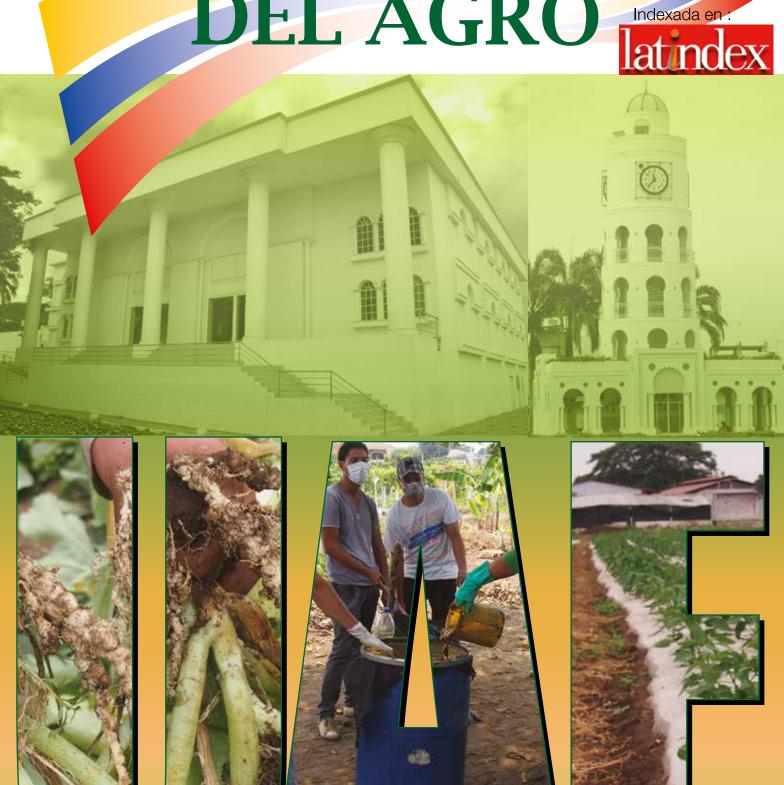
Número: 20 • Año 5 • Octubre 2018







屮

Д

# UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

" Formando a los misioneros de la Técnica en el Agro"

# EL MISIONERO DEL AGRO

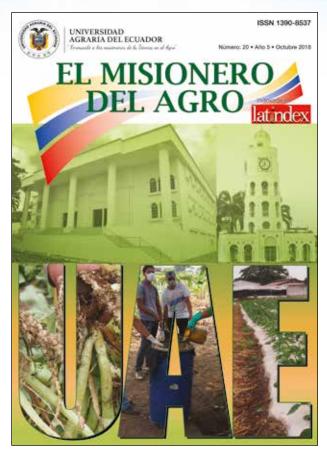
# **Director:**

Cesar Morán Castro, PhD.

Javier Del Cioppo Morstadt **Rector (e)** 

Vigésimo Número

ISSN:1390-8537
Tiraje: 3000 ejemplares octubre, 2018
Guayaquil - Ecuador



Portada: Instalaciones y estudiantes Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil y Milagro Fuente: Departamento de Relaciones Públicas UAE

# EL MISIONERO DEL AGRO

Revista **El Misionero del Agro** es una publicación trimestral de la Universidad Agraria del Ecuador, dirigida al sector agrícola del Ecuador y del mundo, donde se difunden los trabajos de investigación científica realizados por docentes de las diferentes áreas educativas que guardan relación con las carreras profesionales que oferta nuestra Institución y otras IES. Los artículos presentados en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Se autoriza la reproducción total y parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su fuente y procedencia.

César Morán Castro PhD. **Director** 

Lcda. Alexandra Zambrano **Editora** 

# **LUGAR DE EDICIÓN**

Universidad Agraria del Ecuador Dirección: Av. 25 de Julio y Pío Jaramillo. Guayaquil - Ecuador

# **COMENTARIOS Y SUGERENCIAS**

Departamento de Relaciones Públicas Teléf: (593 04) 2439 166 misionerodelagro@uagraria.edu.ec

# **CONTENIDO**

$\sim$	Pres		/
×	Urac	anto	CIAN

### 10 Editorial

11 IMPACTOS DEL CANAL DE RIEGO PERIBUELA EN LA AGRICULTURA SUSTENTABLE Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO IMPACTS OF THE PERIBUELA IRRIGATION CANAL ON SUSTAINABLE AGRICULTURE AND ITS ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

**Autores:** Juan Pablo Aragón Msc., Patricia Aguirre PhD., Ena Burbano Msc., Alvaro Aragón Lic. y Marcelo Albuja Msc.

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL KIKUYO (*Pennisetum clandestinum L.*)
26 COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO PIROLEÑOSO.

ECONOMIC EVALUATION OF THE KIKUYO (*Pennisetum clandestinum L.*) AS RAW MATERIAL FOR OBTAINING PYROGENIC ACID.

Autores: Diego Burbano Salas, Alex Escobar y Alejandra Carpio

34 POLISACÁRIDOS NO ALMIDONADOS, ENERGÍA METABOLIZABLE Y PROTEÍNA CRUDA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS NON STARCH POLYSACCHARIDES, METABOLIZABLE ENERGY AND CRUDE PROTEIN IN THE FEED OF PIGS

**Autores:** Jimmy Quisirumbay Gaibor, Diego Rodríguez Saldaña y Renán Mena Pérez

# 42 LITERATURA CITADA

# Autoridades o Máximo Consejo Editorial

Ing. Econ. Martha Bucaram de Jorgge, PhD. mbucaram@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Ing. Agr. Jacobo Bucaram Ortiz, PhD. jbucaram@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Ing. Javier Del Cioppo Morstadt, PhD. jdelcioppo@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Ing. Econ. Rina Bucaram de Vera, MSc. rbucaram@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Dr. Kléver Cevallos Cevallos, MSc. kcevallos@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Ing. Néstor Vera Lucio, MSc. nvera@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

# Comité Editorial

César Morán Castro, PhD. Director / Editor Área Agronómica cmoran@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Lcda. Alexandra Zambrano Editor (a) técnico (a) azambrano@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Sirli Leython Chacón, PhD. Editor Área Agronómica sleython@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Ing. Ahmed El Salous, MSc. Editor Área Agroindustrial eelsalous@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Daniel Mancero C., PhD. Editor Área Ambiental dmancero@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador



# Comisión Científica

Alix Amaya Worm, PhD. alixamaya@gmail.com Costa Rica

Ing. Agr. José Capó Pérez, PhD Investigación Científica Universidad Agraria de La Habana capo@unah.edu.cu La Habana - Cuba

Dr. Napoleón Puño Lecarnaqué, PhD. Investigador Científico Universidad Nacional de Tumbes mrsjoule1@hotmail.com Túmbes - Perú

Carmen Hernández, PhD. Universidad Estatal de Milagro carmen.hernandez.dominguez@gmail.com Dr. Luis Eduardo Mármol Agronomía-Suelos Universidad de Zulia marmol.luis@gmail.com Zulia - Venezuela

Jesús Ramón Meléndez Rangel, PhD. Administración, ingeniería en procesos agroindustriales y Gerencia. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil jesus.melendez@cu.ucsg.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Mariuxi Alexandra Bruzza Moncayo, MSc Magíster en Informática de Gestión y Nuevas Tecnologías Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí alexa.bruzza@gmail.com Manabí - Ecuador

Manuel Francisco Tupia Anticona, PhD Ingeniería Industrial Pontificia Universidad Católica del Perú manuel.tupia@tupiaca.com Lima - Perú

Dr. Luis Eduardo Mármol Universidad de Zulia marmol.luis@gmail.com Zulia - Venezuela

Mireya Tapia PhD. Camarón y Acuacultura mireya.tapia@gmail.com Nuevo Leon - Mexico

Muhammad Youssef, PhD. Biotechnology Assiut University mkhirshy@yahoo.com Assiut - Egypt

Jorge Ávila Santamaría, PhD. Doctorado en Economía Agrícola, Econometría javilas@usfq.edu.ec USA

Fabio Herrera, PhD. Agronomía, Fitopatología faviorc2@hotmail.com USA

Pablo Lau, PhD. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez Venezuela

pablolau@gmail.com Xavier Cayetano Muñoz Conforme, MSc. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí xavymunoz27@gmail.com Manta - Ecuador

Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete,PHD Investigador Científico Universidad Nacional de Tumbes cadn\_2006@hotmail.com Tumbes - Perú

# Equipo Técnico

Ing. George González Hurtado Diseño y Diagramación ggonzalez@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador

Ec. Guiselle Sevillano Castillo Asistente técnico gsevillano@uagraria.edu.ec Guayaquil - Ecuador Adela Pinto Yerovi, PhD Investigador Científico Universidad Técnica de Babahoyo apinto@utb.edu.ec Los Ríos - Ecuador

Amr Radwan, PhD, PEng Western Washington University Amrradwan2010@yahoo.com Sungey Sánchez Llaguno PhD. Universidad Técnica de Babahoyo sungeysanchez@uteq.edu.ec Los Ríos - Ecuador

Rubén Montes PhD. Universidad Simón Bolívar montes.ra@gnail.com Venezuela

Alina Eugenia Pascual Barrera Química-Ambiental-Alimentos alina.pascual@unini.edu.mx Universidad Internacional Iberoamericana Campeche - México

Dr. Katia L. Sidali, PhD. Economía Agroalimentaria katiasidali@yahoo.it Georg August University of Göttingen Göttingen, Alemania Lilia Arena PhD. Agroindustria lilia.arenas@gmail.com Venezuela

Lisbeth Espinoza Lozano, PhD Nematología y Protección de plantas lis\_737@hotmail.com USA

Miguel Zarate, PhD. Veterinaria miguel.zarate@ucdenver.edu USA

Pedro Cedeño Loja, PhD. Entomólogo emilioloja@gmail.com Quevedo - Ecuador

Equipo Técnico Ing. Agr. David Ulloa Bucaram Asistente técnico davo\_ulloa@hotmail.com Guayaquil - Ecuador

# **PRESENTACIÓN**

a Universidad Agraria del Ecuador institución dedicada a la investigación, al trabajo mancomunado entre universidad y el agricultor mediante la trasferencia de tecnologías, la vinculación con la comunidad, labor comunitarias, practicas pre-profesionales, la visión de su creador y fundador el Dr. Jacobo Bucaram Ortíz, desde hace varios años se plantea la quinta ola del progreso de la humanidad, la **PROTECCION AL MEDIO AMBIEN-TE**. Para este volumen N° 20 de la Revista El Misionero del agro, se da a conocer trabajos de interés científicos, como el buen uso del agua para mejorar los rendimientos de los cultivos, el uso del vinagre de madera como fertilizante, el uso de polisacáridos no almidonados para la alimentación de cerdos.

