



II Simposio de manejo y fertilidad de suelos



Archivos Académicos USFQ

Número 45

Memorias del II Simposio de manejo y fertilidad de suelos

Editores (revisión):

Diego P. Gangotena¹, Mario Caviedes¹, María Gabriela Albán¹ y José L. Pantoja²

¹ Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Quito, Ecuador

¹ ANALYTIC S.A.S. y AGNLATAM S.A. Quito, Ecuador

Comité editorial:

Mario Caviedes¹, Diego P. Gangotena¹, María Gabriela Albán¹ y José L. Pantoja²

¹ Universidad San Francisco de Quito – USFQ, Quito, Ecuador

² ANALYTIC S.A.S. y AGNLATAM S.A. Quito, Ecuador

Expositores:

Ana L. Bravo Cazar, Antonio A. González, Dafne I. Serrano, Diego R. Villaseñor Ortiz, Francisco A. Mite, José R. Mite Cáceres, Juan F. Gallardo Lancho, Leonel A. Espinoza, Miguel S. Castillo, Odilo Duarte, Valeria Ochoa Herrera y Víctor P. Rueda

USFQ PRESS

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Campus Cumbayá USFQ, Quito 170901, Ecuador

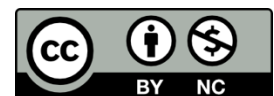
Octubre 2021, Quito, Ecuador

ISBN: 978-9978-68-260-9

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

Simposio de Manejo de y Fertilidad de Suelos (2° : 2023 mayo 18-19 : Quito, Ecuador)
Memorias del II Simposio de Manejo y Fertilidad y Suelos / [editores, Mario Caviedes, Diego P. Gangotena, María Gabriela Albán y José L. Pantoja ; expositores, Ana L. Bravo Cazar ... [y otros]]. – Quito : USFQ Press, ©2023.
p. cm. ; (Archivos Académicos USFQ, ISSN: 2528-7753 ; no. 45 (mayo 2023))
ISBN: 978-9978-68-260-9
1. Manejo de suelos – Congresos, conferencias, etc. – 2. Cultivos y suelos. – I. Caviedes, Mario, ed. – II. Gangotena, Diego P., ed. – III. Albán, María Gabriela, ed. – IV. Pantoja, José L., ed. – V. Bravo Cazar, Ana L., exp. – VI. Título. – VII. Serie monográfica.
CLC: S590.2 .S56 2023
CDD: 631.422
081-171

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: Gangotena, D.P., M. Caviedes, M.G. Albán y J.L. Pantoja (eds.). 2023. *Memorias del II Simposio de manejo y fertilidad de suelos*. 18–19 mayo. Universidad San Francisco de Quito USFQ. Archivos Académicos USFQ núm. 45. Quito, Ecuador, p. 40.

Citación recomendada de un resumen: Cartagena, Y.E., A.R. Parra y V.J. Moreno. 2023. Efecto del enclado en la productividad de trigo (*Triticum aestivum* L. variedad INIAP–Vivar 2010) en un Andisol ecuatoriano. pp. 40. *En:* D.P. Gangotena, M. Caviedes, M.G. Albán y J.L. Pantoja (eds.); *Memorias del II Simposio de manejo y fertilidad de suelos*. 18–19 mayo. Universidad San Francisco de Quito USFQ. Archivos Académicos USFQ núm. 45. Quito, Ecuador.

Archivos Académicos USFQ

ISSN: 2528-7753

Editora de la serie: Andrea Naranjo

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 la editora de la serie. La periodicidad de la serie es ocasional y es publicada por USFQ PRESS, el departamento editorial de la Universidad San Francisco de Quito USFQ.

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

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

Contacto:

Universidad San Francisco de Quito, USFQ
Atte. Andrea Naranjo | Archivos Académicos USFQ
Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica
Casilla Postal: 17-1200-841
Quito 170901, Ecuador

Organizaciones auspiciantes:



Con el gentil apoyo de:



Memorias del II Simposio de Manejo y Fertilidad de Suelos
18 y 19 de mayo de 2023

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



Tabla de contenido

Prólogo	8
Perfiles de los expositores magistrales	9
Ana L. Bravo Cazar	9
Antonio A. González I.	9
Dafne I. Serrano	10
Diego R. Villaseñor Ortiz	10
Francisco A. Mite Vivar	11
José R. Mite Cáceres.....	11
Juan F. Gallardo Lancho	12
Leonel A. Espinoza.....	12
Miguel S. Castillo	13
Odilo Duarte.....	13
Valeria Ochoa Herrera	14
Víctor P. Rueda.....	14
Resúmenes de ponencias magistrales	15
Manejo de microorganismos benéficos en el sector agrícola: Experiencias y potenciales mejoras.....	16
<i>Ana L. Bravo Cazar</i>	
Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de brócoli.....	17
<i>Antonio A. González I.</i>	
Riego tecnificado: Potencial para su desarrollo en Ecuador.....	18
<i>Dafne I. Serrano</i>	
Manejo del suelo y la fertilización en banano	19
<i>Diego R. Villaseñor Ortiz</i>	
Manejo del suelo y la fertilización en cacao	20
<i>Francisco A. Mite Vivar</i>	
Escenario presente y tendencias futuras del mercado mundial global de los fertilizantes ..	21
<i>José R. Mite Cáceres</i>	
Funciones de la materia orgánica del suelo y manejo de abonos de origen orgánico: Lo que falta por entender	22
<i>Juan F. Gallardo Lancho</i>	
Manejo del suelo y la fertilización en arroz, caña de azúcar y maíz	23

<i>Leonel A. Espinoza</i>	
Manejo del suelo y la fertilización en pasturas	24
<i>Miguel S. Castillo</i>	
Manejo de suelo y fertilización en aguacate y mango: Experiencias en los suelos arenosos de la región Costa de Perú	25
<i>Odilo Duarte</i>	
Calidad del agua y trazabilidad de elementos químicos	26
<i>Valeria Ochoa Herrera</i>	
Manejo del Suelo y la fertilización de cultivos desde un enfoque en Agricultura de Precisión: Paquetes sensoriales y de toma de decisiones para mejorar la producción forrajera.....	27
<i>Victor P. Rueda</i>	
Resúmenes de posters técnicos.....	28
Evaluación de la absorción de N, P y K en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en suelos de tipo Entisoles.....	29
<i>César F. Suárez-Arellano y Milena A. Sigcho</i>	
¿Es posible obtener una alta productividad de cebolla colorada (<i>Allium cepa</i> L.) en suelos de la Sierra Central de Ecuador?.....	30
<i>Cristian S. Manyá, María E. Peralta, José F. Arcos, Alfonso L. Suárez y Cristian S. Tapia</i>	
Técnicas de remediación aplicadas a nivel de laboratorio a suelos mineros contaminados con Cd en provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador	31
<i>Diana C. Jumbo y Paulina I. Aguirre</i>	
Influencia de <i>Azotobacter</i> en el cultivo de maíz con dos sistemas de labranza en Pueblo Viejo, Los Ríos, Ecuador.....	32
<i>Jonathan E. González, Eduardo N. Colina, Orlando R. Olvera y Adriana M. Mejía</i>	
Efecto de fertilizantes químicos nitrogenados y mezclas con leguminosas en la producción de raigrás perenne (<i>Lolium perenne</i>) en Ecuador	33
<i>Francisco A. Gutiérrez, Mónica Sacido y Susana Feldman</i>	
Efecto del fertirriego y uso de microorganismos en la asimilación foliar de nutrientes en aguacate Hass (<i>Persea americana</i> Mill.).....	34
<i>Juan P. Gaona, Jorge L. Merino, Pablo F. Viteri, Paúl R. Mejía, William F. Viera y Chang H. Park</i>	
Grados brix como herramienta para determinar el punto óptimo de cosecha con dos aplicaciones de K en tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> M.), en San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador	35
<i>José M. Silva y José L. Pantoja</i>	

Curvas de respuesta a la fertilización: Una alternativa para optimizar la eficiencia del uso de los fertilizantes en la producción agrícola.....36

José L. Pantoja

Análisis fitoquímico y de germinación del guarango (*Caesalpinia spinosa*) complementado con técnicas espectrofotométricas de RAMAN y XPS.....37

Klever M. Quimbiulco, Carlos Reinoso, Lola M. De Lima, John S. Molina V. y Eugenia E. Barros R.

Evaluación del efecto de prácticas de manejo en la calidad física de un Mollisol agrícola en Tumbaco, Ecuador38

Soraya Alvarado Ochoa, Bryan Oscullo, María Paz Calero, Marcelo Guevara, Marco Rivera, Venancio Arahana, Manuel Pumisacho, Juan Pazmiño, Eulalia Vasco y José Espinosa

Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L. variedad INIAP – 101) a la fertilización química y riego39

Yamil E. Cartagena, José L. Zambrano, Anibal R. Parra, Víctor J. Moreno, Amparo L. Condor, Juan E. León y Randon S. Ortiz

Efecto del encalado en la productividad de trigo (*Triticum aestivum* L. variedad INIAP – Vivar 2010) en un Andisol ecuatoriano40

Yamil E. Cartagena, Anibal R. Parra y Víctor J. Moreno

Prólogo

El suelo, esa delgada capa que cubre la superficie terrestre a diferentes profundidades, constituye un cuerpo natural dinámico, en donde se desarrollan procesos de tipo físico, químico y biológicos. Desde un enfoque agrícola, el suelo es el soporte en el cual se desarrollan una gran variedad de cultivos que sirven para el consumo de los seres humanos y de los animales.

Al considerar al suelo como un componente de la producción agrícola, es importante mencionar sobre su fertilidad, que se divide en tres partes: a) La fertilidad física, que hace referencia a las propiedades físicas del suelo, como son su estructura, porosidad y retención de humedad; b) La fertilidad química, que estudia el comportamiento químico de los componentes del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la necesidad de aplicar fertilizantes para suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos; y c) La fertilidad biológica, que trata sobre el contenido de materia orgánica, la actividad y diversidad de las comunidades microbianas, y su relación con la biología de la rizosfera y la interacción suelo-planta.

En este contexto, el otro punto relevante es el manejo adecuado del suelo. Esto es, los distintos tratamientos y prácticas a los que debe someterse un suelo para mejorar su fertilidad y para incrementar la productividad de un cultivo. Idealmente estas prácticas deben realizarse con el menor impacto negativo en las características favorables del suelo, y más bien deben procurar mejorarlas.

Por todo lo anterior, el Comité organizador del II Simposio de Manejo y Fertilidad de Suelos ha desarrollado esta iniciativa en virtud de que el manejo adecuado del suelo y la fertilización de los cultivos son importantes para mejorar la productividad y rentabilidad de los sistemas agrícolas. Esto también se realiza por la necesidad existente de fortalecer las capacidades técnico-científicas de los profesores universitarios, estudiantes y profesionales dedicados al agro.

Eventos de esta naturaleza permiten mejorar la capacitación profesional y la interacción con representantes de empresas y profesionales destacados para desarrollar iniciativas conjuntas. Por ello, este documento contiene los Resúmenes de las Exposiciones Magistrales presentadas por expertos nacionales e internacionales, y también los Resúmenes de Posters Técnicos de trabajos realizados por varios investigadores y con el debido respaldo académico y editorial de quienes hemos trabajado en esta iniciativa.

Para el Comité organizador es importante agradecer a los ponentes magistrales, a quienes han presentado posters técnicos y al público en general, porque con su asistencia han dado realce al Simposio. Para finalizar, se extiende un especial agradecimiento a todas las empresas privadas, cuyos auspicios y apoyo logístico han permitido organizar el evento; sin su participación no se tendría el alcance e impactos esperados.

Perfiles de los expositores magistrales

Ana L. Bravo Cazar, Ph.D.

