babahoyo a Montalvo. Se investigaron ocho tratamientos: 1) Acetebacter 1x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> + Azospirillum 2x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup>, 2) Azospirillum brasilense 1x10<sup>4</sup> UFC mL<sup>-1</sup> + Azotobacter chroococcum 1x10<sup>4</sup> UFC mL<sup>-1</sup>, 3) Azospirillum brasilense 8.8x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> + Pseudomonas cepacia 8.8x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup>; en dos dosis cada uno (1.0 y 2.0 L ha<sup>-1</sup>, de producto comercial) más dos testigos (uno con fertilización química y otro sin fertilización), distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La siembra se realizó con la variedad INIAP-16 en parcelas de 20 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas incluyeron: altura de planta, número de macollos y panículas por m<sup>2</sup>, granos por panícula, longitud de panícula, días a floración, días a cosecha, peso de 1000 semillas, productividad (en Mg ha<sup>-1</sup>), biomasa radical, identificación de rizobacterias (como unidades formadoras de colonias, UFC) y análisis económico. Se utilizó un análisis de varianza y separación de medias con la prueba de Tukey (P ≤ 0.5). Los resultados indican que la aplicación de fertilizante complementada con MBFN estimula los procesos fisiológicos del cultivo de arroz y resulta en una mayor producción del cultivo. El empleo de Acetebacter 1x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> + Azospirillum 2x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> en conjunto con programas de fertilización química balanceada resulta en más macollos y panículas formadas (17 y 17% más en relación al testigo sin fertilización) y mayor producción (7.4 Mg ha<sup>-1</sup> vs 4.6 Mg ha<sup>-1</sup> del testigo químico y 3.9 Mg ha<sup>-1</sup> en el testigo sin fertilización). Además, se observó mayor biomasa radicular por la colonización de las raíces aplicando Acetebacter 1x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> + Azospirillum 2x10<sup>9</sup> UFC mL<sup>-1</sup> con un 27% más que el testigo sin fertilización. Los días a floración (entre 58-59 días) y a la cosecha (entre 124-128 días) fueron iguales para todos los tratamientos.

**Palabras clave:** Biofertilización, Microorganismos, Nutrición Vegetal, Rendimiento, Rizobacterias.

## Evaluación de fertilizantes con microelementos en la productividad de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en Ricaurte, Los Ríos, Ecuador

Luis E. Carpio<sup>1</sup>, Eduardo N. Colina<sup>2\*</sup>, Carlos A. Castro<sup>2</sup> y Oscar W. Mora<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *AgroCar. Ricaurte, Los Ríos, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Universidad Técnica de Babahoyo – UTB. Los Ríos, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [ncolina@utb.edu.ec](mailto:ncolina@utb.edu.ec).*

### Resumen

La producción de maíz duro (*Zea mays* L.) se destina a la industria de alimentos de uso animal y consumo humano. La provincia de Los Ríos posee suelos utilizados para la producción de maíz con niveles de productividad muy variados. Este problema se presenta por la utilización inadecuada de herramientas tecnológicas como: densidades de siembra y fertilización con base en los requerimientos del genotipo utilizado. En la actualidad hay un aumento en el uso de híbridos con alto potencial productivo, pero estos híbridos demandan altas cantidades de fertilizantes. Por esto se requiere una nutrición balanceada para que el híbrido exprese todo su potencial genético. Esta investigación se realizó en dos épocas de siembra en monocultivo para determinar el efecto de microelementos aplicados de forma conjunta con macro-elementos y medir su efecto en la productividad de maíz. Los tratamientos se distribuyeron en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones y lo integraron: híbridos Insignia 201 y S-505 como parcela principal y los fertilizantes con micronutrientes T1 (20Ca-12Mg-5S-2Zn-1B como elementos puros) y T2 (5Ca-9Mg-1.2Mn-0.6Cu-7.5Zn-0.1B como elementos puros) en dosis de 100-150-200 kg ha<sup>-1</sup> cada uno, y un control sin microelementos, como sub-parcelas. La fertilización con macro-elementos fue 130, 35, 90 y 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K y S, respectivamente. Se realizó un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). El híbrido Insignia presentó una cosecha más tardía (0.5%), mayor altura de inserción (18%), mayor peso de grano (16%) y producción (10%), en comparación con el híbrido S-505. El T1 en dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> estableció mayor incidencia en las variables relacionadas con la producción como diámetro de mazorca (2%), peso de grano (8%) y producción (12%). Las plantas del híbrido Insignia que recibieron 100 kg ha<sup>-1</sup> del T1 mostraron mayor diferenciación en las variables diámetro de mazorca (3%), peso de grano (21%) y productividad (21%) comparados con él testigo. Los resultados establecen que la aplicación de T1 en combinación con macronutrientes tiene incidencia sustancial en el desarrollo y producción del cultivo. La mayor productividad se presentó en el híbrido Insignia en combinación de NPKS + 100 kg ha<sup>-1</sup> de T1 obteniéndose 9.4 Mg ha<sup>-1</sup>. El testigo en ambos híbridos fue inferior en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** Desbalance de nutrientes, Elementos menores, Fertilizantes, Híbridos de maíz, Nutrición vegetal.

## Evaluación de la calidad de agua y determinación de la lámina de riego para cultivos extensivos bajo condiciones de campo

Emilio R. Basantes<sup>1\*</sup>, Víctor H. Abril<sup>1</sup> y Santiago Basantes Aguas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Depto. de Ciencias de la Vida.

\*Autor de correspondencia: [erbasantes@espe.edu.ec](mailto:erbasantes@espe.edu.ec).

<sup>2</sup> Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario – AGROCALIDAD.