Actualmente el aprovechamiento del recurso agua en forma satisfactoria a través de sistemas eficientes, que contribuyan a elevar los rendimientos y volver rentables la producción agrícola. Tomando en consideración que cada día este recurso se pierde debido al uso indiscriminado de los plaguicidas en los cultivos, causando desequilibrio en el medio ambiente. Los investigadores Juan Pablo Aragón, Patricia Aguirre, Ena Burbano, Álvaro Aragón y Marcelo Albuja, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, nos comparten su artículo científico "Impactos del canal de riego Peribuela en la agricultura sustentable y adaptación al cambio climático".

Los investigadores de la ESPOCH Diego Burbano Salas, Alex Escobar, Alejandra Carpio, nos dan a conocer su trabajo "Valoración económica del kikuyo Pennistum clandestinum L, como materia prima para la obtención de ácido piroleñoso" donde nos dan a conocer la alternativa de la aplicación del vinagre de madera con múltiples propósitos en el mejoramiento de la calidad de los suelos, actuando como enraizador de las plantas y fertilizantes foliar con la finalidad de mejorar la producción agrícola en los cultivos de interés.

Los investigadores Jimmy Quisirumbay Gaibor, Diego Rodríguez Saldaña, Renán Mena Pérez, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Central del Ecuador y de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad de Cuenca, nos comparte su trabajo de investigación "Polisacáridos no almidonados, energía metabolizable y proteína cruda en la alimentación de cerdos", referente al uso de polisacáridos no almidonados (PNA) que poseen las pared celular de las plantas, como una alternativa en la alimentación de los cerdos en la etapas de crecimiento-finalización.

Ing. César E Morán Castro

DIRECTOR REVISTA EL MISIONERO DEL AGRO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

# **EDITORIAL**

# Revista El Misionero del Agro investigando permanentemente

ste medio de comunicación, es una revista científica de relevancia académica e investigativa, se propone como misión divulgar el nuevo conocimiento científico de alta calidad, producto del quehacer de docentes tanto internos como externos de otras universidades del país, con el fin de difundir con discernimiento responsable, proyectos constantes de excelencia académica, científica e investigativa. En este número los temas de investigación tratarán sobre "Impactos del Canal de Riego Peribuela en la Agricultura Sustentable y Adaptación al Cambio Climático", así mismo "Valoración Económica del Kikuyo, como materia prima para la obtención de Ácido Piroleñoso; y, Polisacáridos no Almidonados, Energía Metabolizable Y Proteína Cruda en la Alimentación de Cerdos, entre otros.

La Conferencia de las Partes COP23, de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizada en Bonn, Alemania en el año 2017, examinó los compromisos del Acuerdo de París 2016 que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Entre otros temas analizó estrategias para el uso responsable de insumos en la agricultura con la finalidad de establecer medidas de adaptación y mitigación al calentamiento global. La agricultura es una de las actividades con mayor incidencia en el proceso del cambio climático que afecta a la conservación del suelo, agua, aire y agro biodiversidad. Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030, hace referencia a la producción agrícola sostenible dentro de ecosistemas comunitarios. La mayor parte de los sistemas de producción agrícola en comunidades del Ecuador, están implementados de acuerdo a factores como la disponibilidad de agua y el tipo de cultivo sin un enfoque de sostenibilidad.

En el Ecuador la economía de los sistemas de producción agrícola contribuye a objetivos de gobierno como la soberanía alimentaria, y aporta a objetivos del Desarrollo Sostenible: Erradicar la pobreza extrema y la conservación del medio ambiente. En dicho contexto se vuelve prioritario establecer sistemas de producción más sostenibles y que se adapten al cambio climático para fomentar la seguridad alimentaria, la mitigación de la pobreza, la gestión sostenible y conservación de los recursos naturales. En cuanto a los impactos socieconómicos y agroecológicos sobre el ecosistema del canal de riego Peribuela, el autor de este tema indica que los impactos de mayor relevancia en la dimensión social, fue la conformación de una estructura administrativa bien organizada y más eficiente que regula el funcionamiento adecuado en la distribución del agua, sin crear conflictos entre usuarios y entes reguladores del recurso.

En su trabajo investigativo el sostiene que los canales de riego son parte de la implementación en los nuevos sistemas de producción agrícolas. La intervención antrópica modifica las condiciones de un ecosistema como la ampliación de la frontera agrícola y erosión de suelos. Para la evaluación de la dimensión agroecológica se consideran aspectos que influyen en la contaminación de los recursos naturales. Para el análisis agroecológico se consideraron aspectos de: erosión, uso de suelo, fertilización, controles fitosanitarios y mecanización. El uso de suelo es otro factor de alta relevancia en los impactos agroecológicos, en ese sector, el 70% de la superficie ocupan los sembríos de tomate de árbol, maíz, fréjol y aguacate en monocultivos. Por otro lado en el tema del Kikuyo, la gran cantidad y variedad de residuos de todo tipo se han constituido en un grave problema ambiental. Los controles y la legislación dedican sus esfuerzos a los desechos industriales que causan mayores impactos en el entorno. En esta dinámica, los residuos resultantes del mantenimiento de los espacios verdes representan una molestia no solo ambiental sino económica debido a su volumen ya que su disposición final genera costos. En ese sentido el trabajo a partir de la caracterización de los residuos más representativos de las zonas verdes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), se propone una alternativa de aprovechamiento productivo para obtener acido piroleñoso a partir del Pennisetum clandestinum L, comúnmente denominado kikuyo.

Utilizando el método de valoración de factor de producción se logró determinar un precio estimado para esta materia prima y el método de uso directo para el producto. Concluyéndose que, en primera instancia, estos valores al ser competitivos con productos similares, le otorgan una oportunidad ambientalmente sostenible en el mercado.

Como resultado del mantenimiento de las áreas verdes, se genera restos de material vegetativo, principalmente kikuyo, el que debido a su rápida regeneración se constituye un problema ambiental, puesto que demanda de actividades de poda de manera frecuente y esto provoca grandes volúmenes de residuo que requieren una gestión adecuada, además, debido a que este material es de degradación lenta, se acumula en el lugar de disposición, causando problemas ambientales y socio-ambientales por la emanación de emisiones y lixiviados, producto de la descomposición.

Otro tema relevante en esta edición es sobre los Polisacáridos no almidonados, energía metabolizable y proteína cruda en la alimentación de cerdos, su autor sostiene que el aumento en la producción porcina determina la búsqueda de nuevos ingredientes alimenticios, diferentes a los tradicionales como maíz y sorgo. Los polisacáridos no almidonados (PNA) son carbohidratos presentes en mayor proporción en ingredientes no tradicionales, tienen menor digestibilidad, afectando el rendimiento productivo animal. Escasa es la información del contenido de PNA para formular dietas adecuadamente, considerando la relación con energía y proteína. El objetivo de este documento fue cuantificar los PNA en dietas experimentales maíz/sorgo y en base a otros cereales y su relación con la energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) en cerdos de crecimiento.

Los polisacáridos no almidonados (PNA) pueden llegar a formar más del 90% de la pared celular de las plantas. Los PNA más abundantes de la pared celular incluyen a la celulosa, hemicelulosa y pectinas. Un grupo más pequeño de PNA lo conforman los fructanos, glucomananos y galactomananos los cuales sirven como polisacáridos de almacenamiento dentro de la planta. Mucilágenos, -glucanos y gomas también son ejemplos de PNA. A diferencia del almidón, el cual es hidrolizado por la amilasa pancreática a glucosa, los PNA no pueden ser hidrolizados por las enzimas de los mamíferos; sin embargo, pueden ser completamente o parcialmente fermentados por la microbiota gastrointestinal.

La alimentación con dietas altas en PNA genera un aumento de las secreciones salival gástrica, biliar, pancreática. Adicionalmente dietas altas en PNA afecta la tasa de proliferación celular intestinal, generando de manera indirecta aumento de los requerimientos energéticos de mantenimiento del cerdo al incrementarse las necesidades para el desarrollo y mantenimiento de las vísceras.

(Lewis y Southern, 2001). Los PNA influyen en la absorción, metabolismo y utilización de los nutrientes. La adición de ingredientes con grandes cantidades de PNA en las dietas para cerdos reduce la digestibilidad aparente de las dietas (Moore et al., 1986; Pond et al., 1986; Zhu et al., 1993). Adicionalmente el aumento en el contenido de PNA en dietas porcinas disminuye la densidad energética y la digestibilidad de la materia orgánica (Schulze et al., 1994) nitrógeno (Eggum et al., 1982) y aminoácidos (Den Hartog et al., 1988). Se debe considerar que existen numerosos factores que pueden afectar la eficiencia de la digestión de los PNA incluyendo la fuente (Knudsen y Hansen, 1991), método de procesamiento (Fadel et al., 1989) y concentración en la dieta (Stanogias y Pearcet, 1985; Goodlad y Mathers, 1991).

Lo señalado anteriormente supone que la inclusión de grandes cantidades de ingredientes no convencionales limita el desempeño productivo del cerdo debido a la menor digestibilidad de sus carbohidratos y la interacción con otros nutrientes (proteína cruda y energía). Actualmente debido a la mayor demanda de carne de cerdo, la alimentación porcina presenta un aumento creciente por el uso de ingredientes no convencionales y otros sub-productos obteniéndose dietas con elevado contenido en PNA. Pese a ello escasa es la información existente sobre el contenido de PNA en dietas para cerdos y su relación con los valores de energía y proteína que permitan al nutricionista dedicado a porcinos formular adecuadamente dietas con este tipo de ingredientes. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el contenido de PNA en dietas convencionales (elaboradas a partir de maíz o sorgo) y no convencionales (otros cereales) en cerdos en etapas de crecimiento-finalización y su relación con el contenido de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

Lcda. Alexandra Zambrano
DIERCTORA (E)
REVISTA EL MISIONERO DEL AGRO



# EL MISIONERO DEL AGRO

IMPACTOS DEL CANAL DE RIEGO PERIBUELA EN LA AGRICULTURA SUSTENTABLE Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

IMPACTS OF THE PERIBUELA IRRIGATION CANAL ON SUSTAINABLE AGRICULTURE AND ITS ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

JUAN PABLO ARAGÓN Msc., PATRICIA AGUIRRE1 PhD., ENA BURBANO Msc., ALVARO ARAGÓN Lic., MARCELO ALBUJA Msc.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte

Ibarra - Ecuador

Fecha de Presentación: XXX Fecha de aceptación: XXX

### Resumen

os sistemas de producción agrícola aplicados a partir de la implementación del canal de riego producen cambios en los recursos naturales. Es fundamental tener una línea base de sobre los impactos generados para plantear estrategias de mitigación y adaptación. El objetivo principal fue evaluar dichos impactos. La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Peribuela y se aplicó el Marco para la evaluación de los sistemas de manejo de recursos naturales utilizando indicadores de sostenibilidad. Como resultado, en el área socioeconómica fue el nivel de organización de los usuarios y la Asamblea General, un aumento significativo en los valores de propiedad (hasta un 300%), la mejora en los ingresos de los agricultores con cultivos de tomate, maíz y frijol. En el área agroecológica, la aplicación de fertilizantes químicos en los cultivos fue: tomate 1600 kg/ha de fertilizantes sintéticos en un área de 42.28 ha, maíz y frijoles 700 kg de fertilizante por ha para cada cultivo en una área de 147, 32 ha v 45 ha respectivamente. En el área de saneamiento vegetal, se aplican setenta tanques de 200 litros de pesticida para el cultivo de tomate y 12 tanques por hectárea para maíz y frijoles. El uso de 15 a 30 horas de tractor en el 33% de la superficie provoca la degradación del recurso del suelo. La implementación del canal generó un impacto socioeconómico positivo y un impacto agroecológico negativo.