Es científica y emprendedora. Su maestría en Biotecnología Vegetal y Emprendimiento, por la Universidad de Nottingham en Gran Bretaña, le ha dado herramientas para hacer uso de la innovación científica con fines de resolver problemas en la industria, en especial en el área de la agroindustria y la biotecnología agrícola. Realizó su doctorado en la Universidad de Cambridge en Gran Bretaña, en patología molecular con enfoque en la relación planta-virus-insecto. Su investigación le permitió asistir y participar en eventos científicos relacionados con Seguridad Alimentaria y Sustentabilidad. Realizó un postdoctorado en la Universidad de California-Davis, EE.UU., en el que colaboró en un proyecto enfocado en generar plantas resistentes a la sequía por medio de VIGS, y en el estudio funcional de proteínas del virus en la relación con proteínas del huésped (planta) y cómo éstas interacciones afectan la relación con el vector (insecto). Las experiencias del estudio de relaciones planta-patógeno le han motivado a realizar investigaciones en microbiología agrícola. Ahora en Ecuador, colabora como mentora de programas de incubación para proyectos con enfoque en bioemprendimiento y economía circular. Sus investigaciones se encaminan en la evaluación de la efectividad de bioinsumos agrícolas, micropropagación de plantas comestibles no convencionales, y el uso de residuos orgánicos para la generación de biomateriales.



Antonio A. González I., Ph.D.(c).

Es Ingeniero Agropecuario por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Facultad de Ciencias Agropecuarias – IASA. Candidato - Postulante a PhD en Agricultura Protegida en la Universidad de Almería - España, con Maestría y Especialidad en Suelos y Nutrición de Plantas de la Universidad Central del Ecuador y con Maestría en Fisiología Vegetal de Cultivos Hortofrutícolas. Ha recibido varios cursos de especialización a nivel nacional e internacional en el área de Fisiología Vegetal, Nutrición Avanzada, Fertirrigación, Genética, Hidroponía Avanzada y Acuaponía de Cultivos Frutales, Hortofrutícolas y Ornamentales, en las Universidades de Florida y Cornell, en EE.UU., Colegio de Posgraduados – México COLPOS. Ha participado como ponente en varios Congresos y Simposios a Nivel Nacional e Internacional. Actualmente es Asesor en Producción / Diagnóstico de Proyectos Agrícolas – Certificaciones de Exportación, Fisiología y Nutrición Vegetal, de varios grupos y empresas agroexportadoras de importancia en LATAM (México, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Chile, España, Canadá, EE.UU. y Centro América). Ha colaborado con la elaboración, desarrollo y asesoramiento en Fórmulas de Productos de Bioestimulación (compuestos bioactivos a base de algas marinas), Compuestos elicitors, Programas de Microbiología y Nutrición Mineral para empresas transnacionales en México, Ecuador, Colombia, Perú, Brasil, España, Canadá y EE.UU.



Dafne I. Serrano, M.Sc.

Es Ing. Agrónomo graduado de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano de la promoción 2010, y obtuvo una M.Sc. en Riego de la Universidad Politécnica de California en el 2018. En Zamorano fue instructor de estudiantes de la Unidad de Servicios Agrícolas, y en la actualidad brinda asistencia técnica al diseño, instalación y manejo de sistema de riego en diversos cultivos. Su área de estudio y asistencia técnica se enfoca en el manejo e interpretación de datos de evapotranspiración de los sistemas productivos para el uso eficiente del agua. Tiene más de 10 años de experiencia en esta área, tanto en el componente académico como en la industria. Ha desarrollado trabajos de asesoría técnica en varios países como: EE.UU., Guatemala, Honduras, Panamá y Ecuador. En la actualidad es Presidente de su empresa TJ-Irrigation en Ecuador, Senior Irrigation Designer en Central Irrigation de California, y Gerente Técnico de Smartflow Solutions en Guatemala.



Diego R. Villaseñor Ortiz, Ph.D.

Es un experto en nutrición vegetal y fertilidad de suelos con más de 10 años de experiencia en proyectos de investigación en diversos cultivos tropicales. Actualmente es profesor agregado en la Universidad Técnica de Machala en Ecuador y cuenta con una sólida formación académica, incluyendo un título de Ingeniero Agrónomo y Economista Agropecuario, un Máster en Fertilidad de Suelos de la Universidad de Concepción de Chile y un Doctorado en Ciencias del Suelo de la Universidad Estatal de São Paulo en Brasil. Su trabajo actual, se enfoca en el uso de métodos de diagnóstico nutricional de cultivos por medio de la dinámica y gestión de nutrientes en el suelo y las plantas, la agricultura de precisión, para un uso eficiente de fertilizantes. Ha publicado más de 11 artículos en revistas especializadas de prestigio internacional como: Journal of Plant Nutrition de Taylor and Francis y Scientific Reports de Nature, ha participado como coautor en tres capítulos de libros y como autor principal en uno. Es árbitro de varias revistas científicas latinoamericanas y ha recibido premios y becas internacionales. Además, ha trabajado como consultor para empresas productoras de cultivos de exportación, mejorando la nutrición de las plantas, la fertilidad del suelo y la productividad en más de 2500 ha de cultivos. Con su amplia experiencia y conocimientos en nutrición vegetal y fertilidad de suelos.



Francisco A. Mite Vivar, M.Sc.

Es Ing. Agr. por la Universidad de Guayaquil y M.Sc. por la Universidad de Carolina del Norte, EE.UU. Sus investigaciones han contribuido a mejorar la productividad de cultivos de importancia para el Litoral ecuatoriano, como: cacao, banano, plátano, palma aceitera, maíz y arroz. Tiene 47 años de experiencia en el área de la investigación agropecuaria y 35 años como catedrático universitario. Ha sido parte activa de la mesa técnica de banano y cacao en el componente de investigaciones del país. Ha sido consultor de varias empresas agrícolas del país sobre manejo de suelos y nutrición de cultivos tropicales, y ha escrito varias publicaciones sobre esos temas. También ha representado a Ecuador en Congresos y Seminarios dentro y fuera del país. Fue presidente de la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, director de la Est. Exp. Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, coordinador del Depto. Nacional de Manejo de Suelos y Aguas del INIAP (2005-2014). Ha intervenido en al menos 80 cursos cortos de postgrado, tanto dentro y fuera del país, en el área de manejo de suelos y nutrición de cultivos, y ha dirigido aproximadamente 60 tesis de pregrado y cinco de postgrado. Se ha desempeñado como catedrático en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo – UTEC y Profesor en Escuela de Postgrado en Nutrición Vegetal en la Universidad Técnica Equinoccial – UTE en Santo Domingo de Los Tsáchilas. En la actualidad continúa ejerciendo actividades de consultoría en manejo de suelos y nutrición de cultivos tropicales.



José R. Mite Cáceres, Ph.D.

Es graduado como Ing. Agrónomo de la Escuela Agrícola Panamericana – EAP, El Zamorano, Honduras, C.A. Tiene estudios de posgrado en la Universidad Estatal de Louisiana, EE.UU., donde obtuvo dos maestrías, una en fisiología vegetal con enfoque en manejo de malezas y otra en economía agrícola, y luego un doctorado en ciencias del suelo y nutrición vegetal. En Ecuador ha desempeñado cargos públicos como director de agrobiodiversidad y director de productividad. También ha sido docente invitado en la Universidad Católica de Guayaquil y en la Universidad Espíritu Santo. Internacionalmente ha desempeñado cargos en áreas de investigación y desarrollo, tanto desde un enfoque académico como para el sector privado en multinacionales. Ha trabajado en Monsanto, y en la actualidad desempeña una función en investigación, desarrollo e innovación en la empresa Nutrien Ag Solutions en el Sur-Este de EE.UU.



Juan F. Gallardo Lancho, Ph.D.

Es Lic. en Ciencias Químicas y Dr. en Ciencias por la Universidad de Salamanca (España) donde ha desarrollado una amplia carrera en docencia e investigación a la par de su función investigadora en el C.S.I.C. español. También cuenta con un Diploma de Estudios Profundos en Ciencias del Suelo por la Universidad de Nancy I (Francia). Ha recibido becas y/o financiamiento para dirigir o participar en cerca de 15 proyectos técnico-científicos en Argentina, EE.UU., Eslovaquia, Francia, Inglaterra, Italia, México, Polonia, Portugal, Suecia o Ecuador, donde fue parte del proyecto PROMETEO de la SENESCYT, apoyando iniciativas académicas y científicas en la Universidad Central y en la ESPE. Es autor o coautor de alrededor de 310 artículos científicos, autor y/o editor de varios libros de carácter técnico-científico, forma parte de comités de editores y es revisor de múltiples revistas científicas indexadas, y ha asesorado más de 30 tesis de posgrado. En su carrera destaca haber sido Presidente de la Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental, contando con múltiples premios y reconocimientos otorgados por universidades, ministerios o gobiernos locales en España y asociaciones fuera de su país natal. Sus áreas de trabajo incluyen la materia orgánica del suelo, génesis de suelos, biogeoquímica ambiental, ciclos de bioelementos, ecología forestal y captura de C. En la actualidad continúa apoyando en varios programas académicos dentro y fuera de la Unión Europea (en especial en Iberoamérica), actuando también como consultor agrícola con un enfoque en fertilidad y manejo de suelos.



Leonel A. Espinoza, Ph.D.

Es hondureño de nacimiento, graduado de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, C.A. Después de su graduación vivió en Egipto e Israel aprendiendo sobre recuperación de suelos salinos. Obtuvo una licenciatura en Agronomía en la Universidad Estatal de Iowa. Obtuvo su maestría y doctorado en Química de Agua y Suelos de la Universidad de la Florida, donde también realizó un postdoctorado de 2 años. En la década de los 90 aceptó una posición como responsable de un proyecto de riego de más de US\$ 10 millones con la Universidad de Texas A&M. En 2001 aceptó una posición como Especialista en Suelos para todo el Estado en el Depto. de Suelos y Agronomía de la Universidad de Arkansas donde laboró por 22 años. En la actualidad está retirado de sus labores universitarias; sin embargo, continúa brindando asistencia técnica tanto dentro como fuera de los EE.UU., y desarrollando investigaciones aplicadas en países como Colombia, Honduras, Nicaragua y México. La investigación que realiza el Dr. Espinoza incluye el desarrollo de recomendaciones de fertilización con base en evaluaciones en finca, el uso herramientas de Agricultura de Precisión para incrementar la eficiencia en el manejo de la nutrición y de los cultivos, y en medidas que permitan incrementar la eficiencia en el uso de agua.



Miguel S. Castillo, Ph.D.

Es Ing. en Ciencia y Producción Agropecuaria (B.Sc.) por la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, C.A., con estudios de postgrado en agronomía y ciencias del suelo (M.Sc. y Ph.D.) en la Universidad de Florida, EE.UU., con especialidad en manejo y ecología de sistemas de pastoreo. También cuenta con una Maestría en Administración de Negocios (MBA) por la Universidad Estatal de Carolina del Norte, EE.UU. En su experiencia profesional destaca su trabajo como investigador en fertilidad de suelos y fraccionamiento de fósforo en suelos dedicados al cultivo de caña de azúcar en la Est. Exp. Belle Glade, al sur de Florida, que es parte de la red de Est. Exp. de la Universidad de Florida, EE.UU. En la actualidad es profesor en el Depto. de Ciencias de Cultivos y Suelos de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, donde se enfoca en temáticas de forrajes y pastizales. Es editor de la revista científica *Crop Science* y la revista *Brasileira de Zootecnia*. También es administrador de un panel de financiamiento de proyectos del Inst. Nacional de la Alimentación y la Agricultura de EE.UU (NIFA-USDA). Cuenta con una amplia experiencia en cultivos y sistemas agrosilvopastoriles en zonas tropicales, subtropicales y templadas. Sus áreas de investigación se enfocan en la generación de información y tecnologías para fomentar el uso eficiente de los recursos y la resiliencia en sistemas agro-silvopastoriles.



Odilo Duarte, Ph.D.