### Resumen

La calidad del agua y el manejo adecuado de la lámina de riego son esenciales para la óptima producción agrícola. Esto es porque la calidad del agua afecta la productividad del cultivo y las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Por eso es importante realizar un análisis del agua de riego antes de su aplicación. La calidad del agua de riego se evalúa en función de tres criterios principales: salinidad, sodicidad y toxicidad. La salinidad es la cantidad total de sales disueltas (TSD) y se determina mediante la conductividad eléctrica (CE). La sodicidad analiza el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y su potencial riesgo para el cultivo. La toxicidad se refiere a los problemas que crean iones como: Cl, Na, B, Fe, Ca, Mg y carbonatos con el consecuente deterioro de la estructura del suelo, disminución en la permeabilidad, menor actividad microbiana, mayor conductividad eléctrica y presión osmótica, y deshidratación de las plantas. En la calidad del agua de riego también intervienen factores como el exceso de nitrato, elevado pH, residuos de naturaleza orgánica y presencia de metales pesados por encima de los límites permisibles. Valores menores de 0.8 dS m<sup>-1</sup> de CE no tienen riesgo de salinidad; valores de 0.8 a 1.6 tienen riesgo bajo; de 1.6 a 3.0 son de riesgo moderado; pero valores mayores a 3 dS m<sup>-1</sup> tienen alto riesgo de salinidad. Por ejemplo, un suelo con CE de 3 dS m<sup>-1</sup> tiene un contenido promedio de sales de 1900 mg kg<sup>-1</sup>, que bajo una densidad de 1.15 g cm<sup>-3</sup> y a una profundidad de 20 cm equivale a 4400 kg TSD ha<sup>-1</sup>. Para determinar la cantidad de agua a aplicar se realiza un balance hídrico que permita evaluar la variación del contenido de agua disponible en el suelo. El método empleado para determinar el contenido de humedad fue el del tensiómetro a una profundidad de 20 cm, en un suelo franco arcillo limoso. El agua almacenada en el suelo depende del aporte de la lluvia y el riego, restando de esta cantidad la pérdida de agua por la extracción de las plantas por evapotranspiración. Los resultados reflejan que valores < 10 cbares indican saturación del suelo y que las plantas pueden sufrir asfixia; valores de 10-20 cbares indican que existe suficiente humedad (capacidad de campo) y aire para un crecimiento saludable de la planta; con valores de 21-30 cbares el contenido de humedad es menor e indica la potencial necesidad de irrigación (en especial con valores ≥ 26 cbares); y valores mayores a 30 cbares indican que aunque hay algo de humedad disponible para el crecimiento de las plantas, la necesidad de irrigación es inminente y que si la planta permanece por tiempo prolongado en estas condiciones el daño por marchitez puede ser irreversible. Por lo tanto, valores de 10-20 cbares representan un nivel ideal de agua y aireación para las plantas, y la capacidad

óptima de cada suelo depende de su textura (cercano a 10 cbares para suelos arenosos y cercanos a 20 cbares para texturas arcillosas).

**Palabras clave:** Análisis e interpretación, Calidad de agua, Salinidad, Sodicidad, Total de sales disueltas, Toxicidad.

**Respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), var.  
Tunkahuan, a la fertilización con N y K en Cuendina, Amaguaña,  
Pichincha, Ecuador**

Francisco J. Salguero, Emilio R. Basantes<sup>2</sup>, Álvaro B. Yépez<sup>2</sup> y José L. Pantoja<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduado de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>3</sup> AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com).

### Resumen

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo importante para la economía y alimentación de las comunidades Andinas. En Ecuador se produce en áreas con alturas mayores a 2400 msnm de la región Sierra. A pesar de sus cualidades agronómicas (adaptabilidad a diferentes agro-ecosistemas) y nutricionales (> 14% de proteína), la producción de quinua en Ecuador es inferior a la de Bolivia y Perú. Entre los factores que resultan en baja productividad destaca la fertilización deficiente, porque la aplicación de fertilizantes muchas veces no sigue parámetros técnicos. El objetivo fue evaluar la respuesta de la quinua, var. Tunkahuan, a la fertilización nitrogenada (FN) con y sin fertilización potásica (FK), y la dosis óptima de N (DON). El trabajo se realizó en Cuendina, Amaguaña, Pichincha, Ecuador, entre Sept. 2014 y Abr. 2015. Se sembró a chorro corrido 12 kg ha<sup>-1</sup> de semilla de la var. Tunkahuan, y cada parcela tuvo 6 surcos (10 m de largo y 0.8 m entre surcos). Se utilizó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de BCA con cuatro réplicas, con la FK (0 y 50 kg K ha<sup>-1</sup>) como parcela principal y la FN (0, 50, 100, 150, 200, y 250 kg N ha<sup>-1</sup>) como sub-parcela. Se utilizó urea y muriato de K para los tratamientos, y roca fosfórica (20 kg P ha<sup>-1</sup>) aplicada a toda el área experimental para evitar deficiencias de P. El K y el P se aplicaron en la siembra, pero el N se fraccionó en 2 aplicaciones para reducir pérdidas (50% en la siembra y 50% en el primer aporque). En la cosecha se muestreó el suelo de las parcelas con 0, 150 y 250 kg N ha<sup>-1</sup> para análisis químico. La cosecha se realizó cortando las plantas de quinua de forma manual y luego con trilla mecánica, la producción de grano se reportó al 10% de humedad, y la respuesta a la FN se evaluó con modelos matemáticos (regresiones) elaborados en el programa estadístico SAS<sup>9.3</sup>. Muestras de grano de las parcelas con 0, 150 y 250 kg N ha<sup>-1</sup> se analizaron para estimar el contenido proteico. En esta investigación la FN no resultó en acidificación del suelo ( $p = 0.72$ ), lo que indica que las condiciones de suelo y clima (alta pluviosidad) no siempre resultan en acidez por nitrificación de la urea. La producción promedio fue de 3.01 Mg ha<sup>-1</sup>, lo que es superior al promedio nacional (1.20 Mg ha<sup>-1</sup>). La respuesta de la producción de quinua a la FN fue de tipo lineal ( $p < 0.01$ ;  $r^2 = 0.95$ ), la DON fue de 250 kg N ha<sup>-1</sup> y la producción con la DON fue de 3.56 Mg ha<sup>-1</sup>. La FN afectó el contenido de proteína ( $p < 0.01$ ), siendo 16.8% con la FN de 0 a 150 kg N ha<sup>-1</sup>, y

18.7% con 200 y 250 kg N ha<sup>-1</sup>. La FK no cambió el nivel de producción ( $p = 0.53$ ), la respuesta a la FN ( $p = 0.12$ ), o el contenido de proteína en el grano ( $p = 0.73$ ). El aumento en la producción y contenido proteico del grano con la FN es importante para la cadena de valor de la quinua.

**Palabras clave:** Contenido de proteína, Dosis óptima de N, Eficiencia en el uso de los fertilizantes, Fertilización nitrogenada, Regresiones.