Palabras clave: canal, sistemas de producción, sostenibilidad.

## **Abstract**

The agricultural production systems applied from the implementation of the irrigation channel produce changes in natural resources. It is essential to have a baseline of the impacts generated to propose mitigation and adaptation strategies. The main objective was to evaluate these impacts. The research was carried out in the community of Peribuela and the Framework for the evaluation of natural resource management systems using sustainability indicators was applied. As a result, in the socioeconomic area was the level of organization of users and the General Assembly, a significant increase in property values (up to 300%), the improvement in income of farmers with tomato crops, corn and bean. In the agro-ecological area, the application of chemical fertilizers in crops was: tomato 1600 kg / ha of synthetic fertilizers in an area of 42.28 ha, corn and beans 700 kg of fertilizer per ha for each crop in an area of 147, 32 ha and 45 ha respectively. In the area of plant sanitation, seventy tanks of 200 liters of pesticide are applied to the tomato crop and 12 tanks per hectare for corn and beans. The use of 15 to 30 tractor hours in 33% of the surface causes the degradation of the soil resource. The implementation of the channel generated a positive socio-economic impact and a negative agroecological impact.

**Key words:** channel, production systems, sustainability.

# Introducción

a Conferencia de las Partes COP23, de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizada en Bonn, Alemania en el año 2017, examinó los compromisos del Acuerdo de París 2016 que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Entre otros temas analizó estrategias para el uso responsable de insumos en la agricultura con la finalidad de establecer medidas de adaptación y mitigación al calentamiento global (Gerendas-Kiss, 2017). La agricultura es una de las actividades con mayor incidencia en el proceso del cambio climático que afecta a la conservación del suelo, agua, aire y agro biodiversidad.

Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030, hace referencia a la producción agrícola sostenible dentro de ecosistemas comunitarios. La mayor parte de los sistemas de producción agrícola en comunidades del Ecuador están implementados de acuerdo a factores como la disponibilidad de agua y el tipo de cultivo sin un enfoque de sostenibilidad. En el Ecuador la economía de los sistemas de producción agrícola contribuye a objetivos de gobierno como la soberanía alimentaria, y aporta a objetivos del Desarrollo Sostenible: Erradicar la pobreza extrema y la conservación del medio ambiente" (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2015).

En dicho contexto se vuelve prioritario establecer sistemas de producción más sostenibles y que se adapten al cambio climático para fomentar la seguridad alimentaria, la mitigación de la pobreza, la gestión sostenible y conservación de los recursos naturales (FAO, 2013).

El presente estudio analizó los sistemas de producción agrícola de un territorio en dos momentos, antes y después de la implementación del canal de riego "Peribuela" en el cantón Cotacachi, para lo cual se determinó indicadores de sustentabilidad, ya que no existe información de los impactos que genera la infraestructura de riego de la comunidad Peribuela en la dimensión económica, social y ecológica.

Los objetivos del estudio fueron identificar los factores y elementos que se ven afectados por la infraestructura del canal. Evaluar con criterios de sustentabilidad los impactos generados por la inversión en el canal de riego Peribuela para una agricultura más sostenible.

# Materiales y métodos

a investigación se realizó en la Cuenca del río Mira (Fig. 1), Subcuenca del río Ambi, Microcuenca del canal de riego Peribuela (Ilustre Municipio de Santa Ana de Cotacachi, 2011). Para la evaluación de los impactos socioeconómicos sobre el agroecosistema del canal de riego Peribuela se obtuvo información de los usuarios del canal. El método empleado fue el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Mediante Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), el cual evaluó los impactos generados por la intervención del canal de riego Peribuela a través de indicadores de sustentabilidad.

Los indicadores tuvieron una ponderación del 1 al 5, siendo 1 muy bajo, 2 bajo, 3 medio, 4 alto y 5 muy alto tomando como referencia el estudio de Morante (2017) sobre la sustentabilidad de un ecosistema. Las técnicas aplicadas fueron la encuesta in situ a la fuente primaria que son los regantes; y grupo focal conformado por actores clave del territorio: Director de Riego del GPI, Presidente de la Junta Parroquial de Imantag, Directora Zonal de riego del MAGAP, autoridad delegada de SENAGUA, un consultor de riego particular y un docente experto en cuencas y recursos hídricos. La instrumentación empleada fue un dron, fotografías aéreas y el software arcgis versión 10.3 para plasmar en mapas temáticos las características agroecológicas y elementos para fijar aspectos socioeconómicos del área de influencia. Un cuestionario de siete preguntas constituido por información general, composición de la finca, composición del hogar, distribución del riego, situación económica, situación social y situación ambiental; y preguntas de percepción mediante la escala de Linker.

De acuerdo a los métodos y técnicas empleados en el estudio se planteó una *Investigación aplicada*, porque amplía y profundiza la realidad de la cuenca del canal de riego Peribuela sin una aplicación inmediata para soluciones sociales. También se aplicó una *investigación descriptiva*, porque busca características sociales, económicas y ambientales de la población beneficiada por el

canal. *Investigación mixta*, porque analiza distintos datos del canal con alcances sociales y económicos explicativos, correlacionales y exploratorios que se realizan en ambientes naturales (Sampieri, Fernández, Baptista, 2010).

Los indicadores de la dimensión social y económica se determinó mediante la información de campo y como referencia lo planteado por Bustamante y Jarrín (2013) en su estudio de impactos sociales de la explotación petrolera en Ecuador; y, lo expuesto por Basabe-Serrano y Martínez (2014) en sus estudios sobre democracia de los recursos naturales. Indicadores de vialidad. educación, salud, acceso a servicios básicos, migración, conformación de asociaciones, tenencia de tierra, fueron analizados con el MESMIS. En la dimensión agroecológica se analizó indicadores de cantidad y frecuencia de fertilización; cantidad y frecuencia de aplicaciones de pesticidas; nivel y tipo de mecanización utilizada, tomando como ejemplo la investigación de Gutiérrez, Aguilera y González (2016) sobre Evaluación de la Sustentabilidad de una intervención agroecológica en México.

## Resultados

# Canal de riego Peribuela

La investigación de campo determinó: que el canal de riego Peribuela antes "acequia la Chiquita" beneficia a 119 usuarios dedicados el cien por ciento a actividades agrícolas con un total de 342 ha. Los principales cultivos son: tomate de árbol (Solanum betaceum), maíz (Zea mays), fréjol (Phaseolus vulgaris), aguacate (Persea americana). Los cultivos de mayor demanda de agua son el fréjol, maíz y frutales como el aguacate y tomate de árbol. La dotación del recurso hídrico para el sistema de riego de Peribuela se hace mediante dos fuentes de captación y un trasvase. La bocatoma es en la quebrada Huarniyacu y la vertiente Sacha potrero en la cota 3600 msnm con un caudal aproximado de 0.154 m3/s. (Figura 2).

La investigación identificó impactos sobre: sistemas de abastecimiento de agua, incremento de variedades altamente productivas,

mayor riesgo de salinización, alteración de las fechas de siembra y cambios socioeconómicos en la comunidad. Estos cambios ya los describió Padilla et. al. (2015) en su trabajo investigativo sobre Adaptación y mitigación del impacto del cambio climático en México.

Impactos socioeconómicos y agroecológicos sobre el ecosistema del canal de riego Peribuela.

## Dimensión social

Dentro de los indicadores sociales se ha considerado el estado de las vías de acceso a la cuenca del canal de riego. La vía principal es de asfalto, la vía secundaria empedrada y los caminos entre finca son de lastre y tierra. Hay un total de 13,67 km en vías de comunicación dentro la microcuenca del canal. La frecuencia de transporte público es dos buses diarios. Estas condiciones se han establecido a partir del año 2014, fecha en la cual se culminó la intervención en el canal. Otro indicador relevante es la estructura administrativa del canal a través de la asamblea general que reformó y mejoró la junta de aguas que está compuesta por presidente, vicepresidente, secretario, tesorero y vocales. La junta tiene un impacto social muy alto, porque a más de las leyes y políticas establecidas por el ente rector del estado la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) que norma la administración de este recurso, además ha creado una normativa interna la cual aplica sanciones y multas a quienes no cumplen con lo estipulado para el manejo del agua, e incentivos para los regantes que si cumplen. Asimismo la asamblea organiza actividades como mingas para el mantenimiento del canal, reuniones de asamblea dos veces al año, eventos sociales que fortalecen el trabajo en equipo generando mayor armonía entre los usuarios cuya consecuencia es la eficiencia en la gestión del agua. La disponibilidad de mano de obra antes del suceso tenía una ponderación de cinco que equivale a ideal, pero con mayor accesibilidad a educación la fuerza laboral fue disminuyendo.

# Dimensión económica

La producción agrícola en el sector constituye la principal actividad económica. El canal de riego es de alto impacto económico porque elevó la productividad en las fincas de Peribuela. La adecuación del canal de riego mejoró la cadena agroproductiva. Con vías de primer orden el traslado de alimentos se volvió más eficiente. Los indicadores considerados en la dimensión económica fueron: ingresos, bienes inmuebles, costos de producción de los cultivos, productividad o rendimiento de los cultivos y plusvalía de la tierra.

La implementación y revestimiento del canal de riego dinamizó la actividad agrícola. Se incrementó la construcción de reservorios e invernaderos en un 50%. Se implementó cultivos de alta demanda hídrica como tomate de árbol y aguacate. En la tabla 1 se puede evaluar el impacto económico con el indicador de Relación Beneficio/Costo.