Es Bachiller en Ciencias Agrícolas e Ingeniero Agrónomo de la Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú. Cuenta con un M.Sc. in Horticulture de la University of California-Davis, USA, un M.B.A. de la Universidad del Pacífico, Lima, Perú, y un Ph.D. en Ciencias Agrícolas de la Universidad Técnica de Berlín, Alemania. Es especialista en producción de frutales siempre verdes y caducifolios en los trópicos y subtropicos, en manejo de viveros locales y de exportación, productor de aguacate y mandarinas para exportación. Ha cumplido más de 80 consultorías internacionales para el sector frutícola en diversos países, para empresas públicas y privadas, apoyando en la elaboración, seguimiento y evaluación de programas de producción, rehabilitación o investigación frutícola como: Programa de Investigaciones en Frutales para Perú (1998), Programa de Rehabilitación de la Fruticultura Tropical de Cuba (2001), Programa para la Producción Moderna de Durazno en Bolivia (2005), Plan de Desarrollo Frutícola para Jamaica (2007) y análisis de los factores que intervienen en la productividad de los frutales en Perú (2019). Ha apoyado iniciativas enfocadas en el comercio internacional de frutas, incluyendo el manejo en cosecha y poscosecha, la búsqueda de nuevas especies con potencial exportable, diversas evaluaciones de frutas exóticas. También ha desempeñado docencia e investigación universitaria por más de 40 años, con enfoque en cultivos frutícolas, propagación de plantas, creación y administración de agronegocios, y gerencia general y financiera con enfoque en el agro de exportación. Ha liderado programas de investigación en fruticultura y propagación de plantas por más de 25 años. Cuenta con más de 80 artículos científicos, diversos boletines técnicos, y es autor o coautor de 8 libros de fruticultura.



Valeria Ochoa Herrera, Ph.D.

Es profesora de Ingeniería Ambiental en la Universidad San Francisco de Quito – USFQ y Profesora Adjunta en el Departamento de Ciencias Ambientales e Ingeniería de la Universidad de Carolina del Norte, UNC-Chapel-Hill, EE.UU. Previamente se desempeñó como la primera Decana de la Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología de la Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia, y como Vicedecana del Colegio de Ciencias e Ingeniería, y Co-Directora de la Oficina de Innovación y Sostenibilidad de la Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. Como parte de su actividad científica, ha formado un grupo de investigación multidisciplinario enfocado en mitigación y remediación de la contaminación del agua en zonas vulnerables (Galápagos /Amazonía), y además un grupo de investigación aplicada orientado al desarrollo de estrategias tecnológicas, innovadoras y sostenibles en Ecuador y Colombia. Ha realizado varios proyectos de investigación en calidad de agua, tratamiento de efluentes, biorremediación anaeróbica, y sostenibilidad en colaboración con universidades e instituciones extranjeras en Colombia, EE.UU., Canadá, Francia, y México. También se ha desempeñado como consultora ambiental y ha trabajado con empresas públicas, privadas, ONGs y organismos multilaterales. Cuenta con 49 artículos científicos indexados, 5 libros, 2 capítulos de libros y sus investigaciones se han presentado en 15 conferencias internacionales.



Víctor P. Rueda, Ph.D.

Es Ing. Agr. de la Universidad Central Ecuador – UCE. Trabajó como asistente científico y de campo en el Depto. de Botánica de la Fundación Charles Darwin, Galápagos, Ecuador. Después, obtuvo su M.Sc. y su Ph.D. en la Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania. En esta universidad realizó actividades postdoctorales y como profesor asistente en el Instituto de Malherbología hasta el año 2014. Fue parte del proyecto PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) en el 2014 y 2015. Después trabajó como investigador y docente en la Universidad de Bonn, Alemania, y en el Instituto Noruego de Bioeconomía (NIBIO) entre 2016 hasta el 2022. En la actualidad es investigador Senior en el Centro Federal de Competencia para la Investigación Agrícola (AGROSCOPE), ente afiliado a la Oficina Federal de Agricultura, Nyon, Suiza. Sus áreas de experticia son el uso de sensores y tecnología para mejorar la producción agrícola, Agricultura de Precisión, aplicaciones a sitio-específico, estadística y diseño experimental, modelado y aplicaciones basadas en la inteligencia artificial, interacciones planta-planta y alelopatía. Todos estos temas aplicados en agricultura convencional y alternativa, ciencia de malezas, pastos y forrajes.



Resúmenes de ponencias magistrales

Manejo de microorganismos benéficos en el sector agrícola: Experiencias y potenciales mejoras

Ana L. Bravo Cazar¹

¹ ANALYTIC S.A.S. Quito, Ecuador. Autor correspondiente: a.bravocazar@gmail.com

Resumen

El uso de microorganismos benéficos (MB) gana importancia en la agricultura moderna. Esto se debe a sus múltiples beneficios en la producción agrícola y como alternativa para la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas productivos. Los beneficios agrícolas del uso de MB incluyen: bioestimulación de los cultivos, incrementos productivos y protección contra enfermedades y plagas. Los MB incluyen bacterias, hongos y virus. Por ejemplo, dos hongos muy utilizados como alternativa biológica en el manejo integrado de cultivos (MIC) son *Trichoderma* spp. y *Beauveria bassiana*. *Trichoderma* spp. tiene capacidad controladora de enfermedades (principalmente fúngicas) y como bioestimulante; mientras que *Beauveria bassiana* se utiliza para el control de insectos. Además, la integración de MB es una práctica común enmarcada en el MIC. Por lo general, la introducción de MB al sistema productivo se hace por inoculación en semillas, inoculación directa en drench o en combinación con aplicaciones edáficas, como parte de aplicaciones foliares o mediante sistemas de riego. En la actualidad, la investigación e identificación de cepas que incrementen la productividad y la resistencia de plantas constituye un reto para el sector agrícola, así como la optimización en las técnicas de aplicación para mejorar la eficacia y eficiencia de los tratamientos biológicos. Por ello, se identifican tres potenciales mejoras que son: 1) La selección de microorganismos específicos para cultivos y suelos a partir del concepto de especificidad de asociación y/o simbiosis; 2) Formulación de MB para mejorar su liberación, supervivencia y estabilidad de las colonias microbianas en el suelo; y 3) La integración en prácticas agrícolas que promuevan la salud radicular y del suelo, y que permitan mejorar la actividad microbiana. Por todo esto, el uso de MB puede ser efectivo en mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos, aumentar la producción y reducir el impacto ambiental de la actividad agrícola. Sin embargo, aún es necesario que los actores de este sector productivo adquieran conocimiento no solo sobre los MB y su actividad, sino también sobre los factores que afectan su desempeño, su impacto a nivel productivo y ambiental, y la adaptabilidad de las prácticas agrícolas para tener resultados significativos en su uso. Esta ponencia aclara varios conceptos, definiciones y procesos relacionados con el uso y manejo de MB.

Palabras clave: Biocontrol, Controlador biológico, Microbiología, Salud radicular y del suelo.

Abreviaciones: Manejo integrado del cultivo (MIC), Microorganismos benéficos (MB).

Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de brócoli

Antonio A. González I.¹

¹ Consultor Independiente. Especialista en Fisiología y Nutrición de Cultivos. Quito, Ecuador.
Autor correspondiente: antonio_gonzalezi22@yahoo.com

Resumen

El brócoli (*Brassica oleracea*) llamado el *oro verde* es una de las hortalizas más cotizadas a nivel mundial y en la actualidad Ecuador es el principal exportador en Sudamérica; siendo Japón, EE.UU., Unión Europea, Canadá y Guatemala los principales destinos de exportación. Debido a las excelentes propiedades nutricionales es una de las hortalizas de mayor valor nutritivo, con gran importancia en la dieta humana por su contenido de beta-carotenos, vitaminas A y C, ácido fólico, K, Ca, Mg, Fe, Zn y I. También tiene elementos fitoquímicos (glucosinolatos e isotiocianatos), con potenciales efectos en la prevención de diversos tipos de cáncer y otras enfermedades. Por eso en el último lustro ha habido un incremento importante a nivel nacional e internacional del área de siembra de brócoli. La Sierra ecuatoriana reúne óptimas condiciones edafoclimáticas para la producción de este cultivo. Por esto es posible tener una producción permanente todo el año, con tres cosechas anuales (ciclos productivos de entre 12 y 15 semanas), siendo las provincias Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua las que lideran la producción en el país. Este cultivo se adapta mejor a suelos con buen drenaje, aunque puede desarrollarse en un amplio rango de texturas. Productividades de interés comercial se han reportado en suelos arenosos a arcillo limosos. Es ligeramente tolerante a suelos ácidos (6.0 a 6.8 de pH), es moderadamente tolerante a sales del suelo (promedio 2.8 mS cm⁻¹). En suelos arenosos puede tolerar hasta 4.9 mS cm⁻¹, en suelos francos 2.8 mS cm⁻¹, pero es muy sensible cuando se le establece en suelos arcillosos en los que tolera solo 1.6 mS cm⁻¹. En suelos pesados, el potencial productivo se reduce en 10% a 4 mS cm⁻¹ y hasta en un 50% a 8.0 mS cm⁻¹. Con respecto a los requerimiento de macro y micronutrientes, para calcular la recomendación de fertilización en función de las etapas fenológicas, absorción-extracción de nutrientes, y a la respuesta productiva esperada, se suelen utilizar cantidades de nutriente en el siguiente orden: 350-450, 35-41, 280-330, 55-65, 25, 45-55 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente; en cambio en los micronutrientes se suele aplicar 1400-200, 250, 350 y 500 g ha⁻¹ de Fe, Mn, Cu, Zn y B, respectivamente. Esta presentación expone las condiciones edafoclimáticas que permiten un buen desarrollo del cultivo de brócoli y las consideraciones para el manejo del suelo y la nutrición que se deben implementar para lograr productividades rentables.

Palabras clave: Absorción-extracción de nutrientes, Acidez del suelo, Condiciones edafoclimáticas, Drenaje del suelo, Salinidad del suelo, Valor nutricional.

Riego tecnificado: Potencial para su desarrollo en Ecuador

Dafne I. Serrano¹

¹ TJ-Irrigation, Machala, El Oro, Ecuador. Autor correspondiente: dafneisaac89@gmail.com

Resumen

El recurso hídrico es indispensable para la producción agropecuaria. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en Ecuador hay 2.2×10^6 ha que se utilizan para explotación agrícola, de las cuales cerca de 1.5×10^6 ha están bajo algún tipo de riego. Sin embargo, algunos de los sistemas de riego son poco eficientes y resultan en baja eficiencia en el uso del agua (inclusivo $< 50\%$), erosión del suelo y pérdidas de los componentes de fertilidad de los sistemas productivos. En los últimos 20 años se ha incrementado en 20% la superficie de riego tecnificado, observándose principalmente un cambio del sistema de riego por gravedad (RG) o surcos al riego por aspersión. Sin embargo, el RG todavía se utiliza en 0.72×10^6 ha (48% del área con riego). Esto significa que casi la mitad del área bajo riego tiene una eficiencia $< 70\%$ en comparación con los sistemas tecnificados. El riego por aspersión cubre hasta un 46% del área regada; su eficiencia depende de varios factores, pero por lo general es mayor a la del RG, con valores de 70 a 85%. Los sistemas de riego localizados como microaspersión y goteo solo cubren con 4% del total de área regada y su eficiencia –a pesar de ser alta– puede variar dependiendo de factores propios del sistema productivo y de su diseño. Partiendo de estos datos se asume que en Ecuador hay baja eficiencia en el uso del agua mediante sistema de riego, y esto se refleja en baja productividad, posibles afectaciones ambientales y altos costos operativos. En sistemas de riego ya instalados, una forma para aumentar la eficiencia de la aplicación del agua consiste en medir la uniformidad de distribución del riego. De igual forma, se puede implementar la calendarización de riego –en láminas y frecuencias– para tener mayor control en el uso del agua. En sistemas productivos nuevos, es importante instalar sistemas de riego a partir de diseños tecnificados. A más de las exigencias agroecológicas y sostenibles del mercado global de productos agrícolas, el incremento en los costos productivos obliga a los productores a buscar alternativas eficientes, amigables con el ambiente y operativamente viables. Por ello, en países como Ecuador la agricultura debe migrar a una producción tecnificada en la que se utilizan los recursos naturales de forma más eficiente, reduciendo la huella de C y generando una producción más sostenible.