## **Efecto de fuentes de encalado en las propiedades químicas de suelos ecuatorianos de diferente material parental**

Jaime Hidrobo Luna<sup>1\*</sup> y Ruth Inés Cabezas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Central del Ecuador – UCE, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [jhidrobo@uce.edu.ec](mailto:jhidrobo@uce.edu.ec).*

### **Resumen**

En la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador se realizó esta investigación que tuvo como principal objetivo determinar el efecto de aplicación de cinco enmiendas calcáreas en el control de acidez de cinco suelos ácidos de diferente material parental a nivel de laboratorio. Los materiales de enmienda evaluados se sometieron a un análisis de calidad previo su aplicación, y las dosis utilizadas fueron 0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 y 10.5 t ha<sup>-1</sup>. Los datos de pH a la aplicación de las enmiendas agruparon a los suelos en dos categorías, la primera con suelos provenientes de San Lorenzo y Paute con carga variable, con un rango de pH 4.8 - 5.0 y la segunda con los suelos de El Pangui, Saraguro y El Guabo con carga permanente, con un rango de pH 4.2 – 5.0. El efecto de la aplicación de las dosis de las enmiendas probadas (carbonato de calcio, carbonato de magnesio, dolomita, óxido de magnesio y silicato de magnesio) se hace evidente con el incremento progresivo del pH en los cinco suelos ácidos evaluados semanalmente por un periodo de tres meses. La acidez y el aluminio (Al) intercambiable se reducen conforme aumenta las dosis de la enmienda. Por otro lado, el cálculo del  $\Delta\text{pH}$  y el contenido de Al intercambiable sugieren que los suelos de Paute y el Guabo serían de carga variable y los suelos de Saraguro, El Pangui y San Lorenzo serían de carga permanente, situación que no concuerda con los datos del efecto del pH a la aplicación de dosis de materiales de encalado, que se debió a la calidad de los productos aplicados. Los datos del efecto de la aplicación de dosis de enmiendas en la capacidad de intercambio catiónico no fueron consistentes y no aportaron con información para poder dilucidar cuál es la naturaleza de la carga dominante de los suelos evaluados.

**Palabras clave:** Acidez, Control, Carga permanente, Carga variable, Encalado, pH.

## Producción y calidad de fritura de papa (*Solanum tuberosum* L.) con dos fuentes de P y dos de K en San Rafael, Cusubamba, Cayambe, Ecuador

Javier Chafuel<sup>1</sup>, Gustavo Mosquera<sup>1</sup>, Xavier Cuesta<sup>2</sup>, Byron R. Montero<sup>3</sup> y José L. Pantoja<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador.

<sup>3</sup> AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [josehispantoja@gmail.com](mailto:josehispantoja@gmail.com).

### Resumen

Durante la fritura de la papa (*Solanum tuberosum* L.), el aminoácido asparagina reacciona con los azúcares reductores y forma acrilamida, misma que se quema a más de 180 °C; por lo que a mayor contenido de asparagina y azúcares, hay más papa quemada. La papa producida a nivel nacional no cumple con los parámetros industriales, y se buscan alternativas para reducir la formación de azúcares con un enfoque nutricional del cultivo. Las fuentes de P más usadas son fosfato diamónico (DAP) y fosfato monoamónico (MAP), y las de K son muriato de K (MOP) y sulfato de K (SOP); sin embargo, hay estudios que muestran mejor producción y calidad de fritura con MAP y SOP vs DAP y MOP. El objetivo fue evaluar la producción y calidad de fritura de papa con dos fuentes de P y dos de K. El trabajo se ejecutó en dos lotes en San Rafael, Cusubamba, Cayambe, Pichincha, Ecuador. En el Lote 1 se sembró la var. INIAP – Libertad entre Oct. 2016 y Feb. 2017; en el Lote 2 se sembró la var. Diacol Capiro entre Ene. y May. 2017. En cada lote se utilizó un diseño factorial de 2 x 2 con 3 réplicas; la combinación de las fuentes de P y K resultó en 4 tratamientos (12 parcelas por lote, cada una con 4 surcos de 8 x 1.2 m). La cantidad de fertilizante aplicado fue de acuerdo al análisis de suelo y el requerimiento de cada variedad. El análisis estadístico incluyó ANDEVA con la opción DIFF de PROC MIXED de SAS<sup>9.3</sup>, con un  $p \leq 0.10$  según la “Diferencia Mínima Significativa”. En el Lote 1 la producción promedio fue 45.2 Mg ha<sup>-1</sup>; de las cuales 16% fue muy pequeña (< 4 cm), 12% pequeña (4-5 cm), 17% mediana (5-6 cm), 18% grande (6-7 cm), 19% gruesa (7-8 cm) y 17% muy gruesa (> 8 cm). El 56% de la producción (25.6 Mg ha<sup>-1</sup>) cumplió con el tamaño requerido por la industria (5-10 cm). Las interacciones entre las fuentes de P y K no generaron diferencias en producción ( $p = 0.44$ ). La prueba de fritura mostró en promedio 18% de daños; de los cuales, 7% fueron internos, 8% externos y 3% características no deseables (ej. forma irregular de la hojuela); sin embargo, no hubo efecto de las fuentes de P y K en los daños totales ( $p = 0.34$ ). En el Lote 2 la producción promedio fue 21.0 Mg ha<sup>-1</sup> (las constantes lluvias limitaron la producción); de las cuales 30% fue muy pequeña, 25% pequeña, 25% mediana, 15% grande, 4% gruesa y 1% muy gruesa. El 44% de la producción (9.5 Mg ha<sup>-1</sup>) cumplió con el tamaño requerido por la

industria. Las interacciones entre las fuentes de P y K tampoco generaron diferencias en producción ( $p = 0.70$ ). La prueba de fritura mostró en promedio 7% de daños; de los cuales 2% fueron internos, 4% externos y 1% características no deseables; sin embargo, no hubo efecto de las fuentes de P y K en los daños totales ( $p = 0.35$ ). Al parecer, las fuentes de P y K no afectan la producción y calidad de fritura de papa, por lo tanto –y por su menor costo– DAP y MOP deben preferirse sobre MAP y SOP.

**Palabras clave:** Azúcares reductores, Calidad de fritura, Fuentes de K, Fuentes de P, Productividad.

## **Grados desarrollo día (GDD) vs número de días (NDD) como herramientas para estimar la producción de biomasa de pasto de cobertura en Iowa, USA**

José L. Pantoja<sup>1\*</sup>, John E. Sawyer<sup>2</sup> y Daniel W. Barker<sup>2</sup>

<sup>1</sup> AGNLatam S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com).