La siembra en asociación o rotación de cultivos es una estrategia de adaptación al cambio climático. Así lo considera Rush (2008), mientras más biodiverso sea un ecosistema mejores condiciones de adaptación tendrá. Sin embargo en el área de influencia existen 234 ha en monocultivos de tomate, fréjol y maíz que no son técnicas de sustentabilidad en la producción agrícola. La adquisición de bienes como fincas propias es gracias a la agricultura y se considera un impacto económico positivo pero no contribuye a la sustentabilidad (Fig. 4).

# Dimensión agroecológica

Los canales de riego son parte de la implementación en los nuevos sistemas de producción agrícolas. La intervención antrópica modifica las condiciones de un ecosistema como la ampliación de la frontera agrícola y erosión de suelos. Para la evaluación de la dimensión agroecológica se consideran aspectos que influyen en la contaminación de los recursos naturales. Para el análisis agroecológico se consideraron aspectos de: erosión, uso de suelo, fertilización, controles fitosanitarios y mecanización.

Según la topografía, cubierta vegetal, pendiente y tipo de suelos, el área de influencia regada no tiene regiones de alto riesgo de erosión. El 80 % de susceptibilidad a la erosión es nula, únicamente el 20% tiene un

riesgo moderado y bajo. Las buenas prácticas agrícolas como la rotación de cultivos, sistemas de riego eficientes, labranza mínima o cero, son alternativas para disminuir la vulnerabilidad de los suelos a la erosión. Además, es una medida de adaptación al cambio climático.

El uso de suelo es otro factor de alta relevancia en los impactos agroecológicos, el 70% de la superficie ocupan los sembríos de tomate de árbol, maíz, fréjol y aguacate en monocultivos (Tabla 2).

En el campo se determinó que existen al menos 16 cultivos diferentes (Figura 5) y un aprovechamiento de la tierra más eficiente. Sin embargo los cultivos requieren de mayor demanda de agroquímicos, maquinaria y agua que causan impactos negativos en los recursos naturales del sector. Así lo confirma el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático IPCC (2002) en el Documento Técnico sobre el Cambio Climático y la Biodiversidad.

Dos de los factores que se considera para una agricultura sustentable son la fertilización y nutrición vegetal. La cantidad de insumos químicos utilizados en los cultivos principales muestra la relación en kg de fertilizantes aplicados en cada uno. (Tabla 3).

De acuerdo a los agricultores los fertilizantes químicos más empleados en el sector son la úrea, nitrato de potasio, formulaciones de NPK como 18-46-00, 10-30-10, entre otros. Estos productos son soluciones salinas que pueden afectar el pH del suelo, la salinidad, conductividad eléctrica y antagonismo entre elementos esenciales.

Referente a fitosanidad la diferencia en aplicación de pesticidas entre cultivos sustitutos y sustituidos es amplia como se observa en la tabla 4. Los agricultores tienen como unidad de medida tanques de 200 litros para la aplicación de pesticidas, en los cuales elaboran sus "cocteles". Son más de doce veces la cantidad de tanques aplicados en una ha de tomate de árbol que en trigo. El impacto en el suelo y agua es negativo. La falta de este seguimiento resulta en una aplicación empírica sin considerar un porcentaje de in-

cidencia ni severidad de infección de la plaga o enfermedad. Consecuencia es la aplicación indiscriminada de plaguicidas que eliminan organismos perjudiciales y benéficos, lo que disminuye la cantidad de seres vivos en ese agroecosistema.

Para la utilización correcta de maquinaria agrícola se debe estimar las características del suelo como: la textura, la pendiente, topografía, caudal del agua para riego, profundidad de suelo y capa arable, entre otros. Si no se ha considerado éstas características existirá un impacto dañino. La excesiva utilización de arado, rastra, hoyadora, surcadora y otros, producen rotulación de suelo, compactación, destrucción de la estructura del suelo que afectan las características físicas del mismo. Además, la textura del suelo, la pendiente, la disponibilidad de aqua y especie a cultivar son determinantes en el sistema de riego a emplear, considerado una forma de mecanización. En Peribuela el 100% de los agricultores tiene un riego por gravedad. Este sistema de riego tiene un alto índice en degradación de suelo porque arrastra capa arable disminuyendo el espesor para siembra. En la figura 6 se muestra el tiempo de uso de maquinaria y tipos de riego que se emplea en la comunidad de Peribuela.

La investigación evaluó los impactos generados por la intervención en el canal de riego Peribuela. Se analizó principalmente los sistemas de producción agrícolas empleados vinculados con las tres dimensiones de la sustentabilidad. En la dimensión agroecológica se observa un impacto negativo porque existen monocultivos con aplicación indiscriminada de agroquímicos y excesivo uso de maquinaria. En la dimensión social hay un impacto positivo en la gestión del recurso agua gracias a la conformación de la junta de aguas más eficiente y organizada, que trajo como consecuencia impactos sociales como el incremento y mejoramiento en las vías de comunicación cuyo beneficio recae en otros aspectos sociales como accesibilidad a educación, salud y servicios básicos. Al estar ligado directamente lo social con la dimensión económica, tienen un impacto positivo, los agricultores tienen cultivos más rentables que les permite tener mayor capacidad adquisitiva, el valor de sus tierras les permite tener acceso a créditos productivos y fortalecer sus economías.

La impericia de los agricultores sobre sistemas de producción alternativos trae como consecuencia impactos negativos en los ecosistemas donde se desarrollan. La dimensión económica no es la única que debe perseguir un sistema productivo sino mantener un equilibrio con la dimensión social y ecológica que conlleva a la sostenibilidad.

La infraestructura de riego conduce a la implementación de sistemas de producción agrícola distintos a los tradicionales. La sustitución de cultivos de secano poco rentables, por cultivos más rentables y de alta demanda hídrica, resultan en un impacto negativo sobre los recursos suelo y agua directamente involucrados en este proceso productivo.

El Ministerio del Ambiente (MAE, 2012) en el documento: Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC), propone dos planes para contrarrestar y hacer frente a este fenómeno natural, uno es el Plan Nacional de Adaptación (PNACC) y el segundo es el Plan Nacional de Mitigación (PNMCC). El primero PN-ACC busca afrontar los impactos negativos mediante propuestas de los entes implicados como instituciones públicas y privadas. Una propuestas concreta es el manejo del recurso agua y específicamente la eficiencia de su utilización a través de canales de riego. Esto lo ratifica Villanueva Ramírez (2011) en su estudio: Medidas de adaptación frente al cambio climático en la cuenca del río Santa. Por tanto la infraestructura del canal de riego en la comunidad Peribuela constituye una medida puntual al cambio climático.

El Plan Nacional de Mitigación prioriza fundamentalmente la reducción de gases de efecto invernadero, mediante propuestas en sectores prioritarios que emitan estos gases, uno de ellos es la agricultura. En Peribuela la sustitución de cultivos y sistemas de producción resultó en una mayor dependencia de agroquímicos siendo una mala práctica agrícola mayor (MPA) que afecta al suelo.

Como consecuencia de la implementación del canal de riego en la comunidad de Peribuela, los sistemas de producción agrícolas utilizados en la actualidad no contribuyen a una agricultura sustentable.

# Discusión

Varios factores en el área de influencia del canal de riego Peribuela como su pendiente, el caudal de riego y los sistemas de producción agrícola generan impactos negativos en el suelo al producir arrastre de material. Shepherd y Park (2003) señalan que algunos de los elementos que afectan la erosión del suelo son causados por el agua, la pendiente y longitud del canal. En la comunidad de Peribuela también se ve afectado por el tipo de suelo, prácticas de cultivo y el clima. A pesar de que el canal de riego es una obra que aporta al desarrollo económico de la comunidad de Peribuela los sistemas de producción empleados aún no son sustentables y causan efectos contra el medio ambiente de acuerdo al análisis de la figura 3.

La erosión siempre tiene efectos in situ, es decir consecuencias en el lugar desde donde el suelo es movido, y efectos ex situ, es decir en lugares donde el suelo es depositado. Esto es una amenaza para la producción agrícola y el ambiente porque se va degradando el recurso suelo, soporte de la actividad agraria. Por tal razón el aprovechamiento del agua para la agricultura tendrá sus efectos positivos y negativos.

En el aspecto social el Panel Intergubernamental del Cambio Climático IPCC (2014) indica que los impactos en estrategias de adaptación al cambio climático, como el uso eficiente del agua, suelen producir conflictos como riñas entre usuarios, demandas judiciales, incluso muertes en casos extremos por la disputa del recurso; sin embargo en la comunidad de Peribuela no han sucedido este tipo de problemas graves. Por lo que la comunidad considera que es un impacto positivo el trabajar en armonía y tener una organización libre de apremios. Este logro se debe principalmente a que la comunidad está compuesta en un 90% de etnia indígena la cual se caracteriza por su unidad y disciplina cuando se trata de un bien común. Así mismo esta particularidad les ha ayudado a obtener otros beneficios sociales como servicios básicos, medios y vías de comunicación. Lo afirma da Costa Reis, et. al. (2012) en su trabajo sobre Impactos de la Política Nacional sobre el riego en Brasil, donde las tierras con agua de riego se suponen favorecidas al contar con mayores beneficios sociales.

En el aspecto económico, gracias al canal de riego, los cultivos de baja utilidad fueron reemplazados por cultivos de mayor productividad. En la actualidad el trigo, arveja, cebada ya no forman parte de la siembra para fines comerciales en la comunidad, ahora son los cultivos de alto rendimiento como el tomate de árbol, maíz, fréjol, aguacate y tomate hortícola. Así también lo sustentan Espín y Marinson (2016), que los canales de riego aportan al desarrollo económico de las comunidades.

La sustitución a cultivos de alto provecho genera en los agricultores mayor capacidad adquisitiva, mayor cabida de endeudamiento y mayor capacidad de pago. Estos indicadores financieros muestran el crecimiento económico en los agricultores, y se evidencia en créditos productivos otorgados por instituciones financieras estatales y privadas, principalmente Banecuador como banco de estado que financia proyectos agropecuarios. A pesar de las complicaciones en los sistemas de producción empleados el agricultor busca sólo el beneficio económico con la explotación de monocultivos, sin considerar un aprovechamiento sostenible. Cree que la productividad es directamente proporcional a la cantidad de agroquímicos aplicados, error que eleva el costo de producción en cualquier cultivo e incrementa la contaminación de los recursos naturales. Por lo que Parley, et. al. (2015) y Villanueva Ramírez (2011) manifiesta que una medida de adaptación al cambio climático son las inversiones en infraestructuras de riego, sin embargo en Peribuela el canal ha hecho que los agricultores utilicen estrategias agrícolas que van en contra de la agroecología pensando únicamente en la utilidad que generan los cultivos, perdiendo de esta manera los principios de sustentabilidad en agricultura planteados por Altieri.