Palabras clave: Eficiencia de riego, Operatividad, Productividad agrícola, Riego tecnificado.

Abreviaciones: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Riego por gravedad (RG).

Manejo del suelo y la fertilización en banano

Diego R. Villaseñor Ortiz¹

¹ Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Técnica de Machala – UTMACH. Machala, El Oro, Ecuador. Autor correspondiente: dvillasenor@utmachala.edu.ec

Resumen

La nutrición adecuada y el cuidado de las características físicas, químicas y biológicas del suelo son esenciales para maximizar el desarrollo y la productividad del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*), en un contexto de alta productividad. Al centrarse en la sostenibilidad, se puede lograr un equilibrio entre la producción, la protección del medio ambiente y la rentabilidad a mediano y largo plazo. Además de ser una fuente importante de ingresos, el banano desempeña un papel importante en la economía y bienestar de las comunidades rurales del país. Al aplicar conocimientos científicos y prácticas innovadoras, los productores bananeros pueden mejorar la calidad de su producto, preservar los recursos naturales y garantizar una producción sostenible en el tiempo. La fertilización con base en dosis y balance nutricional, y el manejo adecuado del suelo no solo promueven altas productividades, sino que también reducen el estrés de las plantas debido a enfermedades y condiciones ambientales adversas. Además, un suelo saludable y bien equilibrado mejora la retención de agua, reduce la pérdida de nutrientes por lixiviación y favorece una mejor infiltración, contribuyendo a la sostenibilidad de la agricultura. También se destaca que el manejo del suelo y la fertilización deben basarse en un enfoque personalizado para cada tipo de contexto edafoclimático, considerando las características específicas del suelo y el agua. El análisis y monitoreo regular de estas variables son clave para ajustar las prácticas de manejo y garantizar una nutrición óptima del cultivo. Al enfocarnos en prácticas nutricionales efectivas y en el cuidado de las propiedades del suelo, se maximiza la productividad, se reduce el estrés de las plantas y se contribuye a una agricultura más sostenible. La actividad bananera en Ecuador es un ejemplo inspirador de cómo estos enfoques pueden impulsar el desarrollo económico y social, al tiempo que se preservan los recursos naturales y se promueve el bienestar del campesinado. Con un manejo adecuado del suelo y de la fertilización, el banano seguirá siendo exitoso, una industria próspera y sostenible en el mediano y largo plazo.

Palabras clave: Estrés del cultivo, Fertilización, Medio ambiente, Nutrientes, Productividad, Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Manejo del suelo y la fertilización en cacao

Francisco A. Mite Vivar¹

¹ Ex Investigador del Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP y actual Consultor Agrícola, Experto en Manejo de Suelos y Nutrición de Cultivos. Autor correspondiente: franciscomite19@gmail.com

Resumen

En el 2022 Ecuador exportó 43000 Mg de cacao (*Theobroma cacao*) en grano, lo que produjo US\$ 1068 x 10⁶ en divisas. Esto permite al país ocupar el tercer lugar como productor de cacao en el mundo, después de Costa de Marfil y Ghana. Lo singular en este contexto es que se ha logrado mantener la cuota de exportación de cacao fino y de aroma 75%, lo cual confirma el liderazgo de Ecuador en la producción de cacaos finos, que se utiliza para fabricar chocolates de alta calidad. En la actualidad se produce cacao en cerca de 560000 ha y constituye el tercer rubro de importancia agrícola para el país, después del banano y las flores. Genera empleo directo e indirecto a más de 150000 familias de pequeños y medianos productores, y a otras 20000 familias en el resto de la cadena de valor, influyendo de forma directa en unas 600000 personas. En consecuencia, este cultivo tiene un valor socioeconómico significativo para el Ecuador. Por otra parte, se debe tener presente que la productividad promedio a nivel nacional es de solo 768 kg ha⁻¹ de grano seco con un uso mínimo de fertilizantes. Si se implementan mejores prácticas de manejo del cultivo –incluida la fertilización– se podría alcanzar mayores volúmenes de exportación, lo que mejoraría la economía de la cadena productiva y de valor de este cultivo. Esta presentación describe las condiciones adecuadas del suelo para establecer una plantación de cacao y sus principales limitaciones. También se detalla el rol de los diferentes nutrientes en el desarrollo de este cultivo, con testimonios de resultados de experimentos de fertilización, donde se ha encontrado incrementos productivos significativos. Se hace énfasis en el rol de la fertilización como un recurso para aumentar la producción, la cual debe realizarse con base en las necesidades de la plantación. Los fertilizantes cumplen su efecto benéfico solo si se aplican de forma correcta. Una mala aplicación puede causar efectos adversos al cultivo, el suelo y las fuentes de agua. Para que se asegure el éxito de la práctica de fertilización, esta debe ir acompañada de otras labores como: manejo correcto de la poda, control de malezas, riego de forma tecnificada, control de plagas y de enfermedades. Como una guía se presentan algunos planes de fertilización para diferentes estados de desarrollo de las plantas, según la interpretación del análisis de suelo y foliar.

Palabras clave: Cacao, Fertilización, Nutrición del cultivo, Manejo de suelos.

Escenario presente y tendencias futuras del mercado mundial global de los fertilizantes

José R. Mite Cáceres¹

¹ Nutrien Ag Solutions, EE.AA. Autor correspondiente: jrmite@gmail.com

Resumen

En consonancia con el crecimiento poblacional en los siglos XX y XXI, más cultivos han tenido impacto directo en el aumento de la demanda del sistema global de seguridad alimentaria. Mejorar la producción agrícola es una tendencia actual necesaria y los fertilizantes tienen un rol vital para incrementar la productividad de los cultivos. Los países en desarrollo tienen una tendencia de incremento poblacional exponencial desde los años 1800 hasta el 2100, con proyecciones definidas así: África 4.0 billones (B), Asia 4.7 B, Oceanía 69 millones (M), Norte América 670 M, Sur América 426 M y Europa 588 M. El uso de tierra arable por persona ha comenzado a declinar por el incremento del área urbana, y se estima que 593 x 10⁶ ha agrícolas serán necesarias para alimentar 10 B de personas en el 2050. El mercado global de fertilizantes alcanzó US\$ 163 B en 2021 y se espera que incremente hasta US\$ 204 B en el 2027 (crecimiento anual promedio = 4%). Los tres países que más exportan fertilizante son Rusia, China y Canadá, y los mayores importadores son Brasil, EE.UU. e India. Registros recientes muestran que los precios de los fertilizantes tuvieron un pico alto en el primer trimestre del 2022 y se mantuvieron con precios elevados hasta inicios del 2023; sin embargo, la tendencia a la baja que se observa en la actualidad es el reflejo de la reducción en la demanda de los productores debido a los costos altos y el efecto de la oferta mundial; situación afectada por las sanciones y/o restricciones a Rusia, Bielorrusia y China. En Europa, el incremento de precio de gas natural en octubre 2022 también contribuyó a cerca del 70% de reducción en la producción de fertilizante de N, pero en el 2023 la reducción de precios de gas natural y la abundante oferta en el mercado mundial ha contribuido a la reducción de precios extraordinarios. Si bien el Covid, los conflictos políticos y los altos precios de materias primas y/o insumos han afectado a los sistemas agrícolas, todo esto ha creado una oportunidad para la innovación y desarrollo de alternativas novedosas, sobre todo de los bioestimulantes, donde el mercado se valoró en US\$ 3.5 B en el 2022 con proyecciones de crecimiento hasta de US\$ 6.2 B. Estas *crisis* han empujado a que el agricultor busque mayor eficiencia en el uso del suelo y el agua (ej.: implementando prácticas de reducción de la erosión y lavado de nutrientes), un mejor manejo de la biodiversidad (ej.: incrementando la cantidad y diversidad de poblaciones microbianas benéficas) y uso más racional de los fertilizantes. Aunque a pasos un poco lentos, esto refleja que los sistemas agrícolas buscan enmarcarse en parámetros de sostenibilidad para cumplir las exigencias de mercados globales cada vez más exigentes.

Palabras claves: Biodiversidad, Bioestimulantes, Fertilizantes.

Abreviaciones: Billones (B), Millones (M).

Funciones de la materia orgánica del suelo y manejo de abonos de origen orgánico: Lo que falta por entender

Juan F. Gallardo Lancho¹

¹ Consultor agrícola, Esp. en Manejo y Fertilidad de Suelos. Salamanca, España. Autor correspondiente: juanf.gallardo@gmail.com

Resumen

Los mercados internacionales cada vez más exigen que los sistemas de producción agrícola se enmarquen en una visión de equilibrio ecológico, por ejemplo, utilizando materias primas de origen orgánico y reduciendo el uso de materiales de origen sintético. Además, se conoce de forma amplia los beneficios físico-químico-biológicos que proporciona la materia orgánica del suelo (MOS) en el sistema suelo-agua-cultivo (SSAC). Ello ha conducido a un mayor uso de abonos de origen orgánico (AOO) en los sistemas productivos, en especial en aquellos que se enmarcan atendiendo las normas de exportación. Sin embargo, los actores del sector agrícola carecen de suficiente conocimiento de los factores y procesos que afectan las características y funciones de la MOS, los parámetros a tomar en cuenta para elaborar AOO de una adecuada calidad (cuando menos aceptable), así como el funcionamiento e impacto de estos materiales en el SSAC. Se necesita entender que los residuos orgánicos (RROO) difícilmente cubren los requerimientos nutricionales de los cultivos, sobre todo de macroelementos en aquellos de alta demanda nutrimental, aunque ante todo estos materiales sean un complemento del sistema productivo. Considerando lo dicho, en esta comunicación se expone la naturaleza de la MOS, su papel crucial en el desarrollo de la vida del SSAC y la importancia de su bioestabilidad. Luego se detallan los componentes y las fracciones de la MOS, señalando la importancia de cada fracción en la dinámica y evolución del SSAC. También se recalca las diferencias entre las sustancias húmicas y los RROO. Se muestra la participación microbiana en la mineralización y transformación de RROO a sustancias húmicas, liberándose energía y CO₂ durante el proceso. Se explica de forma específica las diferencias físico-químico-biológicas entre estiércoles, compostas y bioles. Por último, se revisa el uso variado (y a la vez discutible) de los RROO como mejoradores del suelo, respondiendo a interrogantes frecuentes (por ejemplo: ¿Cuánto RROO se debe aplicar a un sistema productivo para tener incrementos significativos de MOS?). Por tanto, el objetivo de esta ponencia es aportar conocimientos a productores y técnicos agrícolas sobre la importancia de la MOS, los procesos y consideraciones para producir AOO, las ventajas y desventajas de su utilización, así como su impacto en el SSAC.

Palabras clave: Bioles, Compostaje, Compostas, Estiércoles, Residuos y subproductos orgánicos, Sustancias húmicas.

Abreviaturas: Abonos de origen orgánico (AOO), Materia orgánica del suelo (MOS), Residuos orgánicos (RROO), Sistema suelo-agua-cultivo (SSAC).