<sup>2</sup> Universidad Estatal de Iowa – ISU, Departamento de Agronomía. Iowa, USA.

### **Resumen**

El centeno (*Secale cereale* L.) es un pasto que se usa como cultivo de cobertura en la región centro-norte de USA. Sin embargo, por las bajas temperaturas, la producción de biomasa suele ser baja en esta región. El centeno se incorpora al suelo previo a la siembra del siguiente ciclo de maíz (*Zea mays* L.) o soya [*Glycine max.* (L.) Merr.], por lo que se requiere estimar la cantidad de biomasa que se incorpora para conocer el aporte nutrimental y de materia orgánica. El objetivo fue estimar la producción de biomasa de centeno de invierno utilizando dos metodologías: grados desarrollo día (GDD) y número de días (NDD), con dos temperaturas base (0 y 4 °C). El centeno fue parte de una rotación maíz-soya en cinco sitios en Iowa, USA, cuatro en 2010-2013 y uno en 2012-2013; se sembró antes del inicio del invierno (Sept. – Oct.) a una dosis de 70 kg ha<sup>-1</sup> de semilla y la biomasa se recolectó antes de la nueva siembra de maíz o soya (Abr. – Mayo). En los campos con siembra previa de maíz, la biomasa se recolectó en las parcelas que habían recibido 0, 135 y 225 kg N ha<sup>-1</sup>; y con siembra previa de soya, se recolectó por réplica porque la soya no recibió aportes de N. Las muestras de biomasa recolectadas se secaron y se expresaron en base seca (kg ha<sup>-1</sup>). Para encontrar tendencias, los datos recolectados se evaluaron con diferentes modelos matemáticos (regresiones) con el programa estadístico SAS<sup>9.3</sup>. Cuando el centeno se sembró después de maíz la producción promedio fue de 1000, 1150 y 1450 kg ha<sup>-1</sup> para las dosis de 0, 135 y 225 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Cuando se sembró después de soya la producción promedio fue de 800 kg ha<sup>-1</sup>. Cuando la primavera (mediados de Mar. – May.) presentó temperaturas altas (> 15 °C) por varios días, la producción de biomasa también se incrementó. La dosis de N aplicada al cultivo previo de maíz afectó la cantidad de biomasa de centeno producida, siendo la dosis de 225 kg N ha<sup>-1</sup> la que logró mayores

producciones, en especial cuando hubo primaveras cálidas ( $> 3000 \text{ kg ha}^{-1}$  en varios casos). El mejor modelo para describir la producción de biomasa fue el modelo exponencial ( $p < 0.10$ ) tanto para GDD como para NDD. Sin embargo, la significancia de los modelos generados disminuyó cuando se utilizó una temperatura base de 4 vs 0 °C para GDD; pero mejoró para NDD. Al parecer, hay poco crecimiento del centeno a temperaturas  $< 4 \text{ °C}$ , por lo que incluir estas temperaturas cuando se utiliza GDD reduce la significancia de los modelos. Si se excluyen los datos de temperatura de los días con temperatura media mayor a la temperatura base en el periodo crítico de invierno (finales de Nov. – mediados de Mar.), la significancia de los modelos se incrementa, lo que hace que las predicciones de producción de biomasa con GDD y NDD sean mejores. En la mayoría de estimaciones, NDD mostró mejores resultados que GDD, por lo que se debería considerar esta alternativa en la estimación de la producción de biomasa de pastos como el centeno de invierno.

**Palabras clave:** Cultivo de cobertura, Fertilización nitrogenada, Grados desarrollo día, Número de días, Temperatura base.

### **Identificación y caracterización de tecnologías campesinas e indígenas empleadas para el uso racional del agua en sistemas productivos de altura, microcuenca del río Chimborazo**

Juan E. León R.<sup>1\*</sup>, Mayra R. Martínez<sup>2</sup>, Gabriela P. Rivera<sup>2</sup> y Julio D. Escobar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH, Centro Experimental del Riego. Riobamba, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [juan.leon@esepoch.edu.ec](mailto:juan.leon@esepoch.edu.ec).*

<sup>2</sup> *Instituto Interamericano de Cooperación IICA, Proyecto TAAF Mesoandino.*

#### **Resumen**

El conocimiento local y las tecnologías indígena y tradicional son fuentes imprescindibles de información para enfrentar el cambio climático (CC). Los extremos climáticos afectan a distintos sistemas productivos. Por ejemplo, la sequía entre Sept. 2009 y Ene. 2010 afectó al 98% de área cultivada (18000 familias campesinas) de las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua en Ecuador. El objetivo fue identificar y caracterizar las tecnologías campesinas e indígenas empleadas en el uso racional del agua en sistemas productivos de altura vulnerables a eventos climáticos extremos en la microcuenca del río Chimborazo, parroquia San Juan. Se aplicó información meteorológica y las herramientas metodológicas CVCA y CRiSTAL. La información primaria se obtuvo en campo con análisis de suelos, mediciones de caudal, velocidad de infiltración y contenidos de humedad del suelo (HS) en cinco sistemas de producción en las zonas alta, media y baja de la microcuenca. En la cuenca alta, la protección de vertientes con métodos físicos y barreras naturales de especies nativas arbóreas promueve la recuperación de fuentes hídricas. En cultivos de secano las alternativas identificadas responden a prácticas tradicionales de incorporación de especies forestales como los sistemas silvo-pastoriles, con influencia de especies arbóreas

en la conservación de la HS, y la utilización de policultivos o intercalación de especies con diferentes requerimientos hídricos que, a más de cubrir el suelo, reduce la pérdida de HS por evaporación. En sistemas bajo riego predominan métodos a gravedad en monocultivos, pasto y policultivos; donde existe influencia directa del volumen de agua suministrado en la HS. En monocultivos (ej.: maíz, papa y toronjil) el sistema de riego más utilizado es gravedad en canchales y surcos; y aquí se encuentran los valores más altos de pérdida de HS por la mayor superficie expuesta a la evaporación. En los sistemas con el método tradicional de riego *pishku chaqui* hay reducción de la evaporación y la cantidad de agua utilizada por la protección vegetal que provee el pasto. Las tecnologías campesinas identificadas para la conservación y uso racional del agua responden a necesidades como: disponibilidad, acceso y preservación del recurso. Incluyendo actividades de protección de vertientes, sistemas agroforestales, producción en terrazas y sistemas de riego tecnificado. Estas prácticas son alternativas de adaptación frente a los efectos del CC a partir del saber local o técnicas ancestrales. La evaluación de pérdidas de HS a una profundidad de 30 cm mostró que monocultivos como maíz y papa poseen los valores más altos (5.1 y 9.6%, respectivamente). Los valores más bajos corresponden a sistemas de producción de policultivo en terrazas con 2.2%; mientras que en sistemas forestales es de 3.7%.