En el aspecto agroecológico los cultivos

cumplen una relación directamente proporcional entre el uso de agua y el empleo de agroquímicos. Al entrar en contacto los agroquímicos con los recursos agua, suelo y aire hay una contaminación inmediata y en diferentes grados. La FAO (2011) afirma que los agroecosistemas sufren modificaciones debido a las tecnologías implantadas en los sistemas de producción como la excesiva mecanización, la aplicación indiscriminada de plaguicidas, fertilizantes y demás insumos químicos.

El empleo excesivo de insumos sintéticos trae como consecuencia a corto, mediano y largo plazo el envenenamiento de plantas, baja productividad y toxicidad a la biota del suelo. Se ratifica lo mencionado por Gvozdenac, et. al. (2014) en su investigación acerca de la contaminación ambiental de un canal de riego, el cual menciona que los residuos de agroquímicos son arrastrados a lo largo del canal y la misma actividad hacen todos los usuarios. Esta es la situación de los regantes en Peribuela, no realizan un manejo de los desechos químicos utilizados ni tampoco un tratamiento de agua posterior a su aplicación en los sembríos, ocasionando un impacto negativo directo en el agua, y al suelo cuando esta agua se percola.

Del Castillo, Ortíz, y Moreno (2014) indican que una subcuenca trae consigo hábitat para flora, fauna y conserva la biodiversidad, además cuida la integridad y variedad de suelos. La biodiversidad es un factor explicativo de la pérdida del hábitat mediante la expansión agrícola, la deforestación y degradación de ecosistemas (Larrea, et. al., 2015). Razón por la cual la conservación de la biota mediante la disminución de uso de pesticidas lleva a una agricultura sostenible.

Para Altieri (2002) la agricultura sustentable se orienta a una producción orgánica. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) con un manejo técnico en la fertilización, en la aplicación de pesticidas y en la mecanización permiten un acercamiento a la sustentabilidad, como lo ratifica la FAO (2015d).

Gestionar de manera responsable el recurso agua y suelo es una medida eficiente

de adaptación al cambio climático. La FAO (2015c) manifiesta que un suelo sano y bien manejado almacena carbono y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. Por el contrario un suelo mal manejado libera a la atmósfera carbono como dióxido de carbono (CO2). La evaluación agroecológica (figura 7) es menos sustentable que la evaluación social y económica.

# Conclusiones

Los impactos de mayor relevancia en la dimensión social fue la conformación de una estructura administrativa bien organizada y más eficiente que regula el funcionamiento adecuado en la distribución del agua, sin crear conflictos entre usuarios y entes reguladores del recurso. También existen 13,67 km de vías que provee de movilidad hacia las fincas y dinamiza el comercio. La relación entre la productividad y los costos de cada cultivo son altos; así el tomate de árbol tiene una relación B/C de 3,5; en maíz de 3,2 y en fréjol de 4,08; frente a la de relación de 1,66 en trigo y 1,33 en cebada. Esto refle-

ja un impacto positivo para el nivel de vida de la comunidad. Las vías de comunicación han fortalecido el mercadeo de productos cosechados en la zona, mejorando las economías de los agricultores. Sin embargo los impactos no son positivos al evaluarlos desde la sustentabilidad. En la dimensión agroecológica los sistemas de producción actuales generan un impacto negativo al sustituir los cultivos tradicionales por cultivos de alto rendimiento. La fertilización utilizada en los nuevos cultivos es de 3000 kg por ha, mientras que en cebada y trigo es de 900 kg por ha. La aplicación de pesticidas en los cultivos sustitutos es de 94 tanques de 200 It anual, en tanto que en trigo y cebada era de 10 tanques. Para el cultivo de tomate de árbol, aguacate y otros frutales se requiere de mayor utilización de maquinaria de entre 10 a 20 horas tractor; en cultivos de secano como el trigo y cebada se requiere apenas de 4 a 6 horas tractor, esto provoca un impacto negativo en el suelo y la biota que en él se desarrolla.

## Literatura citada

- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. SARANDON, SJ Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires - La Plata, 49-56.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica.
- Atlas Geográfico Nacional (2013). Infraestructura de Datos Espaciales Instituto Geográfico Militar, Quito - Ecuador.
- Basabe-Serrano, S. y Martínez, J. (2014). Ecuador: Cada vez menos democracia, cada vez más autoritarismo... con elecciones. Revista de ciencia política (Santiago), 34(1), 145-170.
- Bustamante, T., y Jarrín, M. C. (2013). Impactos sociales de la actividad petrolera en Ecuador: un análisis de los indicadores. Íconos-Revista de Ciencias Sociales, (21), 19-34
- Espín, A. y Marinson, E. (2016). Caracterización Agro socioeconómica del canal de riego Mocha Quero Ladrillos.
- da Costa Reis, P. R., de Fátima Ramos Silveira, S. y Lourenço Rodrigues, P. E. (2012).
   Impactos da Política Nacional de Irrigação sobre o desenvolvimento socioeconômico da região Norte de Minas Gerais: uma avaliação do Projeto Gorutuba. RAP: Revista Brasileira De Administração Pública, 46(4), 1101-1130
- Gerendas-Kiss, S. (2017). COP23, Fiji-Bonn. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de: https://sgerendask.com/breve-historia-de-las-cop-conferencias-sobre-el-cambio-climatico/. Publicado el 3 de diciembre 2017.
- Gobierno Provincial de Imbabura. (2014). Plan Estratégico Institucional 2014-2019. Pag. 46.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. (2014). Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Recuperado de: https://www.google.com.ec/?gfe\_rd=cr&ei=Rzp1WMPgLLTI8Af-0I6IAg#q=IPCC
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. (2002). Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC. PNUMA, UNEP, WMO, OMM.
- Gutiérrez, C. J., Aguilera, G. L. I., y González, C. E. (2016). Evaluación de la sustentabilidad, por medio de indicadores, de una intervención agroecológica en el Subtrópico del Altiplano Central de México. Evaluación posterior a tres años de intervención. Fase II.
- Gvozdenac, S., Indić, D., Vuković, S., Bursić, V. y Tričković, J. (2014). Assessment of environmental pollution of water from irrigation canal (Aleksandrovački canal, Serbia) using phyto-indicators. japs: Journal Of Animal & Plant Sciences, 24(2), 614-619.
- Ilustre Municipio de Santa Ana de Cotacachi. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Imantag 2015-2035.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011).
   Reducción de los riesgos de los productos guímicos en la agricultura.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013).
   La FAO salvaguarda el medio ambiente mundial. Adaptación de la agricultura al cambio climático. Pag. 1.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2015).
   Sistemas de producción Agropecuaria-Pobreza. Recuperado de http://www.fao.org/farmingsystems/description\_es.htm
- Padilla, H. F. H. C. (2016). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Revista Universidad de La Salle, (70), 7-11.
- Parley, P. G., Camacho, E., Gálmez, V., Holt Giménez, E., Vargas, M., Beekman, G. y Torres, J. (2013). Informe final del proyecto: Diversificación productiva y optimización en el uso de agua lluvia y suelos con propósito agrícola en tres comunidades susceptibles a sequía en la zona oriental de El Salvador (No. IICA E14). IICA. Proyecto Red SICTA.
- Rusch, V. (2008). Manejo sustentable: cómo llevarlo a la práctica? INTA EEA. Bariloche Argentina.
- Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, M. (2010). Metodología de la Investigación. Quinta Edición. Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, s.a. de c.v. México.
- Secretaría Nacional del Agua SENAGUA. (2013). Gestión de recursos hídricos en el Ecuador Demarcación hidrográfica de Puyango Catamayo.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir. 2013-2017. Ecuador. Recuperado de http://www.buenvivir.gob.ec/
- Shepherd, T.G. y S.C. Park. (2003). Visual Soil Assessment: a management tool for dairy farmers.In: Proceedings of the Dairy Conference. I.M. Brookes (Ed.) held 7-9 April 2003. Rotorua, New Zealand. p.111-123.
- Villanueva Ramírez, R. (2011) Medidas de adaptación frente al cambio climático en la cuenca del río Santa. Recuperado de:https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2011-089.

# **TABLAS**

**Tabla 1.** Costos de producción y rendimientos de cultivos sustitutos y sustituidos en el área de influencia del canal de riego Peribuela

Cultivo	Costo de producción usd/Ha	Rendimiento Tm/Ha	Precio de mercado usd/Kg	Relación B/C
Tomate de árbol	12.000	35	1,20	3,5
Maiz	1.300	6	0,70	3,2
Fréjol	1.250	3	1,70	4,08
Trigo	900	3	0,50	1,66
Cebada	900	3	0,40	1,33

**Tabla 2.** Distribución de cultivos principales en el área influenciada por el canal de riego Peribuela

Tipo de cultivo	Superficie ha	Detalle
Aguacate	7,8	Superficie directamente beneficiada por el canal de riego.
Fréjol	45	Cultivo tradicional de la comunidad.
Maiz	147,32	Principal cultivo del sector.
Tomate de árbol	42,28	Principal cultivo y el más rentable.

**Tabla 3.** Fertilización y aplicación de pesticidas en los principales cultivos de la comunidad Peribuela

Cultivo	Cantidad de fertilización química en Kg/Ha	Número de tanques con pesticida (200 lt)
Tomate de árbol	1600	70
Maíz	700	10-12
Fréjol	600-700	10-12
Trigo	450	5
Cebada	450	5

# **FIGURAS**

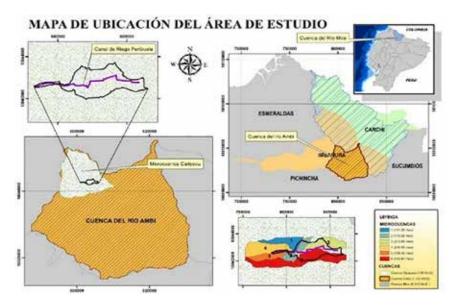


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Cuenca río Mira, Subcuenca río Ambi, canal de riego en la comunidad Peribuela.

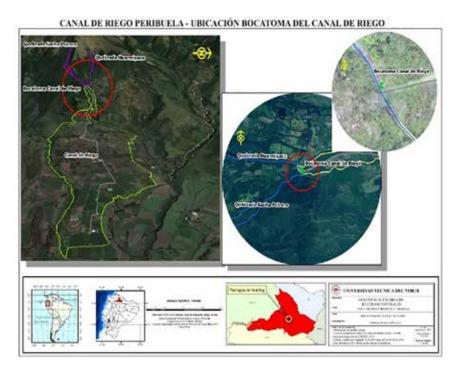


Figura 2. Canal de riego Peribuela, Bocatoma del canal de riego, en la Parroquia Imantag del Cantón Cotacachi.