Manejo del suelo y la fertilización en arroz, caña de azúcar y maíz

Leonel A. Espinoza¹

¹ Consultor Agrícola, Especialista en Manejo de Suelos y Nutrición de Cultivos. Little Rock, Arkansas, USA. Autor correspondiente: leonelespinoza137@gmail.com

Resumen

El arroz (*Oryza sativa*), caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) y maíz (*Zea mays* L.) tienen relevancia mundial en la alimentación humana y animal, y en la economía de los países que producen estos cultivos. Sin embargo, su producción convencional y la optimización de recursos de los sistemas productivos requieren de altos aportes de nutrientes en forma de fertilizantes y que estos se apliquen de forma balanceada. Un programa de fertilización balanceado es clave para la maximización de la productividad potencial del cultivo, y el tener un buen entendimiento sobre la relación suelo:agua:planta es crítico para obtener el mayor retorno a la inversión. En los programas de agronomía de las universidades de EE.UU. las recomendaciones desarrolladas para la aplicación de N se basan en estudios de dosis crecientes del nutriente, el desarrollo de modelos de respuesta y la definición de cantidades máximas de fertilizante a aplicar. En cambio, los programas de fertilización de P y K se basan en estudios de correlación y calibración. La correlación permite determinar la relación entre la concentración de nutrientes en el suelo (incluye la evaluación y análisis de métodos de extracción) y la productividad del cultivo; en tanto que la calibración permite determinar la relación entre la dosis de fertilizante (por lo general a partir de dosis crecientes) y la producción del cultivo. Además, se han desarrollado prácticas culturales de manejo de los cultivos que contribuyen a incrementar la eficiencia en el uso de fertilizantes y reducir su impacto ambiental. Por ello, el objetivo de esta presentación es el de ofrecer una breve explicación sobre el proceso de desarrollo de los programas de fertilización, así como el discutir algunas de las prácticas de manejo de los cultivos. También se harán comentarios sobre el uso de Agricultura de Precisión en el manejo de la fertilidad del suelo y los últimos resultados de investigación con sensores de flujo de savia en caña de azúcar y maíz.

Palabras claves: Agricultura de precisión, Fertilidad del suelo, Flujo de savia, sensores de flujo.

Manejo del suelo y la fertilización en pasturas

Miguel S. Castillo¹

¹ Programa de Forrajes y Pastizales, Depto. de Ciencias de Cultivos y Suelos. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Raleigh, NC, USA. Autor correspondiente: mscastil@ncsu.edu

Resumen

Debido a los incrementos permanentes en los costos de alimentación en sistemas ganaderos, la nutrición de los animales depende cada vez más en la cantidad y calidad del pasto que se les oferta. Sin embargo, el manejo adecuado de los nutrientes en los pastizales es crítico no sólo para asegurar productividades altas, sino también para maximizar el retorno sobre el uso de recursos y minimizar los potenciales daños ambientales por excesos. Con frecuencia, en los sistemas de producción pastoril el costo de la fertilización puede representar entre el 20 al 40%, o incluso más, del total de los costos de producción. Debido a las cada vez mayores exigencias del mercado en cuanto a volumen y calidad productiva de los hatos ganaderos, y a los altos costos que puede representar la fertilización en estos sistemas, es necesario evaluar alternativas que permitan mejorar su rentabilidad y sostenibilidad. Además, es necesario que tanto productores como técnicos del sector respondan interrogantes como: ¿Qué prácticas de manejo permiten mejorar la fertilidad del suelo y el balance nutricional en sistemas ganaderos? ¿Qué factores deben considerarse para determinar las dosis, fuentes y frecuencias de fertilización en pasturas? ¿Qué alternativas existen para promover el reciclaje de nutrientes y la resiliencia en sistemas de pastoreo? ¿Cómo afectan las estaciones climáticas al manejo nutricional de los pastizales? Por todo lo anterior, el objetivo de esta ponencia es presentar y discutir ejemplos específicos de repuesta a la adición de nutrientes en sistemas forrajeros (ej.: producción de heno y ensilaje) y de pastoreo.

Palabras clave: Pastoreo intensivo, Resiliencia, Sistemas silvopastoriles, Sostenibilidad.

Manejo de suelo y fertilización en aguacate y mango: Experiencias en los suelos arenosos de la región Costa de Perú

Odilo Duarte¹

¹ Consultor Independiente. Especialista en Producción de Frutales. Lima, Perú. Autor correspondiente: odiloduarte@yahoo.com

Resumen

El Perú es el segundo productor y exportador de aguacate (*Persea americana*) y un importante exportador de mango (*Mangifera indica*). La mayoría de las plantaciones de aguacate son de alta densidad 6 x 3.0 m, 6 x 2.5 m o 6 x 2.0 m (600-833 plantas ha⁻¹) y están en suelos muy sueltos o arenosos de irrigaciones nuevas, por lo que el único aporte de materia orgánica (MO) se hace en el establecimiento del cultivo al colocar 10-20 Mg ha⁻¹ en los hoyos de siembra o en hileras laterales de compost o estiércol descompuesto. El resto de la fertilización se hace mediante riego tecnificado donde se añaden nutrientes y ácidos húmicos. Añadir MO de forma mecánica en cultivos establecidos de aguacate es complicado y se romperían raíces. Solo en algunos casos, en suelos francos o cercanos a esa textura y con problemas de compactación, se ha logrado mejorar la productividad mediante el cincelado o subsolado de las calles a 50-60 cm de profundidad y cortando las raíces. Esta operación permite el rebrote de raíces nuevas y más activas, pues la compactación limita su desarrollo y actividad biológica. Se fertiliza con altas dosis de N y K (200-300 g planta⁻¹ de c/u) aunque los análisis reflejen niveles altos de disponibilidad. Se utilizan menores cantidades de P₂O₅, Ca, S, y menos aún de MgO, Zn, B, y Mn. La aplicación de B, Zn y Fe se realiza en la floración y meses siguientes. En primavera se aplica “Humikem”, Sulfato de Mn, Quelato de Fe y productos de naturaleza enraizante. En el caso de mango, este se produce básicamente en la zona norte del país, tanto en suelos francos como arenosos, y muy pocos añaden MO al suelo. Las plantaciones son de mediana densidad con 6 x 6 m o 6 x 5 m (277-333 plantas ha⁻¹). En suelos que no son muy arenosos por lo general se aplica dosis bajas de N (30-80 kg ha⁻¹) y bastante más altas de K₂O (100-150 kg ha⁻¹) y bajas de P₂O₅ (20-60 kg ha⁻¹); también se aplica Ca, Mg y dosis bajas de B, Cu, Mn y Zn. Tanto en aguacate como en mango se parte de los análisis de suelo y foliares para elaborar los programas de fertilización determinando las dosis y fuentes a utilizar. Para aplicar nutrientes se utiliza sistemas de riego por goteo y algunas aplicaciones foliares, en especial con aspersiones de microelementos. En los dos cultivos se aplica los elementos nutritivos de acuerdo con la fenología y con enfoque en las etapas de mayor consumo de la planta. En ambos sistemas se prefiere plantar sobre camellones, sobre todo en aguacate.

Palabras clave: Alta densidad, Aspersiones foliares, Camellones, Etapa fenológica, Riego por goteo, Materia orgánica.

Abreviaciones: Materia orgánica (MO).

Calidad del agua y trazabilidad de elementos químicos

Valeria Ochoa Herrera¹

¹ Colegio de Ciencias e Ingenierías, Universidad San Francisco de Quito – USFQ. Quito, Ecuador. Autor correspondiente: vochoa@usfq.edu.ec

Resumen

Contar con agua de buena calidad –en especial el agua de riego y para procesos de lavado de productos– es vital para tener éxito en las inversiones productivas de tipo agrícola. Aguas con bajos niveles de dureza, salinidad y concentraciones de elementos son deseadas para: 1) Evitar efectos negativos en la nutrición de los cultivos; 2) Mantener la fertilidad natural de los suelos; y 3) Minimizar los riesgos potenciales de contaminación con agentes no deseados en productos exportables (ej.: flores y frutas). Además, las exigencias globales de la agricultura de exportación priorizan cada vez más la trazabilidad de compuestos que afecten de forma negativa al ambiente y la salud. Sin embargo, en países de Latinoamérica es común que aguas residuales no tratadas provenientes de actividades domésticas e industriales se descarguen en los cauces naturales de agua. Esas descargas constituyen una de las principales fuentes de contaminación, en especial en países en los que el tratamiento de aguas servidas sigue siendo incipiente. Aguas con altos niveles de dureza pueden resultar en la precipitación y baja disponibilidad de las fuentes de nutrición de los cultivos; aguas salinas pueden provocar antagonismos nutricionales; mientras que aguas contaminadas con metales pesados, compuestos químicos o alta presencia de microorganismos no deseados pueden generar problemas en los procesos de certificación y exportación. A nivel de campo, en el mediano y largo plazo, un agua de mala calidad resulta en mermas productivas considerables, mayores costos de producción y en una baja rentabilidad del sistema. Por ello, la calidad del agua ha recibido especial atención en los últimos años y se puede determinar a partir de la presencia de agentes químicos y microbiológicos, los cuales se utilizan como trazadores de contaminación. Dentro los elementos químicos, los metales pesados provenientes de procesos naturales y antropogénicos son uno de los grupos de mayor interés debido a su toxicidad, persistencia y potencial de bioacumulación. En esta conferencia se presentan los resultados de la calidad del agua de diferentes ríos y fuentes con base a parámetros físico-químicos básicos y la presencia de metales pesados como As, Ba, Cr, Cu, Cd, Mn, Ni, Pb, V y Zn como indicadores de contaminación antropogénica proveniente de actividades industriales, petrolera, minera y desde luego, agrícola. También se presentan las principales rutas de exposición –junto con los índices de riesgo a la salud– para muestras de agua de consumo provenientes de las regiones Amazónicas (Norte y Sur) y Pacífica (Provincia de Esmeraldas) en Ecuador.

Palabras clave: Dureza, Índices de riesgo, Metales pesados, pH, Salinidad, Trazabilidad.

Manejo del Suelo y la fertilización de cultivos desde un enfoque en Agricultura de Precisión: Paquetes sensoriales y de toma de decisiones para mejorar la producción forrajera

Víctor P. Rueda¹

¹ Centro Federal de Competencia para la Investigación Agrícola (AGROSCOPE), Oficina Federal de Agricultura, Suiza. Autor correspondiente: rueda.victor@agroscope.admin.ch

Resumen

La agricultura de precisión (AP) es una forma de manejo agronómico basado en el uso de avances tecnológicos y gestión apropiada de técnicas, insumos e información de las unidades productivas. Se utiliza con el objetivo de mejorar la productividad y paralelamente minimizar las pérdidas en producción, reducir la emisión de desechos y mitigar los impactos ambientales negativos. El mecanismo para mejorar la producción agrícola con AP se basa en la gestión precisa, en áreas pequeñas de uno o pocos metros cuadrados de la unidad agrícola (o a nivel individual por animal, en el caso de producción pecuaria). Entre las herramientas tecnológicas que se usan en AP están varios tipos de sensores, sistemas de posicionamiento y navegación satelitales, plataformas sensoriales terrestres y aéreas, y software para análisis de abundantes datos (Big Data). En esta conferencia se presenta una breve visión del estado del arte de las técnicas y los sensores utilizados en AP, en investigación y aplicación en campo, con enfoque en la producción de pastos y forrajes (una visión de los sistemas disponibles en Europa). También se describe el proceso de investigación y desarrollo de un paquete sensorial que permite elaborar planes de manejo de los cortes y de la fertilización. Este paquete produce una estimación automatizada del contenido proteico y de productividad de los pastizales, basado en modelos de inteligencia artificial con datos de sensores de detección y medición de la luz (LiDAR por sus siglas en inglés), cámaras rojo, verde y azul (RGB por sus siglas en inglés), multi e hiper espectrales. Además, se presenta el desarrollo de un programa integrado en este paquete, mismo que usa métodos de visión por computador y análisis de imágenes RGB para determinar el estado del pastizal y generar recomendaciones sobre renovación y fertilización, optimizando el uso de semillas para renovación del pastizal con siembra directa y minimizando el desperdicio de los fertilizantes. El sistema tiene una eficiencia > 92% en sus estimaciones y recomendaciones, contrastando con la realidad medida en campo. Este paquete se encuentra en estado de prueba de concepto y va en camino a ser un producto que podrá comercializarse después de los períodos de validación a los que está siendo sometido.