**Palabras clave:** Adaptación, Cambio climático, Medios de vida, Sistemas productivos, Uso racional del agua.

### **Efectos del cambio del uso de la tierra en las características biológicas del suelo en un bosque montano del sur del Ecuador**

Juan I. Burneo Valdivieso<sup>1\*</sup> y Franz Makeschin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL, Departamento de Química y Ciencias Exactas. \*Autor de correspondencia: [jiburneo@utpl.edu.ec](mailto:jiburneo@utpl.edu.ec).*

<sup>2</sup> *Universidad Técnica de Dresden, Instituto de la Ciencia del Suelo. Tharandt, Alemania.*

#### **Resumen**

Grandes áreas del bosque montano tropical del sur del Ecuador son deforestadas mediante la tala y quema intensiva para su posterior uso como tierras de pastoreo. La conversión de bosque a pastos y la subsecuente invasión de malezas conducen con el tiempo al abandono de las tierras por agotamiento de nutrientes del suelo. En este estudio se examinaron los efectos asociados a la conversión de bosques naturales en tierras de pastoreo (pastizales activos de 17 años y pastizales activos de más de 50 años) y el posterior abandono de pastizales (zonas de sucesión de más de 20 años). Se establecieron cinco parcelas de 20 x 20 m<sup>2</sup> en cada una de las cuatro zonas de estudio. Para cuantificar los efectos del cambio del uso de la tierra en las características biológicas del suelo se analizó: pH, respiración basal del suelo (BR), C de la biomasa microbiana (MBC), N de la biomasa microbiana (MBN), en la capa mineral (CM) y

capa orgánica (CO). El pH del suelo indica elevada acidez en la CM (0-10 cm) del bosque con un valor de 3.5; en pastizales, a la misma profundidad, se observa valores más altos de pH desde 4.7 a 5.3 pero luego del abandono de pastos se produce re-acidificación en el suelo de sucesión con valores de 4.3 a 4.7. Los valores más altos de BR se encontraron en la CO del bosque 9.0 [g CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dm] y en sucesión 1.4 [g CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dm], en la CM (0-10 cm) fueron de 0.5, 0.4, 0.3 y 0.1 [g CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> dm] para pastos viejos, jóvenes, sucesión y bosque, respectivamente. Las CO de los bosques tienen el contenido más alto de MBC 2.9 µg g<sup>-1</sup>, seguido de 2.1 µg g<sup>-1</sup> para sucesión; en la CM (0-10 cm) los más altos son para pastizales jóvenes (1382 µg g<sup>-1</sup>); sin embargo, no se encontraron diferencias entre los dos sitios de pastoreo. Los resultados de MBN mostraron la misma tendencia que los valores de MBC, el valor más alto se encontró en la CO con 507 µg g<sup>-1</sup> en el bosque y 132 µg g<sup>-1</sup> en sucesión. En la CM los valores más altos de MBN se encontraron a 0-10 cm de los pastizales jóvenes (236 µg g<sup>-1</sup>) seguido por pastos viejos (229 µg g<sup>-1</sup>). El cambio de uso de la tierra afecta las propiedades biológicas del suelo por la interacción de factores como la quema y las condiciones ambientales.

**Palabras clave:** Biomasa microbiana, Bosque montano, Cambio del uso del suelo, Características biológicas del suelo, Deforestación.

**Respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), var.  
Tunkahuan, a la fertilización con N y K en Pintag y San Fernando,  
Pichincha, Ecuador**

Michelle S. Taco<sup>1</sup>, Silvana M. Morales<sup>2</sup>, Emilio R. Basantes<sup>3</sup> y José L. Pantoja<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Graduada de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>3</sup> *Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>4</sup> *AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [josehispantoja@gmail.com](mailto:josehispantoja@gmail.com).*

### Resumen

La fertilización es un factor que afecta el costo de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la región Andina. El N y el K son los nutrientes que más demanda el cultivo, pero la fertilización no suele seguir parámetros técnicos. El objetivo fue evaluar la respuesta de la quinua, var. Tunkahuan, a la fertilización nitrogenada (FN) con y sin aplicación de K, y la dosis óptima de N (DON). El trabajo se realizó en las parroquias Pintag (Nov. 2014 – Jun. 2015) y San Fernando (Mar. – Sept. 2015), Pichincha, Ecuador. Se sembró 12 kg ha<sup>-1</sup> de semilla de la var. Tunkahuan, y cada parcela tuvo 6 surcos (8 m de largo y 0.8 m entre surcos). Se utilizó parcelas divididas en un DBCA con 4 réplicas. La parcela principal fue la dosis de K (0 y 50 kg ha<sup>-1</sup>) y la sub-parcela la FN (0, 50, 100, 150, 200 y 250 kg N ha<sup>-1</sup>). Se utilizó urea y muriato de K para los tratamientos, y 50 kg P ha<sup>-1</sup> como roca fosfórica para evitar deficiencias de P. El K y el P se aplicaron en la siembra, y el N se fraccionó en 2 aplicaciones para reducir pérdidas (50% siembra y 50% primer aporque). En la cosecha, se recolectaron muestras de suelo de las parcelas con 0, 150 y 250 kg N ha<sup>-1</sup> para análisis químico. La cosecha se realizó cortando las plantas de quinua de forma manual y luego con trilla mecánica. El grano recolectado se secó a temperatura ambiente hasta obtener una humedad promedio de 12%, y la respuesta cuadrática-platea a la FN se evaluó con el programa SAS<sup>9.3</sup>. Una sub-muestra de 20 g de grano de cada parcela se analizó para estimar el contenido de proteína. El análisis final de suelo reflejó acidificación al aumentar la FN por la nitrificación de la urea ( $p < 0.10$ ). La producción promedio fue 1.69 Mg ha<sup>-1</sup> en Pintag y 1.93 Mg ha<sup>-1</sup> en San Fernando. La aplicación de K no afectó la producción, el contenido de proteína ni generó una interacción con la FN ( $p > 0.10$ ), quizá por el contenido óptimo de K en el suelo. La FN afectó la producción ( $p < 0.01$ ) y el contenido de proteína ( $p < 0.10$ ) en los dos sitios experimentales. La respuesta de la producción a la FN fue de tipo cuadrática-platea en los dos sitios experimentales, siendo significativa en Pintag ( $p = 0.03$ ;  $r^2 = 0.90$ ) y marginal en San Fernando ( $p = 0.13$ ;  $r^2 = 0.74$ ). La DON fue de 120 y 90 kg N ha<sup>-1</sup> para Pintag y San Fernando, respectivamente; pero la producción con la DON fue 1.80 Mg ha<sup>-1</sup> para los dos sitios. La aplicación de 100 y 150 kg N ha<sup>-1</sup> maximiza el contenido proteico del grano en