Figura 3. Evaluación en la dimensión social de los usuarios del canal de riego Peribuela.

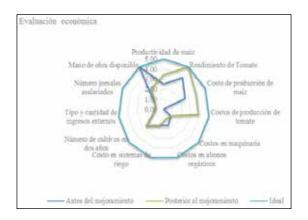
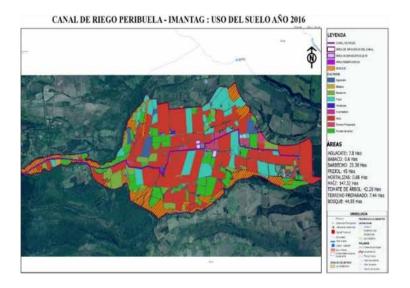


Figura 4. Evaluación de la dimensión económica en la Microcuenca del canal de riego Peribuela.



**Figura 5.** Uso del suelo en la microcuenca del canal de riego Peribuela.

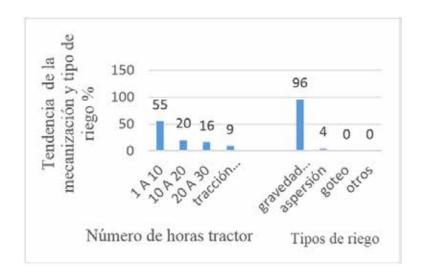


Figura 6. Mecanización y riego empleados en el área de estudio.

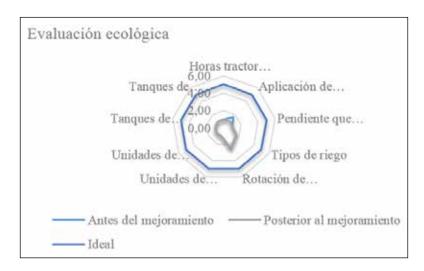


Figura 7. Evaluación de la dimensión agroecológica en la microcuenca del canal de riego Peribuela



# EL MISIONERO DEL AGRO

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL KIKUYO (Pennisetum clandestinum L.) COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO PIROLEÑOSO.

ECONOMIC EVALUATION OF THE KIKUYO (Pennisetum clandestinum L.) AS RAW MATERIAL FOR OBTAINING PYROGENIC ACID.

# **Autores:**

DIEGO BURBANO SALAS, ALEX ESCOBAR y ALEJANDRA CARPIO Correo: dburbano@espoch.edu.ec, alxsfdk710@gmail.com, alecarpio2013@gmail.com.

# Filiación:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA, ECUADOR

<sup>3</sup>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR JOSÉ ORTEGA Y GASSET RIOBAMBA, ECUADOR,

**GUAYAQUIL - ECUADOR** 

Fecha de Presentación: 22/06/2017 Fecha de aceptación: 20/07/2018

# Resumen

a gran cantidad y variedad de residuos de todo tipo se han constituido en un grave problema ambiental. Los controles y la legislación dedican sus esfuerzos a los desechos industriales que causan mayores impactos en el entorno. En esta dinámica, los residuos resultantes del mantenimiento de los espacios verdes representan una molestia no solo ambiental sino económica debido a su volumen ya que su disposición final genera costos. En el presente trabajo a partir de la caracterización de los residuos más representativos de las zonas verdes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), se propone una alternativa de aprovechamiento productivo para obtener acido piroleñoso a partir del Pennisetum clandestinum L, comúnmente denominado kikuyo. Utilizando el método de valoración de factor de producción se logró determinar un precio estimado para esta materia prima y el método de uso directo para el producto. Concluyéndose que, en primera instancia, estos valores al ser competitivos con productos similares, le otorgan una oportunidad ambientalmente sostenible en el mercado.

Palabras clave: kikuyo, residuo, biomasa, desechos orgánicos, economía.

## Abstract

he large amount and variety of waste of all kinds have become a serious environmental problem. Controls and legislation devote their efforts to industrial waste that causes the greatest impact on the environment. In this dynamic, the waste resulting from the maintenance of the green spaces represent a nuisance not only environmental but economic due to its volume and that its final disposal generates costs. In the present work, from the characterization of the most representative residues of the green areas of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), an alternative of productive exploitation is proposed to obtain pyrogenic acid from the Pennisetum clandestinum L, commonly called kikuyo. Using the production factor valuation method, an estimated price was determined for this raw material and the direct use method for the product. Concluding that in the first instance these values, being competitive with similar products, give them an environmentally sustainable opportunity in the market.

**Key words:** kikuyo, residue, biomass, organic waste, economy.

# Introducción

La valoración económica de residuos orgánicos y los procesos industriales que utilizan recursos naturales como materia prima han estado separadas de la evolución de los sistemas económicos, debido a que se trata de tecnologías nuevas. A partir del aprovechamiento de los principios activos del material vegetativo se pretende incluir a estos procesos en el marco de la economía, generando múltiples formas de interdependencia con su entorno, mediante su inclusión a la actividad económica como proceso de una producción primaria, determinando sus factores de balance y la valoración de los productos obtenidos. Múltiples procesos de transformación generan sustancias que le otorgan un valor intrínseco a desechos resultantes del mantenimiento de áreas verdes, las cuales, por su composición tienen gran potencial de uso en actividades agropecuarias como reemplazo de productos comerciales que cumplen las mismas funciones pero que son tóxicos y contaminantes, el uso de estos productos alternativos, reducen los riesgos ambientales en los medios con los cuales interactúan, sin embargo, para su comercialización e inclusión en el mercado se requiere una metodología de valoración y asignación de precios. (Aguilera, 2006).

Como resultado del mantenimiento de las áreas verdes, se genera restos de material vegetativo, principalmente kikuyo, el que debido a su rápida regeneración se constituye un problema ambiental puesto que demanda de actividades de poda de manera frecuente y esto provoca grandes volúmenes de residuo que requieren una gestión adecuada, además, debido a que este material es de degradación lenta, se acumula en el lugar de disposición, causando problemas ambientales y socio-ambientales por la emanación de emisiones y lixiviados, producto de la descomposición.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), el impacto visual y la presencia de vectores que se producen al depositarse estos residuos de la poda cerca de los tanques de abastecimiento de agua potable, generan un punto focal muy importante. La aplicación de nuevas tecnologías

como la pirólisis, como una alternativa al manejo y aprovechamiento de este material, permiten utilizar el kikuyo como materia prima para transformarlo en productos de alto valor agregado como el biocarbón, el alquitrán y el ácido piroleñoso. La presente investigación, tiene como objetivo, utilizando un método de valoración de productos para consumo o servicios como es la "valoración de uso directo", asignar un precio referencial a este residuo de la poda utilizado como materia prima y del mismo modo, la asignación de un precio al ácido piroleñoso de kikuyo mediante la comparativa de su similar obtenido del bambú, que va es comercializado como fertilizante foliar, enraizador, bioestimulante, y en general en el mejoramiento de la calidad del suelo.

# Materiales y métodos. Proceso productivo

La extracción del ácido piroleñoso resulta de la transformación físico-química, por pirólisis, sin llegar a la combustión, de material vegetativo, obteniéndose de manera simultánea, carbón vegetal o biocarbón, alquitrán y la generación de humos en el interior del reactor que al ser condensados por destilación simple da lugar a un fluido viscoso. El líquido resultante fue analizado por el método de Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR del inglés Fourier Transform Infrared Spectroscopy), que por su rango de sensibilidad permite la identificación de polímeros y compuestos biológicos con gran precisión. (Gil et al.2002)

# Valoración económica, clasificación y metodología aplicada a los recursos naturales.

Dentro del principio de valoración económica se clasificaron los productos que podrían tener utilidad práctica, principalmente en el área agropecuaria, con indicios en su composición química, los mismos que fueron caracterizados para ser valorados por su similitud con productos comerciales que tienen marchas analíticas para su obtención y principios activos similares, determinando precios equivalentes, tomando en cuenta, además de los costos asignados a la materia prima principal (residuos orgánicos no valorados), y los costos directos e indirectos asociados a la producción.

La valoración económica aplicable a este proceso, se centra en el análisis de una "función de producción" donde se relaciona la máxima cantidad que se puede elaborar de un bien con los recursos naturales disponibles. La función de producción del fabricante relaciona la cantidad usada de recursos naturales en la cadena productiva con la fabricación obtenida gracias a ella. Asignándole un valor estimado, se emplearon modelos matemáticos de "factor de producción" obtenidos de ecuaciones de economía ambiental, expresados en función de los factores escogidos (Riera, 2005):

Q = 7 \* 1

Q.- producción estimada.

Z.- capital natural.

L.- capital humano, trabajo.

Los valores van a ser interdependientes entre sí, asegurando de esta manera el uso del factor ambiental (kikuyo), si uno se vuelve cero no existe producción máxima puesto que no va suplir la deficiencia de uno el incremento del otro.

# Asignación de precio al ácido piroleñoso de kikuyo (Pennisetum clandestinum L). (Anguita, 2004; Azqueta, 1994)

La asignación de precio para el "ácido piroleñoso de kikuyo" se la realiza mediante el método de uso directo, el cual equipara las principales características y el comportamiento en el mercado de un producto similar que para nuestro caso de análisis fue el "ácido piroleñoso de bambú", producto posicionado en mercados internacionales, que tiene un precio fijo para su comercialización. Un factor muy importante al momento que se realizó el análisis para equiparar precios es el tipo de divisa.

Tabla 1. Constituyentes del vinagre de bambú en cromatografía de gases según (Mu et al. 2006)

No.	Nombre del Compuesto	Cantidad relativa (%)
1	Ácido acético	40.04
2	Ácido propanóico	1.51
3	Ácido butanóico	0.33
4	Ácido 3,5 - dimetoxi - 4	0.54
	hidroxifenilacético	
Total (comp	ponentes ácidos)	42.32
5	Fenol	4.10
6	2-Metil – fenol	1.03
7	2-Metoxi-fenol (guaicol)	5.02
8	2-Etil-fenol	0.15
9	2,5-Dimetilfenol	0.45
10	4-Etil-fenol	2.06
11	4-Metil-2-metoxi-fenol	1.44
12	1,2-Benzenodiol	0.77
13	3-metoxi-1,2-bencenodiol	1.08
14	4-Etil-2-metoxi-fenol	0.85
15	2,6-dimetoxi-fenol	5.99
16	4-propil-2-metoxi-fenol	0.28
Total (comp	ponentes fenólicos)	23.22
17	1-Hidroxi-2-butanona	0.24
18	Ciclopentanona	0.06
19	2-ciclopenten-1-ona	0.05
20	Furural	1.66
21	1-Hidroxi-3-metil-2-butanona	0.10
22	Butirolactona	
23	3,4-dimetil-2-ciclopenteno-1-ona	0.03
24	2,3-Dimetil-2-ciclopenten-1-ona	0.02
25	5-Metil-2-furancarboxaldehído	0.57
26	1,2,4-Trimetoxibenceno	1.08
27	5-Metil-1,2,3-trimetoxibenceno	0.54
Total (comp	oonentes neutros)	5.11

Fuente: Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth.