Palabras clave: Avances tecnológicos, Cámaras espectrales, Navegación satelital, Posicionamiento global, Sensores, Software avanzado.

Abreviaciones: Agricultura de precisión (AP), Light detection and ranging (LiDAR), Red, green and blue (RGB).

Resúmenes de posters técnicos

Evaluación de la absorción de N, P y K en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en suelos de tipo Entisoles

César F. Suárez-Arellano¹ y Milena A. Sigcho²

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad ECOTEC. Samborondón, Ecuador. Autor correspondiente: csuarez@ecotec.edu.ec

² Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Agraria del Ecuador – UAE. Milagro, Ecuador.

Resumen

Determinar la absorción de nutrientes ayuda en el manejo de los cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), debido al uso actual de híbridos de alta productividad. Por ello, es importante evaluar cómo esa absorción influye en el desarrollo del cultivo en cada etapa fenológica para mejorar la eficiencia de la aplicación de las fuentes nutricionales. Se realizó un experimento en 10 parcelas de maíz de 5 x 5 m c/u, en el cantón Naranjal, provincia del Guayas. Antes de la siembra se hizo el análisis de suelo para elaborar las recomendaciones nutricionales según los requerimientos del cultivo. El manejo agronómico incluyó aplicaciones de fertilizante a los: 15, 30 y 45 días, con dosis de: 168, 152 y 280 kg ha⁻¹, respectivamente, de fórmulas (N, P₂O₅ y K₂O), con mezclas física de urea, muriato de K (MOP) y mezcla física 10-30-10, mientras que el control fitosanitario se hizo a los 15, 30, 45, 90 y 120 días. Se tomó muestras foliares durante el crecimiento vegetativo, floración y maduración para análisis de N, P y K por vía húmeda, con una solución de ácido nítrico mediante la técnica del micro Kjeldahl. La absorción nutricional de N, P y K se la evaluó mediante un análisis de tendencia polinómica y se obtuvieron curvas con valores de r^2 : 0.93, 0.72 y 0.98 para N, P y K, respectivamente. El maíz absorbió: N = 82, P = 9.7 y K = 99.5 kg ha⁻¹, respectivamente, con mayor absorción de P en la etapa vegetativa, y de N y K a los 90 días. La productividad se estimó en 9.0 Mg ha⁻¹, lo que es un resultado aceptable porque en Ecuador se tienen productividades medias de 9.5 Mg ha⁻¹. Se concluye que el maíz no requiere un alto aporte de macronutrientes en suelos de tipo Entisoles, porque solo una baja proporción de lo aplicado se convierte en biomasa vegetal, y el resto posiblemente queda fijado en el suelo. Esto hace de que se optimice los recursos económicos y a la vez se reduce la degradación química de los suelos agrícolas por el uso excesivo de fertilizantes químicos.

Palabras clave: Fenología, Fertilización, Híbridos, Nutrición

Abreviaciones: Muriato de K (MOP).

¿Es posible obtener una alta productividad de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) en suelos de la Sierra Central de Ecuador?

Cristian S. Manyá¹, María E. Peralta¹, José F. Arcos¹, Alfonso L. Suárez¹ y Cristian S. Tapia¹

¹ Facultad de Agronomía, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH. Riobamba, Ecuador. Autor correspondiente: cristians.tapia@epoch.edu.ec

Resumen

La cebolla colorada (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel global. En Ecuador hay cerca de 12 000 ha de cebolla con promedio productivo de 7.7 Mg ha⁻¹. La producción nacional de cebolla híbrido Burguesa e híbrido Roja, satisfacen la demanda del mercado nacional. Para obtener mejor productividad, la aplicación de fertirriego permite obtener un óptimo aprovechamiento de los nutrientes. Se llevó a cabo una investigación en cebolla var. Burguesa en la provincia de Chimborazo, comunidad Siguilán, perteneciente a la parroquia Punín, para determinar una formulación nutricional química eficiente mediante sistema de fertirriego y aporte de abono orgánico. Los tratamientos fueron la formulación química en cuatro niveles (0, 50, 100 y 150% de la recomendación de INTAGRI), con tres dosis de abono orgánico a base de gallinaza (0, 1.5, y 3.0 Mg ha⁻¹). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro réplicas. Las características morfológicas del cultivo se evaluaron a los 30, 60 y 90 días después de siembra (dds). Al determinar el efecto de las formulaciones en el comportamiento agronómico de la cebolla, se obtuvo los mejores resultados en cuanto a la altura de la planta, número de hojas, diámetro de pseudotallo, anillos por bulbo, diámetro de bulbo y peso de bulbo, con fertilización química al 150% de la recomendación (con aportes de 270, 180 y 300 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente) ($p < 0.0001$). La mejor productividad fue de 57.3 Mg ha⁻¹ y se obtuvo con la fertilización del 100% (con aportes de 180, 120 y 200 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente) ($p < 0.0001$). En cuanto al abono orgánico, los mejores resultados se obtuvieron con la dosis de 3.0 Mg ha⁻¹ ($p < 0.0001$). Los resultados corroboran la abundante evidencia sobre las ventajas nutrimentales para el cultivo que suministra el fertirriego. En cambio, la aplicación del abono orgánico mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y los nutrientes pueden estar disponibles a partir de la mineralización del abono. Por lo tanto, el estudio muestra alto potencial para mejorar la productividad de la cebolla en suelos de la comunidad Siguilán al combinar los beneficios del fertirriego y la aplicación de abono orgánico.

Palabras clave: Abono orgánico, Fertirrigación, Cebolla var. Burguesa.

Abreviaciones: Días después de siembra (dds), Variedad (var).

Técnicas de remediación aplicadas a nivel de laboratorio a suelos mineros contaminados con Cd en provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador

Diana C. Jumbo¹ y Paulina I. Aguirre¹

¹ Grupo de Investigación en Materiales y Ambiente, Depto. de Química, Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL, Loja, Ecuador. Autor correspondiente: dcjumbo07@utpl.edu.ec

Resumen

La minería es una actividad económica importante de Ecuador, pero constituye una fuente principal de ingreso de metales pesados en los ecosistemas, lo que genera contaminación ambiental y produce efectos adversos en la salud humana. En el sureste de nuestro país, el Distrito Minero Nambija es conocido por su potencial aurífero y el desarrollo de una intensa actividad minera desde la década de los 80. Los impactos ambientales identificados en el sector son consecuencia de la deficiencia en el control de las técnicas de beneficio del mineral. De ahí, la importancia de aplicar métodos de remediación para suelos contaminados con metales pesados para tratar o revertir el daño ambiental. El objetivo fue diagnosticar la zona de estudio y diseñar técnicas de tratamiento de remediación (TTR) para suelo contaminado con una concentración determinada de Cd igual a 10 mg kg^{-1} , proveniente de la actividad minera. Primero, se tomó una muestra de suelo alterada y compuesta de 6 kg; la cual se caracterizó mediante parámetros físicos de color (Libro Munsell) y textura (método de Bouyoucos). En los parámetros químicos se analizó materia orgánica (W&B), pH y conductividad eléctrica en una relación 1:2.5 y la concentración total de Cd (EPA 3051A y por absorción atómica). Todos los ensayos se realizaron por triplicado y duplicado analítico en el Laboratorio de Química de Suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja. Las TTR empleadas fueron: 1) Lavado de suelos (LS) con ácido acético 2 M y en una relación 1:2 m/v; 2) LS con ácido nítrico al 3% en una relación 1:2 m/v; 3) LS con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 0.2% en una relación 1:2 m/v; 4) C activado que se elaboró a partir de cáscara de naranja y se activó con ZnCl_2 en una relación 1:3 m/v. Este último tratamiento se aplicó al suelo en una relación 1:10 masa de suelo/masa de C. La última TTR fue el compostaje, que se elaboró a partir de residuos domésticos con la acción de la lombriz (*Eisenia foetida*), aplicando 5% de compostaje al suelo contaminado. Para finalizar, se evaluó la eficiencia de las TTR en función de la remoción de Cd. Se determinó que la TTR más eficiente bajo las condiciones aplicadas es la técnica de C activado, puesto que alcanzó porcentajes de remoción del $60 \pm 2.5\%$. Las TTR son necesarias para disminuir la concentración de contaminantes presentes en los pasivos mineros existentes en nuestra región, lo que permitiría evaluar la posibilidad usar estos sistemas en combinación con otros de tipo físicos, químicos y biológicos.

Palabras clave: Metales pesados, Minería, Pasivos mineros, Suelo, Técnicas de tratamiento.

Abreviaciones: Masa/volumen (m/v), Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), Lavado de suelos (LS), Técnicas de tratamiento de remediación (TTR)

Influencia de *Azotobacter* en el cultivo de maíz con dos sistemas de labranza en Pueblo Viejo, Los Ríos, Ecuador

Jonathan E. González¹, Eduardo N. Colina², Orlando R. Olvera² y Adriana M. Mejía²

¹ AgroFortaleza. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo – UTB. Los Ríos, Ecuador. Autor correspondiente: ncolina@utb.edu.ec

Resumen

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la región Costa de Ecuador es uno de los más importantes en la economía de pequeños agricultores. Sin embargo, la sostenibilidad del sistema maicero al largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de recursos internos del agroecosistema. En este sentido, los biofertilizantes e inoculantes microbianos son un componente vital en la producción agrícola. La investigación se desarrolló en la finca La Esther, ubicada en el km 35 de la vía Babahoyo – Pueblo Viejo; se utilizó el maíz híbrido DK-7088, en el cual se evaluó una cepa de *Azotobacter* con concentración 1×10^8 esporas/L en cinco dosis (0, 0.75, 1.00, 1.25 y 1.50 L ha⁻¹), bajo dos sistemas de labranza (mínima y cero). Se midió los efectos de dosis de producto en el comportamiento agronómico del híbrido y en la producción. El programa de fertilización fue homogéneo y se fraccionó en tres partes, con dosis de 133, 46 y 90 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente. Se utilizó el diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones, donde los resultados de las variables evaluadas se sometieron al análisis de variancia mediante Tukey ($p \leq 0.05$). Las variables evaluadas incluyeron: días a floración, altura de planta, altura de inserción, número de granos por mazorca, diámetro de mazorcas, longitud de mazorcas, relación grano tusa⁻¹ y productividad de grano. No hubo diferencia entre tratamientos en la variable días a floración ($p = 0.48$). La aplicación de *Azotobacter* resultó en mayor altura de planta ($p < 0.01$) e inserción ($p = 0.02$) con dosis de 1.0 L ha⁻¹ en el sistema de labranza mínima ($p = 0.02$). En el diámetro y longitud de mazorcas de maíz fue evidente el efecto de dosis de 1.0 L ha⁻¹ en el sistema de labranza cero ($p < 0.01$ y 0.02). Las mazorcas presentaron un número mayor de granos con labranza mínima y 1.0 L ha⁻¹ de *Azotobacter* ($p < 0.01$); sin embargo, la relación grano tusa⁻¹ fue mayor en el testigo sin aplicación ($p < 0.01$). El sistema de siembra labranza mínima presentó la mayor productividad de grano siendo tratado con 1.0 L ha⁻¹ (8,33 Mg ha⁻¹), superior a los demás tratamientos, con un testigo sin aplicación que en ambos sistemas de labranza presentó la menor productividad (6.19 Mg ha⁻¹) ($p < 0.01$). Los resultados coinciden con investigaciones realizadas en diversos sectores; sin embargo, aún es evidente la falta de trabajos de este tipo bajo las condiciones agroclimáticas de la Costa ecuatoriana.

Palabras clave: Biofertilizante, Fijación de nitrógeno, Producción sostenible.