Pingan y San Fernando, respectivamente. Debido a la acidificación del suelo se debe tener cuidado con la dosis de aplicación de N en forma amoniacal. La aplicación de K no resulta en mejor producción ni valor proteico cuando el suelo tiene contenidos óptimos de K. La FN incrementa la producción de quinua, pero la DON es diferente para cada sitio, lo que indica que no se debe adoptar una dosis específica como receta de fertilización para varios sitios.

**Palabras clave:** Contenido de proteína, Dosis óptima de N, Fertilización nitrogenada, Quinua, Regresiones.

## Manejo del suelo en el contexto del cambio climático en la cuenca del Río Mira

Patricia M. Aguirre<sup>1\*</sup> y Freddy Villota<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Técnica del Norte – UTN, Instituto de Posgrado. Ibarra, Ecuador. \**  
*Autor de correspondencia: [pmaquirre@utn.edu.ec](mailto:pmaquirre@utn.edu.ec).*

### Resumen

El cambio climático (CC) ya evidencia variaciones sustanciales sobre los recursos naturales útiles para la agricultura como la disponibilidad de agua de riego. Es por esto que las medidas de adaptación como la construcción y revestimiento de canales de riego y reservorios tienen una importancia relevante. El objetivo fue conocer si medidas de adaptación como la construcción y ampliación de canales de riego han sido acogidas e integradas en el contexto de una agricultura más sostenible en la cuenca del Río Mira. El estudio tuvo cuatro componentes: a) evaluación del cambio del uso del suelo, b) evaluación de la vulnerabilidad, c) innovación tecnológica en riego, e d) innovación de los sistemas de producción. Los resultados preliminares en cuanto a cambio de sistemas productivos, manejo del riego, protección de fuentes de agua e innovación de las tecnologías de riego muestran que los esfuerzos de inversión del gobierno no son acompañados por un cambio en los sistemas de producción que conlleve a una agricultura más sostenible. La inversión en infraestructura del canal de riego en la sub-cuenca del Río Ambi en la comunidad de Peribuela ha tenido impactos positivos en términos sociales y económicos. Sin embargo, en términos ecológicos la infraestructura de riego conduce a la implementación de sistemas de producción agrícola menos sostenibles. El cambio de uso se evidencia en un incremento del 2% en la tasa de deforestación, en los sistemas agro-silvo-pastoril. Además, se observa un aumento de 18% del área agrícola en la microcuenca del Río Escudillas, situación que se extiende desde la cuenca baja hasta la media. Este crecimiento agropecuario se observó principalmente en el uso de suelo del 2017. El porcentaje del flujo convertido en caudal representa el 48% de variación, siendo mayor el caudal del 2017, con lluvias más intensas y sequías. Esto se corrobora tanto en los datos del análisis multi-temporal como en la percepción de la gente (encuestas realizadas a los usuarios del canal de riego de la cuenca del Río Escudillas). De igual manera, el modelo de susceptibilidad al deslizamiento de tierras se elaboró con base en el Modelo de la Matriz SIG (GMM), mismo que indica que el 10% de la superficie del área de influencia del canal de riego tiene una susceptibilidad al deslizamiento de tierras entre moderada y alta. Los resultados indican que se necesita mayor socialización sobre las consecuencias del CC y las necesidades de innovar no solo en los sistemas de riego, sino en los sistemas de producción en general.

**Palabras clave:** Cambio climático, Cambio del uso del suelo, Medidas de adaptación, Riesgos, Vulnerabilidad.



## Toxicidad de dos escombros mineros utilizando ray-grass (*Lolium perenne* L.) como especie indicadora

Patricio H. Bueno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Autónoma de Madrid – UAM, Depto. de Química Agrícola. Madrid, España. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador. E-mail: [patricio.bueno.leon@gmail.com](mailto:patricio.bueno.leon@gmail.com).*

### Resumen

La actividad minera descontrolada ocasiona tres tipos de degradación de los suelos: disminución de su fertilidad, aumento de la erosión y contaminación por metales pesados. Se evaluó el grado de toxicidad de dos residuos mineros generados en sendas minas de Ag, As y Cu de la Comunidad de Madrid, y sometidas a explotación en los siglos XIX y XX. Se empleó ray-grass (*Lolium perenne* L.) como especie indicadora. Se recolectaron muestras de suelo de las antiguas minas de los Municipios de Colmenar Viejo y Garganta de los Montes; y se secó, tamizó y homogenizó esas muestras previo análisis químico. Se efectuó seis ensayos con cuatro réplicas cada uno. Los ensayos contenían suelo control (no contaminado) mezclado con escombro minero en diferentes proporciones: 0, 12.5, 25, 50, 75 y 100% (peso/peso). En cada réplica se sembró y cultivó semillas de ray-grass durante dos semanas a temperatura ambiente (Facultad de Ciencias, UAM). Luego se determinó la longitud de tallo y raíz, peso fresco y peso seco del material vegetal. Además, al inicio y al final del experimento, se cuantificó la variación en el contenido de metales y metaloides en el suelo y en el tejido vegetal (As, Cd, Cu, Fe, Mn y Zn) mediante espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS). Una comparación similar se realizó con el pH, conductividad eléctrica (CE) y cantidad de materia orgánica (MO) del sustrato de crecimiento. Las diferencias entre los tratamientos se determinaron con pruebas ANOVA de 1 factor, Test de Duncan, correlación de Pearson con el programa SPSS<sup>18</sup>. Para calcular el porcentaje de toxicidad de suelos se utilizó el estadígrafo SigmaPlot<sup>11</sup>. Mediante la estimación de inhibición del crecimiento de ray-grass (con el factor EC<sub>50</sub> = concentración efectiva de escombro capaz de producir 50% de inhibición en el crecimiento de ray-grass) se determinó que el escombro de la mina de Garganta presentó mayor toxicidad que el de Colmenar (EC<sub>50</sub> de 13.6% versus 22.9%, respectivamente). Ésta podría estar asociada con las concentraciones de As y Mn disponibles en el suelo (As: 0.7 mg kg<sup>-1</sup> vs no detectado; Mn: 10.7 mg kg<sup>-1</sup> vs 7.1 mg kg<sup>-1</sup>). Por el contrario, el Cu total en las muestras de Colmenar sobrepasó el nivel de referencia en los tratamientos 50, 75 y 100%; sin embargo, estas concentraciones no son representativas como para considerar tóxico a este suelo. Si bien estos suelos no deberían ser declarados como contaminados, podría existir riesgo para la salud humana y animal, así como para la de los ecosistemas. Por eso se recomienda una evaluación ecotoxicológica completa de los residuos mineros.