En el vinagre de bambú, el 70.65% se identificaron como compuestos en base al área de pico de los espectros, en el que 42,32% son componentes acéticos, con ácido etanóico como componente principal; 23,22% de compuestos fenólicos como componentes principales; componentes neutros del 5,11% con furfural y ciclopentenona como compuestos principales.

# Resultados y Discusión Diseño del proceso productivo y cuantificación de la materia prima.

Con el propósito de efectuar una estimación de la eficiencia del proceso en busca de cuantificar el producto logrado y con este conocimiento asignarle un precio en función del uso de factores ambientales y no ambientales, se realiza un diagrama de flujo cuantitativo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum L*).



Figura 1. Diagrama de flujo cuantitativo para la obtención de ácido piroleñoso.

La figura 1 muestra, el proceso que se realiza para la obtención del ácido piroleñoso, como se aprecia, se describen una serie de materias primas secundarias y desechos que no son cuantificables ni como entradas ni como salidas, como por ejemplo la energía solar que interviene en el proceso de secado, como producto de esto se ocasionan emisiones de calor residual. Los residuos forestales, son el pilar para el incremento de la

temperatura en la pirólisis. Se emiten gases de combustión además de ácidos, fenoles y alcanos que ingresan al proceso de destilación, durante el cual se produce, alquitrán vegetal y destilado, como residuo final de la pirólisis de la biomasa, se obtiene biocarbón y ceniza, a causa de la combustión de los residuos forestales, la mayoría de estos productos no tienen una valoración económica.

Tabla 2. Residuos orgánicos de kikuyo generados de podas mensuales

DEPENDENCIA	Poda (kg)
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	36,81
CIENCIAS	64,10
PECUARIAS	25,77
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	55,57
RECURSOS NATURALES	85,90
SALUD PÚBLICA	523,17
MECÁNICA	549,52

Fuente: Unidad de Mantenimiento ESPOCH. 2017

En la Tabla 2, se representan las cantidades de residuo expresadas en unidades de masa (kg), que se recolectan mensualmente en cada una de las facultades de la ESPOCH, la cantidad producida corresponde a las podas de las áreas verdes, la cual fue utilizada como materia prima del proceso descrito. La cantidad total de residuos de podas disponibles en el lugar de disposición final, sumando

toda la biomasa que genera cada facultad, reporta un total de 1340,84 kg mensuales. Debido a la extensión en infraestructura física, que comprende un total de 1.194.625,56 m2, equivalente a 120 hectáreas, la institución cuenta con una gran cantidad de áreas verdes, detectándose que los mantenimientos de algunas áreas no son contabilizados.

# Caracterización de ácido piroleñoso de kikuyo

Tabla 3. Análisis del Pennisetum clandestinum L mediante FTIR

Longitud de	Rango de	Grupo y clase	Posibles compuestos
onda. cm <sup>-1</sup>	longitud de		presentes
	onda. cm <sup>-1</sup>		
3304.43	3400-3300	-OH en alcohol y	Alcohol
		fenoles	
2919.9	2990-2850	-CH3 y -CH2 en	Grupos
		compuestos alifáticos	alifáticos
2361.41	2410-2280	-PH en fosfinas	Nitrilo
1637.27	1640-1580	N-H en amidas	Amidas
		primarias	
1236.15	1240-1070	C-O-C en éter	Éter
1090.55	1100-1000	Si-O-Si en siloxanos	Compuestos de
			organosilicio y
			fósforo
616.45	645-615	Naftaleno	Compuestos
			halogenados

El análisis realizado muestra la presencia de los grupos hidroxilo y fenoles, lo que indica que posee una alta cantidad de ácidos carboxílicos, entre ellos el ácido acético, propanóico, butanóico, etc., además de diferentes compuestos adicionales como esteres, amidas primarias y una serie de compuestos que conforman el ácido piroleñoso. Datos que comparados con la Tabla 1 claramente presentan características similares entre las materias primas analizadas.

# Valoración económica mediante una función de producción del kikuyo como materia prima

La función de producción, que se expresa en sus respectivos factores, los mismos que fueron calculados en forma independiente:

L.- Capital humano, trabajo Se consideró el tiempo que tomó la poda por el área determinada y la mano de obra empleada, según el siguiente detalle:

Tabla 4 Dato estimado por individuo, tiempo de trabajo y producto obtenido.

N° Personas	Tiempo h/día	Cantidad producida (kg)	Capital empleado (\$)
1	8	90	18,75

Tomando en consideración que el empleado común recibe un sueldo mensual de 375 dólares que corresponde al salario básico unificado en Ecuador en el 2016, según Carrión (2016), se estableció una relación del tiempo empleado en la actividad de poda y la superficie que abarca, se tomó como constante las 8 horas laborables permitidas al día y 20 días laborales al mes, así como, la producción promedio diario de poda en 90 kg por trabajador. El ensayo consideró como muestra a una persona, el tiempo que emplea en realizar la poda y la cantidad que produce en un día laboral, así, se puede estimar el capital consumido para cubrir ese trabajo. Según las características que se mencionan en el valor de uso directo, el valor fue transmutable al valor asignado a los residuos, debido a que se consideró tiempo y mano de obra.

## Q.- Producción estimada.

Partiendo de la disponibilidad total de materia prima de 1340,84 kg mensuales (Tabla 2) y del rendimiento del kikuyo como materia prima en relación al ácido piroleñoso como producto de 30% conforme la investigación de Burbano-Salas et al. (2018), lo que resulta en una producción mensual estimada de 402,25 kg.

# Z.- Capital natural

Se considera como base de cálculo la producción mensual estimada y el capital humano requerido para lograr esa producción, se obtiene entonces el valor del capital natural (kikuyo) por unidad para el ácido piroleñoso.

$$Q = L * Z$$

$$Z = \frac{Q}{L}$$

$$Z = \frac{402,25}{83,80}$$

$$Z = 4,80$$

Mediante la aplicación de la ecuación, resulta un valor capital natural de 4,80 unidades monetarias, tomando en cuenta la producción estimada, en función de la materia prima disponible mensual, y valorando al residuo como materia prima. Para la valoración económica y el proceso que implica, se consideró la internalización de las externalidades del residuo, al que se lo consideró como desecho, por ende, no tiene valor económico, y para la asignación de un capital se consideraron también las operaciones anteriores a la generación residual del kikuyo. La valoración económica y la asignación de un precio permiten calcular los costos de producción del ácido piroleñoso.

# **Conclusiones**

La función de producción utilizada, relaciona la producción estimada de ácido piroleñoso al 30% de rendimiento con relación a la materia prima, tomando en cuenta que la misma cuenta aproximadamente con el 60% de biomasa aprovechable para el proceso productivo. Si se optimiza el proceso a partir del manejo de sus variables físico-químicas, el valor de la materia prima se incrementaría. Con el proceso descrito se demuestra que, por lo menos el 1% de los costos de producción resulta de la internalización que los residuos provenientes de recursos naturales en la actividad económica ya sea como materia prima no valorada, como servicios de consumo o como pasivo ambiental.

El balance de costos está ligado a los balances de materia y energía, y estos a su vez a los factores de la función de producción, con éste modelo matemático, los cálculos se pueden realizar a partir de un volumen conocido de materia prima (1340,84 kg de kikuyo) para obtener una producción per cápita o a partir de una producción deseada, calculando las necesidades de materia prima requerida.

Una economía en crisis, la cultura productiva, la dependencia de los productores de la fertilización química, los bajos niveles productivos y el deterioro constante de los medios de producción campesinos (suelos), evidencian la importancia del uso de esta tecnología, a pesar de encontrarse en su fase inicial de estudio, significando, éste mecanismo de fertilización, una alternativa productiva de costo bajo y con énfasis agroecológico.

El objetivo de establecer un valor económico a los residuos de kikuyo van más allá de determinar un beneficio económico, está más enfocado en evidenciar con el precio de 4,80 la importancia de la gestión adecuada de este residuo.

Este instrumento de valoración de los residuos del kikuyo permitirá obtener un indicador monetario de la importancia de los recursos naturales para la sociedad, permitiendo su mayor aprovechamiento desde una base sustentable, efectuando un uso eficiente de los ecosistemas, y asegurando los recursos para su sostenibilidad.

### Recomendaciones

Replicar la experiencia, tomando en cuenta todas las variables consideradas en el proceso como factores en la función de producción y como base de cálculo para la producción el volumen producido en un período de tiempo determinado.

Para realizar la asignación de precios, se recomienda usar métodos alternativos al de factor de producción, aplicados directamente a estudios de mercado mediante encuestas, que permitan elaborar un estudio de oferta y demanda, a partir de las necesidades del consumidor, afines al empleo del ácido piroleñoso.

La valoración del residuo del kikuyo debe incluir una evaluación ecológica previa para establecer el daño biofísico, y una evaluación social para determinar el daño social. En el primer caso, para definir el proceso de restauración que se requiere, determinado principalmente por las características del recurso natural, el tiempo que toma este proceso y el área donde se desarrolla. Y, por otra parte, enfocado desde el daño social, para aprovechamiento de los beneficios para la sociedad y el mejoramiento de su bienestar, para lo cual se necesita contar con un indicador monetario de los flujos aportados por el capital natural.

No existe una fórmula única de valoración por lo que se necesitará efectuar procesos de investigación más exigentes, según el caso específico. Los resultados de la valoración van a depender principalmente de la información y del método que se aplique.

# **Agradecimientos**

A los señores estudiantes Byron Cajamarca, Félix Vaca y Diego Carrillo de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que fueron parte fundamental de la presente investigación, y a la Dirección Provincial de Chimborazo del Ministerio del Ambiente (MAE), en el marco de la cooperación técnica científica con la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

# Literatura Citada

Aguilera, D. U. (2006). El valor económico del medio ambiente. Revista ecosistemas, 15(2).

Anguita, P. M. (2004). Economía ambiental y ordenación del territorio. Revista ecosistemas, 13(1).

Azqueta Oyarzun, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental (No. 333.7 333.339). McGraw-Hill.

Burbano-Salas D. (2018). Uso del kikuyo (Pennisetum Clandestinum L.) residuo de la poda de áreas verdes para la obtención de ácido piroleñoso con fines agropecuarios. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, ISN 1682-3087.