Efecto de fertilizantes químicos nitrogenados y mezclas con leguminosas en la producción de raigrás perenne (*Lolium perenne*) en Ecuador

Francisco A. Gutiérrez¹, Mónica Sacido² y Susana Feldman²

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador – UCE. Autor correspondiente: fgutierrez@uce.edu.ec

² Carrera de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

Resumen

El uso de los fertilizantes es una estrategia común para aumentar la productividad de los cultivos; no obstante, su uso inadecuado genera efectos ambientales. Una alternativa para reducir el uso de fertilizantes es incorporar leguminosas que fijan N. El objetivo fue evaluar la productividad forrajera de raigrás perenne (Rp) (*Lolium perenne*) con diferentes fuentes nitrogenadas y mezclas de Rp con trébol blanco (Tb) (*Trifolium repens*) y trébol rojo (Tr) (*Trifolium pratense*). Se realizó dos evaluaciones; la primera se sembró como monocultivo de Rp y se evaluó la respuesta a las fuentes de N (urea, urea de lenta liberación, nitrato de amonio, N foliar, nitrato de amonio + N foliar y un control sin aplicación) a una dosis de 20 kg N ha⁻¹ corte⁻¹; en la segunda se mezcló Rp con Tb (2.5 y 5.0 kg ha⁻¹), Tr (2.5 y 5.0 kg ha⁻¹), una combinación de Tb y Tr (2.5 kg ha⁻¹) y testigo sin asociación. Las evaluaciones se replicaron en dos sitios [1 = Machachi (Mc), Cantón Mejía; 2 = Tumbaco (Tm), Cantón Quito]. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres réplicas y se utilizó Tukey (5%) para separar medias por sitio; con evaluaciones durante 12 meses. Se evaluó: producción primaria (Pp) (kg MS ha⁻¹), índice de nutrición nitrogenada (INN), índice de vegetación normalizado diferenciado (NDVI), eficiencia del uso de la radiación (EUR) y N total (N_t). Se encontró diferencias en todas las variables ($p < 0.05$). En Mc la Pp de las mezclas fue mejor con 4100 kg MS ha⁻¹ corte⁻¹ y el Rp fertilizado fue de solo 3650 kg MS ha⁻¹ corte⁻¹; mientras que en Tm el Rp fertilizado tuvo mayor productividad con 3620 kg MS ha⁻¹ y las mezclas llegaron solo a 2880 kg MS ha⁻¹. En Mc el INN mejoró con las mezclas hasta 0.77 y se redujo a 0.55 en Rp fertilizado; pero en Tm fue variable y solo en ciertos meses las mezclas fueron mejor. En Mc el NDVI de las mezclas fue de 0.86 y el Rp fertilizado fue de solo 0.81; pero en Tm no hubo diferencias. En Mc la EUR de las mezclas fue de 90% y el Rp fertilizado llegó solo a 86%; pero en Tm no hubo diferencias. En ambos lugares las mezclas mostraron más N_t que el Rp fertilizado. No hay diferencias claras en la productividad del Rp cuando se fertiliza con las fuentes de N; sin embargo, en las mezclas el aporte del Tb y Tr tiene respuestas variables, probablemente por el efecto de factores agroclimáticos.

Palabras clave: Biomasa de cultivo, Fertilización, Mezclas.

Abreviaciones: Eficiencia del uso de la radiación (EUR), Índice de Nutrición Nitrogenada (INN), Índice de vegetación normalizado diferenciado (NDVI), Nitrógeno total (N_t).

Efecto del fertirriego y uso de microorganismos en la asimilación foliar de nutrientes en aguacate Hass (*Persea americana* Mill.)

Juan P. Gaona¹, Jorge L. Merino², Pablo F. Viteri², Paúl R. Mejía², William F. Viera² y Chang H. Park¹

¹ Centro KOPIA, Quito, Ecuador.

² Programa Nacional de Fruticultura, Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador. Autor correspondiente: jorge.merino@iniap.gob.ec

Resumen

En Ecuador, el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) se riega principalmente por inundación y solo pocos huertos cuentan con sistemas de riego tecnificado. Existe limitada información de los beneficios del fertirriego para promover el crecimiento vegetativo y la aplicación de microorganismos (MO) para mejorar la absorción de nutrientes en aguacate. Esta investigación se realizó en parcelas experimentales la Granja Experimental Tumbaco del INIAP, con el objetivo de evaluar el efecto del fertirriego y aplicación de MO (*Trichoderma asperellum* y *Glomus iranicum*) en la asimilación foliar de nutrientes en aguacate. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas. Los tratamientos incluyeron el uso de fertirrigación por sistema de goteo y la inoculación de microorganismos, de la siguiente manera: fertirriego (T1), fertirriego con la aplicación de MO (T2), aplicación de MO (T3) y un control (T4) al que solo se le aplicó fertilización edáfica. El *Trichoderma asperellum* se aplicó mensualmente (1 g planta⁻¹) y las micorrizas *Glomus iranicum* cada tres meses (7 g planta⁻¹). Las aplicaciones de MO se realizaron por 12 meses. Se hicieron análisis foliares para determinar la variación en la absorción de nutrientes. Los resultados mostraron que los contenidos de cenizas, materia orgánica, N, P, Fe, Mn y Zn no fueron diferentes; sin embargo, el K, Ca, Mg y Cu mostraron diferencias entre tratamiento. En relación con el K, se observó que T2 presentó el valor más alto (0.94%); mientras que T1 alcanzó el contenido más alto de Ca (2.28%). El Mg presentó valores similares en todos los tratamientos (alrededor de 0.65%), excepto el control. Los valores más altos de Cu se observaron en T1 (5.75 mg kg⁻¹) y T4 (5.88 mg kg⁻¹). En relación con la productividad, no se presentaron diferencias; sin embargo, el tratamiento T2 con 15.91 kg planta⁻¹ superó al testigo en 3.29 kg planta⁻¹, lo que equivale a un incremento de 1.65 Mg ha⁻¹. En consecuencia, el efecto de la aplicación localizada de nutrientes mediante el fertirriego y la aplicación de MO en la absorción de nutrientes se reflejó en el incremento del contenido de K, Ca, Mg y Cu en las plantas de aguacate. Los costos varían entre tratamientos; sin embargo, el T2 fue el más costoso y superó en US\$ 881 al T4.

Palabras clave: Costos variables, Micorrizas, Productividad, Trichodermas.

Abreviaciones: Microorganismos (MO).

Grados brix como herramienta para determinar el punto óptimo de cosecha con dos aplicaciones de K en tomate (*Solanum lycopersicum* M.), en San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador

José M. Silva¹ y José L. Pantoja²

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Técnica de Ambato – UTA. SIBAGRO Fertilizantes. Quito, Ecuador. Autor correspondiente: jmiguelsilvab@hotmail.com

² ANALYTIC S.A.S. y AGNTLATAM S.A. Quito, Ecuador.

Resumen

Un problema del tomate riñón (*Solanum lycopersicum* M.) son las pérdidas postcosecha (PPC) debido a que el fruto llega al mercado en un estado de cosecha (EC) muy maduro. La determinación del punto óptimo de cosecha (POC) con base en grados Brix (°B, una medida indirecta del contenido de sólidos solubles totales – SST) ayuda a reducir esas pérdidas, pero eso no se ha evaluado en Ecuador. Además, es posible incrementar la productividad mediante la aplicación de K foliar (KF). El objetivo fue determinar el POC de tomate con el uso de °B como estimador de SST en diferentes EC, e identificar si el KF tiene un efecto en la madurez y peso del fruto. Se tomaron cuatro EC (verde, rosado, rojo claro y rojo), y dos niveles de KF (0 y 12 kg K ha⁻¹) aplicados seis veces durante el ciclo de cultivo. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones en un diseño de bloques completos al azar (cuatro plantas por parcela neta) y se realizaron cinco cosechas. En cada cosecha se evaluó el peso del fruto, diámetros ecuatorial y polar, °B, acidez del fruto y producción total. Los °B no tuvieron relación con la productividad en ninguna de las cosechas realizadas ($p > 0.10$) y los valores más altos de °B se obtuvieron en estado rojo y sin KF (3.97 a 4.57, con promedio 4.28) ($p = 0.03$); pero esto no es útil para el agricultor porque el EC rojo es muy maduro en el que se incrementan las PPC. Sin embargo, la aplicación de KF aumentó en 7% el peso del fruto (121 vs 113 g/fruto) ($p = 0.08$) y aunque no fue significativa hubo un incremento productivo del 9% durante las cinco cosechas (4.72 vs 4.34 kg/planta) ($p = 0.15$). Se presume que el KF ayudó en la activación de enzimas que mejoran la fotosíntesis, aumentan la traslocación de azúcares y regulan la eficiencia metabólica del agua en la planta. Además, se determinó que el POC es en el EC rojo claro, porque en ese estado el fruto presentó los mejores pesos y tamaños. En términos económicos, la aplicación de KF y cosechar los frutos en EC rojo claro genera al agricultor el mejor beneficio económico porque obtiene la mayor utilidad sobre su inversión. Por ello, aplicar KF y cosechar en el EC rojo claro puede ser una alternativa para maximizar la productividad y reducir las PPC del tomate.

Palabras clave: Aplicación foliar de K, Estados de cosecha, Pérdidas postcosecha, Punto óptimo de Cosecha, Productividad.

Abreviaciones: Estado de cosecha (EC), Pérdidas postcosecha (PPC), Potasio foliar (KF), Punto óptimo de cosecha (POC), Sólidos solubles totales (SST).

Curvas de respuesta a la fertilización: Una alternativa para optimizar la eficiencia del uso de los fertilizantes en la producción agrícola

José L. Pantoja¹

¹ ANALYTIC S.A.S. y AGNTLATAM S.A. Quito, Ecuador. Autor correspondiente: joseluispantoja@gmail.com

Resumen

Es común utilizar las curvas de absorción de nutrientes como línea base para determinar la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes edáficos. Este procedimiento es útil para saber cuándo la planta requiere los nutrientes, sobre todo en las etapas de mayor demanda, pero no refleja necesariamente el requerimiento nutricional óptimo (dosis). Para obtener las curvas de absorción se establece el cultivo y se aplican los fertilizantes siguiendo las prácticas de manejo propias de cada sistema productivo (aunque lo ideal es suministrar nutrientes de forma constante). A pesar de su utilidad, el procedimiento presenta ciertas desventajas como: 1) Se necesita tomar múltiples muestras de tejido para análisis (por etapas fenológicas, por parte estructural de la planta y por réplicas), lo que es relativamente costoso en tiempo e inversión y limita el establecer varios sitios experimentales; 2) La aplicación foliar de nutrientes puede alterar la respuesta del cultivo a la fertilización edáfica; 3) Aunque no es común, puede presentarse un efecto Steenbjerg o de dilución de nutrientes; 4) El análisis no se enfoca en el factor económico sino que se centra más en la respuesta biológica; y 5) Por lo general el análisis estadístico de los resultados se limita al análisis de varianza. Una alternativa menos costosa –en términos económicos y de tiempo– y centrada en la productividad del sistema consiste en evaluar las curvas de respuesta a la fertilización. Para ello, se establecen parcelas con dosis diferentes del nutriente de interés (por lo general crecientes) en cada sitio experimental y se recolectan los datos productivos. Con esos resultados se establece relaciones mediante modelos matemáticos entre las dosis de fertilizante y la productividad del cultivo (estadística enfocada en análisis de *regresiones*). Además, desde un enfoque económico, se establece una relación entre el costo de la fertilización y el precio de lo que se produce. Por ello, y aunque se puede determinar la dosis óptima biológica (DOB), este tipo de evaluaciones se enfoca más en determinar la dosis óptima económica (DOE) y la producción con la DOE (PDOE). En términos más simples, no se debe buscar el alcanzar la mayor productividad, sino mejorar la rentabilidad del sistema, porque a medida que aumenta la dosis de fertilización, los incrementos productivos suelen ser decrecientes. Sin embargo, lo que ha limitado el implementar estas investigaciones es el poco conocimiento del análisis estadístico con enfoque en *regresiones*. Por ello, en el poster se detallan los procedimientos necesarios para realizar este tipo de evaluaciones, se explica sobre el manejo estadístico de los datos y se presentan ejemplos de algunos trabajos. En un contexto de altos costos de fertilización, es importante difundir estos procedimientos para mejorar la rentabilidad del sector agrícola.