**Palabras clave:** Contaminación, Escombros, Minería, Ray-grass, Toxicidad.

## La producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Rojo del Valle, se optimiza aplicando 110 kg N ha<sup>-1</sup> en Belisario Quevedo, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador

Raúl F. Guevara<sup>1</sup>, Pablo A. Landázuri<sup>2</sup>, Flavio G. Padilla<sup>2</sup> y José L. Pantoja<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduado de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>3</sup> AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia:

[joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com).

### Resumen

En Ecuador, la mayoría de productores de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) no aplica N porque consideran que, al ser una leguminosa, no necesita N. Sin embargo, hay evidencias de que la fertilización nitrogenada (FN) mejora la producción de fréjol y que la fertilización potásica (FK) mejora la respuesta del cultivo a la FN. El objetivo fue evaluar la respuesta del fréjol, var. Rojo del Valle, a la FN con y sin FK, y la dosis óptima de N (DON). El cultivo se sembró de forma manual (0.75 m entre surcos, 0.30 m entre postura, 3 semillas por postura, 130000 plantas ha<sup>-1</sup>) en Belisario Quevedo, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, entre Sept. 2014 y Ene. 2015. Se utilizó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de BCA con 4 réplicas [FK (0 y 50 kg K ha<sup>-1</sup>) parcela principal y FN (0 a 200 kg N ha<sup>-1</sup> en incrementos de 40 kg) sub-parcela]. Los tratamientos se establecieron con urea y muriato de K, y se aplicó 20 kg P ha<sup>-1</sup> con roca fosfórica en la siembra para prevenir deficiencias de P. Cuando fue necesario, se aplicó riego por gravedad. La cosecha se realizó de forma manual, la producción de grano seco se reportó con un contenido de humedad del 10%, y la respuesta a la FN se evaluó con ANDEVA y modelos matemáticos (regresiones) elaborados en el programa estadístico SAS<sup>9.3</sup>. Muestras de grano de las parcelas que recibieron 0, 120 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> se analizaron para evaluar el contenido de proteína; y muestras de suelo de estas parcelas se recolectaron durante la cosecha para analizar sus propiedades químicas. La producción promedio de fréjol fue de 1.65 Mg ha<sup>-1</sup>, lo cual es alto si se compara con el promedio nacional (< 1.00 Mg ha<sup>-1</sup> en grano seco). Además, esta producción mostró una respuesta de tipo cuadrática ( $p = 0.08$ ;  $r^2 = 0.82$ ) a la FN ( $p = 0.04$ ). La FK no cambió la respuesta del cultivo a la FN ni el nivel de producción ( $p = 0.61$ ), probablemente por los altos niveles de K en el suelo. La DON fue de 110 kg N ha<sup>-1</sup> (que es mayor a las recomendaciones de fertilización de la zona, 40-80 kg N ha<sup>-1</sup>) y la producción con la DON fue de 1.80 Mg ha<sup>-1</sup>. La FK tampoco afectó el contenido de proteína en el grano ( $p = 0.65$ ), pero la FN si ( $p < 0.01$ ), con incrementos de 1.73 y 0.80% cuando se aplicó 120 o 200 kg N ha<sup>-1</sup> (26.6 y 25.7%, respectivamente), en relación a la no FN (24.9%). La aplicación de 120 o 200 kg N ha<sup>-1</sup> resultó en una reducción del pH del suelo en 0.3 y 0.4 unidades (7.1 y 7.0) en comparación con la no FN (7.4). Esto

pudo deberse a la acidificación que produce la nitrificación de la urea. En esta investigación la FN resultó en mayor producción y mayor valor nutricional del grano, lo cual es importante para todos los actores de la cadena de valor de fréjol; sin embargo, la aplicación de K no tuvo efecto sobre las variables evaluadas.

**Palabras clave:** Contenido de proteína, Dosis óptima de N, Fertilización nitrogenada, Fertilización potásica, Leguminosas.

## Reducción de esporas micorrícicas nativas con fertilización nitrogenada: Una experiencia en Pintag, Ecuador

Rommel A. Muñoz<sup>1</sup>, Saskia Casper<sup>1</sup>, María E. Medina<sup>2</sup> y José L. Pantoja<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Ex-estudiante de pasantía en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.*

<sup>3</sup> *AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com).*

### Resumen

La nutrición vegetal depende de: actividad microbiana, humedad, fertilización, disponibilidad de nutrientes en el suelo y la capacidad de absorción del cultivo. La agricultura intensiva tiene impactos nocivos en la salud del suelo porque la fertilización –por los cambios químicos que genera– altera la microbiota, pero hay pocos estudios que lo hayan cuantificado. El objetivo fue determinar el efecto de la fertilización nitrogenada (FN) con urea normal y urea y polimerizada (urea + tiofosfato de N-n-butiltriamida) en la población de esporas micorrícicas nativas. El estudio se realizó entre Oct. 2014 y Feb. 2015 en Pintag, Pichincha, Ecuador, como parte de una investigación sobre la respuesta de la cebada (*Hordeum vulgare* L., var. INIAP Cañicapa 2003) a la FN. Se utilizaron dos lotes experimentales (Lote 1: 0°23'29"S 78°23'14'O; Lote 2: 0°22'36"S 78°23'34'O), y en cada lote se estableció un diseño de parcelas divididas en un arreglo de BCA con cuatro réplicas. La parcela principal fue el tipo de urea y la sub-parcela fue la FN (0 a 150 kg N ha<sup>-1</sup> con incrementos de 30 kg) (64 m<sup>2</sup> cada sub-parcela). El muestreo de suelos inició después de la cosecha en el Lote 1 y un mes antes de la cosecha en el Lote 2, para lo cual se muestreo en promedio dos réplicas por mes (1 de cada lote experimental). El muestreo incluyó la toma aleatoria de 6 sub-muestras a 20 cm de profundidad de cada sub-parcela y eliminando el material vegetal de la superficie. Dichas sub-muestras se mezclaron para obtener una muestra homogénea y 0.5 kg de la mezcla se utilizó para análisis. El aislamiento y conteo de esporas micorrícicas se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la Carrera de Biotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE; y se siguió la metodología de tamizado húmedo y decantación. El análisis estadístico incluyó un ANDEVA con PROC MIXED y la determinación de un modelo lineal (regresión) con PROC REG del programa estadístico SAS<sup>9.3</sup>. Los tratamientos se compararon mediante *Diferencia Mínima Significativa* con un  $p \leq 0.10$ . No hubo efecto del tipo de urea en la población de esporas micorrícicas ( $p = 0.57$ ); sin embargo, hubo un efecto negativo de la dosis de FN ( $p < 0.01$ ), generando una relación lineal decreciente entre la dosis aplicada y la población de esporas ( $p < 0.01$ ;  $r^2 = 0.96$ ). La disminución de esporas fue del 44% entre la no FN y la dosis más alta (150 kg N ha<sup>-1</sup>) (2500 vs 1400 esporas 100 g<sup>-1</sup> suelo, respectivamente). La FN redujo las esporas micorrícicas, por lo que los productores y técnicos agrícolas deben buscar alternativas para hacer un uso

más eficiente de los fertilizantes y mejorar la producción, pero también para reducir los impactos negativos en la salud del suelo, en especial en la microbiota.

**Palabras clave:** Biodiversidad, Esporas micorrícicas nativas, Fertilización nitrogenada, Salud del suelo, Urea.

## La producción de maíz (*Zea mays* L.), var. INIAP – 180, se optimiza con la aplicación de 60 kg N ha<sup>-1</sup> en Los Sauces, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador

Vinicio Villalta<sup>1</sup>, Flavio G. Padilla<sup>2</sup> y José L. Pantoja<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduado de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sangolquí, Ecuador.

<sup>3</sup> AGNLATAM S.A., Sucre 6-24 y Flores, Ed. Sucre, Piso 2, No. 202. Código Postal: 10-01-177. Ibarra, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [joseluispantoja@gmail.com](mailto:joseluispantoja@gmail.com).

### Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es importante en la región Andina porque es un alimento básico de la población y porque su biomasa (rastrajo) es una alternativa alimentaria para el ganado. Sin embargo, la producción local no cubre la demanda, lo que obliga a Ecuador a importar maíz. La baja productividad se debe a factores como la fertilización deficiente. El objetivo fue evaluar la respuesta del maíz, var. INIAP – 180, a la fertilización nitrogenada (FN) con y sin K, y la dosis óptima de N (DON). La investigación se realizó entre Oct. 2014 y Jun. 2015 en Los Sauces, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. La siembra se realizó de forma manual (0.80 m entre surcos, 0.40 m entre postura, 2 semillas por postura, 62500 plantas ha<sup>-1</sup>). Se utilizó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de BCA con 4 réplicas, con el K (0 y 50 kg K ha<sup>-1</sup>) como parcela principal y la FN (0, 50, 100, 150, 200, y 250 kg N ha<sup>-1</sup>) como sub-parcela. Se utilizó urea y muriato de K para establecer los tratamientos, y roca fosfórica (20 kg P ha<sup>-1</sup>) aplicada a toda el área experimental para evitar deficiencias de P. Se aplicó riego por gravedad en las parcelas experimentales cuando las condiciones del cultivo y el suelo lo demandaban. En la cosecha se muestreó el suelo en las parcelas con 0, 150 y 250 kg N ha<sup>-1</sup> para análisis químico. La cosecha se efectuó de forma manual, recolectando las mazorcas y la biomasa, la producción de grano se reportó al 13% de humedad, y la respuesta a la FN se evaluó con ANDEVA y modelos matemáticos (regresiones) elaborados en el programa estadístico SAS<sup>9.3</sup>. Muestras de grano de las parcelas con 0, 150 y 250 kg N ha<sup>-1</sup> se recolectaron para evaluar el contenido nutricional, en especial el contenido proteico. El K no afectó ninguna de las variables evaluadas ( $p > 0.10$ ), proalmente porque el análisis inicial de suelo mostró un nivel óptimo de K. La FN no afectó las propiedades químicas del suelo ( $p > 0.10$ ), aunque se esperaba una mayor acidificación por la liberación H<sup>+</sup> en el proceso de nitrificación. La FN tampoco afectó la producción de biomasa ( $p = 0.78$ ) ni el contenido de proteína en el grano ( $p = 0.57$ ), que estuvo en los rangos normales (8.0 - 11.0%). La producción promedio de grano fue de 10.4 Mg ha<sup>-1</sup>, lo que es superior a la producción nacional (4.0 a 8.0 Mg ha<sup>-1</sup>). La respuesta a la FN fue de tipo cuadrática platea ( $p = 0.04$ ;  $r^2 = 0.89$ ), la DON fue de solo 60 kg N ha<sup>-1</sup> (un valor mucho menor al que se recomienda, 120-180 kg N ha<sup>-1</sup>) y la producción con la DON fue de 10.7 Mg ha<sup>-1</sup>. La aplicación de

la DON aumentó la producción de grano en  $1.7 \text{ Mg ha}^{-1}$  (19%) en comparación con la no FN ( $9.0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), pero en suelos con poco uso agrícola, pero con disponibilidad de agua de riego como los de Los Sauces, no se requieren altas cantidades de N para el cultivo de maíz. Además, aunque la FN no afectó la producción de biomasa, se obtuvo un promedio de  $13.2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , lo cual es de interés para los productores de ganado.

**Palabras clave:** Contenido de proteína, Dosis óptima de N, Fertilización nitrogenada, Fertilización potásica, Regresiones.



Con el apoyo de:

Con el auspicio de:



Sembramos confianza