Palabras clave: Curvas de respuesta, Eficiencia de la fertilización, Regresiones.

Abreviaciones: Dosis óptima biológica (DOB), Dosis óptima económica (DOE), Producción con la dosis óptima económica (PDOE).

Análisis fitoquímico y de germinación del guarango (*Caesalpinia spinosa*) complementado con técnicas espectrofotométricas de RAMAN y XPS

Klever M. Quimbiulco¹, Carlos Reinoso¹, Lola M. De Lima¹, John S. Molina V.² y Eugenia E. Barros R.²

¹ Docente de la Escuela de Ciencias Agropecuarias y Agroindustriales, Universidad Yachay Tech. Urcuquí, Ecuador. Autor correspondiente: kquimbiulco@yachaytech.edu.ec

² Estudiante del Depto. de Agroindustria Alimentaria, Universidad Yachay Tech. Urcuquí, Ecuador.

Resumen

Los metabolitos secundarios (MS) son importantes por su actividad biológica y potencial aplicación en la industria farmacéutica, alimentaria y de biorremediación, principalmente en Europa. Entre los MS más importantes se encuentran los alcaloides, flavonoides, gomas, taninos, bio-coagulantes y terpenos. El guarango (*Caesalpinia spinosa*) es una leguminosa nativa de Sudamérica que se ha utilizado con diversos propósitos, incluido la reforestación; pero también puede aportar varios MS, lo que condujo a esta investigación para determinar los MS del guarango mediante técnicas químicas y espectrofotométricas. El objetivo fue identificar y cuantificar los MS presentes en las hojas y frutos de guarango, su germinación con métodos de escarificación (ME) y su contraparte industrial dando respuesta a la mejor vía de obtención de los componentes fitoquímicos mediante procesos químicos y/o físicos. Mediante técnicas de muestreo y análisis de ecología vegetal se recolectaron muestras de plantas nativas de ocho zonas del Norte de Ecuador (Imbaya, Tumbabiro, Pablo Arenas, Mira, Cotacachi, dentro de Urcuquí: San José, Campus Yachay y Jardín Botánico). Se extrajo los MS mediante un tamizaje fitoquímico con tres solventes: cloroformo, etanol y metanol. Luego, mediante técnicas espectrofotométricas RAMAN y XPS se identificó y cuantificó los MS, respectivamente; y se realizó un análisis de germinación con tres tratamientos y una prueba testigo sin procedimientos. El primer y segundo ME consistió en tratamientos térmicos a 10 y 50 °C, respectivamente, en intervalos de 5 min. El tercer ME consistió en un tratamiento mecánico con un corte en el embrión e hidratación por 24 h. Se identificó y cuantificó componentes fitoquímicos de gran importancia como: saponinas, mucílagos, taninos y azúcares reductores, lo que permite entender las propiedades medicinales, nutricionales y biológicas de esta planta. A más de los resultados antes descritos, este trabajo prevé el realizar una ficha técnica de manejo, usos e importancia del guarango.

Palabras clave: Análisis espectrofotométrico, Germinación, Metabolitos secundarios.

Abreviaciones: Espectroscopia de fotoelectrones de rayos X (XPS), Métodos de escarificación (ME), Metabolitos secundarios (MS).

Evaluación del efecto de prácticas de manejo en la calidad física de un Mollisol agrícola en Tumbaco, Ecuador

Soraya Alvarado Ochoa¹, Bryan Oscullo¹, María Paz Calero¹, Marcelo Guevara¹, Marco Rivera¹, Venancio Arahana¹, Manuel Pumisacho¹, Juan Pazmiño¹, Eulalia Vasco¹ y José Espinosa¹

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador – UCE. Quito, Ecuador.
Autor correspondiente: spalvarado@uce.edu.ec

Resumen

Prácticas de manejo de suelo como la labranza o la rotación de cultivos provocan cambios en la calidad física del suelo; consecuentemente, sobre su capacidad de brindar aireación, retención de agua y disponibilidad de nutrientes con afectación directa en el crecimiento de las plantas y la productividad óptima de los cultivos. En ese contexto, se evaluó el efecto de la labranza y la rotación de cultivos sobre indicadores de calidad física del suelo. El experimento de campo se realizó en Tumbaco, Ecuador, en un Mollisol bajo un diseño de parcela dividida, donde la parcela principal fue la rotación de cultivos (R1: fréjol-maíz-fréjol-maíz; R2: cebada-cebada-fréjol-fréjol; R3: maíz-maíz-maíz-maíz; R4: fréjol-fréjol-fréjol-fréjol); y la subparcela fue el sistema de labranza [labranza convencional (LC) y siembra directa (SD)], con tres réplicas. Las variables evaluadas fueron densidad aparente (Da), porosidad total (Pt), tamaño de agregados (DMP), agregados estables en agua (AEA), índice Slakes de estabilidad de agregados (IE), materia orgánica del suelo (MOS) y materia orgánica particulada (MOP). El muestreo de suelos se realizó al final de cada uno de los cuatro ciclos de cultivo. Los resultados después del cuarto ciclo de cultivo mostraron un efecto altamente significativo de la labranza sobre Da, Pt, AEA ($p < 0.01$) y significativo sobre MOS ($p < 0.05$), pudiendo inferir que la SD favorece la acumulación de MOS, y consecuentemente se presenta menor Da, mayor Pt y AEA en estos suelos. En tanto que, la rotación de cultivos tuvo un efecto altamente significativo sobre DMP, MOP, Da y Pt ($p < 0.01$); donde la R2 presenta menores valores de DMP y Pt. También hubo un efecto altamente significativo de la interacción de estos factores para DMP, AEA, MOP e IE ($p < 0.01$). Se concluye que la SD bajo las condiciones edafo-climáticas de Tumbaco mejora la calidad física del suelo; sin embargo, la magnitud de esa mejora depende de la rotación de cultivos que se utilice.

Palabras clave: Estabilidad de agregados, Materia orgánica de suelo, Rotación de cultivos, Sistemas de labranza.

Abreviaciones: Agregados estables en agua (AEA), Labranza convencional (LC), Materia orgánica del suelo (MOS), Materia orgánica particulada (MOP), Siembra directa (SD).

Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L. variedad INIAP – 101) a la fertilización química y riego

Yamil E. Cartagena¹, José L. Zambrano¹, Aníbal R. Parra¹, Víctor J. Moreno¹, Amparo L. Condor², Juan E. León³ y Randon S. Ortiz⁴

¹ Est. Exp. Santa Catalina – EESC, Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Pichincha, Ecuador. Autor correspondiente: yamil.cartagena@iniap.gob.ec

² Inst. Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI. Quito, Ecuador.

³ Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo – ESPOCH. Riobamba, Ecuador.

⁴ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Ecuador – UCE. Quito, Ecuador.

Resumen

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es de los más importantes en la región Sierra del Ecuador, debido a la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico en la dieta de la población. Por eso es necesario conocer la extracción de nutrientes para realizar recomendaciones de fertilización química. En la EESC del INIAP, se hizo la investigación para determinar la respuesta a la fertilización química y riego de la extracción de nutrientes y productividad de maíz. Los factores evaluados fueron tres dosis de fertilización química (0 a 76 kg ha⁻¹ de N, 0 a 17 kg ha⁻¹ de P, 0 a 16 kg ha⁻¹ de K y 0 a 22 kg ha⁻¹ de S, en incrementos de 50%) y dos niveles de riego (con riego y sin riego). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcela dividida con cuatro réplicas, donde la parcela principal fue el riego y la sub parcela la fertilización química. El fertilizante se aplicó en tres fraccionamientos (siembra, medio aporque y aporque) y como fuentes de fertilización se utilizó urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y azufre de mina. El material biológico fue semilla de maíz variedad INIAP – 101, la distancia entre líneas de 0.8 m y entre plantas de 0.5 m, con una densidad de 50000 plantas ha⁻¹. El tratamiento con el 100% de la fertilización química y con riego obtuvo la mayor extracción de nutrientes ($p = 0.0001$) con 142, 28, 20, 32, 15 y 13 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente. Al evaluar el modelo logístico normal se identificó una fase lineal hasta los 50 días después de siembra (dds), fase exponencial de los 50 a 180 dds, y fase final plana de 180 a 240 dds; con una productividad de 3.99 Mg ha⁻¹ ($p = 0.72$), esto representó un incremento del 39%, con respecto al tratamiento testigo (sin fertilización y sin riego), en tanto que para el tratamiento del 50% de la fertilización química y sin riego el incremento fue del 38%. El cultivo del maíz tuvo una alta respuesta a la aplicación de la fertilización química y el riego.

Palabras clave: Extracción de nutrientes, Fertilización química, Productividad, Riego.

Abreviaciones: Días después de siembra (dds), Est. Exp. Santa Catalina (EESC), Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Efecto del encalado en la productividad de trigo (*Triticum aestivum* L. variedad INIAP – Vivar 2010) en un Andisol ecuatoriano

Yamil E. Cartagena¹, Aníbal R. Parra¹ y Víctor J. Moreno¹

¹ Depto. de Manejo de Suelos y Aguas, Est. Exp. Santa Catalina – EESC, Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Pichincha, Ecuador. Autor correspondiente: victor.moreno@iniap.gob.ec

Resumen

Los Andisoles tienen una alta capacidad tampón, lo que complica la recomendación de dosis general de enmienda solo con base en el contenido de Al^{3+} en el suelo, por lo que es necesario conducir experimentos para determinar las dosis necesarias para un sitio en particular. Se realizó la investigación en el lote A4 de la EESC del INIAP, a 3060 msnm, para evaluar la productividad del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L. variedad INIAP – Vivar 2010) a la aplicación de niveles y épocas de aplicación de encalado. Se estudió dos factores: niveles (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 9.0, 12.0, 15.0 y 18.0 Mg ha⁻¹) y épocas (1986, 1992, 1999-2014) de aplicación de cal agrícola. En 1986, 1992 y 1999 se utilizó carbonato de calcio al 87% de concentración, en tanto que para las parcelas correspondientes a la aplicación de 1999 se volvió a encalar en el 2014 con cal dolomita a concentración de 16% de Mg y se repitieron las dosis de cal agrícola. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcela dividida, con tres repeticiones, donde la parcela principal fue el nivel de cal y la subparcela fue la época de aplicación, con tamaños de 90 y 30 m², respectivamente. En el 2022 se sembró el trigo en el cual se tomaron datos de productividad. Los resultados mostraron diferencias para niveles de cal ($\alpha = 0.01$) y épocas de aplicación ($\alpha = 0.01$), pero sin interacción entre estos factores ($\alpha = 0.05$). Para los niveles de cal, el primer rango ocupó los niveles más altos (12, 15 y 18 Mg ha⁻¹), con 2.02, 2.23 y 2.20 Mg ha⁻¹ de productividad, respectivamente. Respecto a las épocas de aplicación, la mayor productividad se tuvo con 1.68 Mg ha⁻¹ de grano de trigo, con tres aplicaciones. Por lo tanto, el cultivo de trigo presentó una alta respuesta al encalado, lo que implica que es susceptible a la acidez y que la mayor productividad se obtuvo cuando se aplicó 15 Mg ha⁻¹ de cal y con tres épocas de aplicación.

Palabras clave: Acidez del suelo, Niveles y épocas de aplicación de cal, Productividad.

Abreviaciones: Estación Experimental Santa Catalina (EESC), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Auspiciado por:



Con el apoyo de:



ISBN: 978-9978-68-260-9