Carrión, L. B. (2016). Acuerdo Ministerial No. MDT-2016-0300. Del Salario Básico Unificado para el Año 2017, (pág. 2). Quito.

Gil, S. P., Belsué, M., & Juárez, O. E. (2002). Producción de hidrógeno a partir de la descomposición térmica catalítica del biogás de digestión anaerobia. Residuos: Revista técnica, 12(68), 94-99.

Riera, P. (2005). Manual de economía ambiental y de los recursos naturales. Editorial Paraninfo.

Mu, J., Yu, Z. M., Wu, W. Q., & Wu, Q. L. (2006). Preliminary study of application effect of bamboo vinegar on vegetable growth. Forestry Studies in China, 8(3), 43-47



# EL MISIONERO DEL AGRO

POLISACÁRIDOS NO ALMIDONADOS, ENERGÍA METABOLIZABLE Y PROTEÍNA CRUDA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

NON STARCH POLYSACCHARIDES, METABOLIZABLE ENERGY AND CRUDE PROTEIN IN THE FEED OF PIGS Autores:

JIMMY QUISIRUMBAY GAIBOR <sup>1</sup>, DIEGO RODRÍGUEZ SALDAÑA <sup>2</sup>, RENÁN MENA PÉREZ <sup>3</sup>

# Filiación:

<sup>1</sup> M. Sc. | Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Central del Ecuador | Quito - Ecuador | **E-mail:** jrquisirumbay@uce.edu.ec | Autor de correspondencia

<sup>2</sup> M. Sc. | Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad de Cuenca | Cuenca - Ecuador | **E-mail:** diego.rodriguez@ucuenca.edu.ec

3 M. Sc. | Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Central del Ecuador | Quito - Ecuador | **E-mail:** rpmena@uce.edu.ec

Fecha de Presentación: XXX Fecha de aceptación: XXX

### Resumen

l aumento en la producción porcina determina la búsqueda de nuevos ingredientes alimenticios, diferentes a los tradicionales maíz y sorgo. Los polisacáridos no almidonados (PNA) son carbohidratos presentes en mayor proporción en ingredientes no tradicionales, tienen menor digestibilidad, afectando el rendimiento productivo animal. Escasa es la información del contenido de PNA para formular dietas adecuadamente, considerando la relación con energía y proteína. El objetivo de este documento fue cuantificar los PNA en dietas experimentales maíz/sorgo y en base a otros cereales y su relación con la energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) en cerdos de crecimiento (fases 1: 25-50 kg de peso vivo v fase 2: 50-75 kg) v finalización (fases 3: 75-100 kg v fase 4: 100-120 kg). Fueron utilizados 73 artículos que contenían la inclusión porcentual de los ingredientes, adicionalmente para el cálculo se utilizó valores referenciales del contenido de PNA de cada macro-ingrediente. Se encontró menor contenido de PNA en las dietas maíz/sorgo frente a otros cereales 118,25 vs. 156,57 y 114,44 vs. 161,04 g/kg de materia seca para las fases de crecimiento 1 y 2 respectivamente. De manera similar en finalización 109,91 vs. 167,07 y 109,41 vs. 187,32 g/ kg en las fases 3 y 4. La EM fue más alta en las dietas maíz/sorgo, mientras que la PC fue mayor en dietas otros cereales en todas las fases. Se concluye que las dietas maíz/sorgo tienen menor contenido de PNA y mayor EM, mientras que las dietas otros cereales tienen mayor contenido de PNA y mayor PC.

Palabras clave: nutrición, monogástricos, dietas, carbohidratos.

## **Abstract**

he increase in pork production determines the search for new feed ingredients, different from traditional corn and sorghum. Non-starch polysaccharides (PNA) are carbohydrates present in a greater proportion in non-traditional ingredients, have lower digestibility, affecting the animal productive performance. Little information is available on PNA content to formulate diets adequately, considering the relationship with energy and protein. The objective of this document was to quantify PNA in experimental corn/sorghum diets and on the basis of other cereals and their relationship with metabolizable energy (EM) and crude protein (PC) in growing pigs (phases 1: 25-50 kg of body weight and phase 2: 50-75 kg) and finalization (phases 3: 75-100 kg and phase 4: 100-120 kg). Were used 73 articles that contained the percentage inclusion of the ingredients, additionally for the calculation we used reference values of the PNA content of each macro-ingredient. Lower PNA content was found in the corn/sorghum diets compared to other cereals 118,25 vs. 156.57 and 114.44 vs. 161.04 g/ kg dry matter for growth phases 1 and 2 respectively. Similarly in finishing 109.91 vs. 167.07 and 109.41 vs. 187.32 g/kg in phases 3 and 4. The EM was higher in the corn/sorghum diets, while the PC was higher in other cereals diets in all phases. It is concluded that corn/ sorghum diets have lower PNA content and higher EM, while other cereals diets have higher PNA content and higher PC.

**Keywords:** nutrition, monogastric, diets, carbohydrates.

# Introducción

os polisacáridos no almidonados (PNA) pueden llegar a formar más del 90% de la pared celular de las plantas (Cadogan y Choct, 2015). Los PNA más abundantes de la pared celular incluyen a la celulosa, hemicelulosa y pectinas. Un grupo más pequeño de PNA lo conforman los fructanos, glucomananos y galactomananos los cuales sirven como polisacáridos de almacenamiento dentro de la planta. Mucilágenos, B-glucanos y gomas también son ejemplos de PNA. A diferencia del almidón, el cual es hidrolizado por la amilasa pancreática a glucosa, los PNA no pueden ser hidrolizados por las enzimas de los mamíferos sin embargo pueden ser completamente o parcialmente fermentados por la microbiota gastrointestinal (DeVries, 2004). Los PNA difieren de los disacáridos, almidón y glucógeno en que los monosacáridos que los componen no están conectados por enlaces glucosídico 8-(1-4) o por otro tipo de enlace que si pueda ser digerido por las enzimas endógenas en el intestino delgado (Englyst et al., 2007). La alimentación con dietas altas en PNA genera un aumento de las secreciones salival (Low, 1989), gástrica, biliar (Dierick et al., 1989), pancreática (Zebrowska y Low, 1987) y posiblemente intestinal (Taverner et al., 1981). Adicionalmente dietas altas en PNA afecta la tasa de proliferación celular intestinal (Jin et al., 1994; Howard et al., 1995) generando de manera indirecta aumento de los requerimientos energéticos de mantenimiento del cerdo al incrementarse las necesidades para el desarrollo y mantenimiento de las vísceras (Lewis y Southern, 2001). Los PNA influyen en la absorción, metabolismo y utilización de los nutrientes. La adición de ingredientes con grandes cantidades de PNA en las dietas para cerdos reduce la digestibilidad aparente de las dietas (Moore et al., 1986; Pond et al., 1986; Zhu et al., 1993). Adicionalmente el aumento en el contenido de PNA en dietas porcinas disminuye la densidad energética y la digestibilidad de la materia orgánica (Schulze et al., 1994) nitrógeno (Eggum et al., 1982) y aminoácidos (Den Hartog et al., 1988). Se debe considerar que existen numerosos factores que pueden afectar la eficiencia de la digestión de los PNA incluyendo la fuente (Knudsen y Hansen, 1991), método de procesamiento (Fadel et al., 1989) y concentración en la dieta (Stanogias y Pearcet, 1985; Goodlad y Mathers, 1991). Lo señalado anteriormente supone que la inclusión de grandes cantidades de ingredientes no convencionales limita el desempeño productivo del cerdo debido a la menor digestibilidad de sus carbohidratos y la interacción con otros nutrientes (proteína cruda y energía). Actualmente debido a la mayor demanda de carne de cerdo, la alimentación porcina presenta un aumento creciente por el uso de ingredientes no convencionales y otros sub-productos obteniéndose dietas con elevado contenido en PNA. Pese a ello escasa es la información existente sobre el contenido de PNA en dietas para cerdos y su relación con los valores de energía y proteína que permitan al nutricionista dedicado a porcinos formular adecuadamente dietas con este tipo de ingredientes. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el contenido de PNA en dietas convencionales (elaboradas a partir de maíz o sorgo) y no convencionales (otros cereales) en cerdos en etapas de crecimiento-finalización y su relación con el contenido de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

### Materiales y métodos

# Búsqueda de información y selección estudios

La fuente de información se obtuvo a través de buscadores científicos Pudmed, Google Scholar y Science Direct. Se consideró únicamente artículos científicos de los últimos 5 años (2013-2018) que incluían experimentos controlados y 2019 en caso de haberlos. Como palabras clave se usaron los términos: cerdos, crecimiento, finalización, alimentación, nutrición y dietas. Los criterios de inclusión consideró a estudios realizados en cerdos en etapas de crecimiento o finalización, donde se indicaba claramente el peso vivo inicial y final de los cerdos usados en los experimentos, niveles de inclusión de cada macro-ingrediente (energéticos, proteicos) en las dietas utilizadas y composición nutricional de la dieta (energía, proteína cruda). Solo fueron consideradas las dietas control (testigo) de cada estudio.

#### Construcción de la base de datos

Con un total de 73 artículos se elaboró una base de datos en Microsoft Excel 2010 en la cual se colocaron como columnas: referencia bibliográfica (autor/es y año), peso vivo inicial y final de los cerdos, porcentaje de inclusión de cada macro-ingrediente, aporte nutricional de energía y proteína cruda y contenido de polisacáridos no almidonados de la dieta. La información se agrupo en cuatro fases alimenticias utilizando como guía las recomendaciones del National Research Council (2012) (NRC, 2012), es decir las dietas encontradas de cada artículo se agruparon en la categoría del NRC más próxima al peso vivo para la cual fue formulada (Tabla 1). La información contenida en la Tabla 1 fue utilizada como una referencia para tratar de agrupar las dietas de los diferentes estudios pues existió mucha variabilidad (pesos para los cuales fueron formulados) en los artículos, obteniéndose finalmente una agrupación similar.

Fase	NRC (2012)	Rango del peso	Promedio del	N° de dietas
alimenticia	peso vivo (kg)	vivo (kg)	peso vivo (kg)	encontradas
		(artículos)	(artículos)	(artículos)
1	25-50	27,62 - 52,74	35,84	37
2	50-75	53,44 - 90,77	66,77	39
3	75-100	79,55 – 112,59	94,65	27
4	100-120	101,63 - 124,37	114,63	9

**Tabla 1.** Fases alimenticias cerdos en crecimiento-finalización según NRC (2012) y resumen de información científica encontrada.

Varios artículos científicos aportan más de una fase alimenticia, en la Tabla 2 se muestra las referencias de cada fase.

Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Adeola y Kong (2014)	Agyekum et al. (2016)	Beccaccia et al. (2015)	
Al-Rabadi et al. (2017)	Bai et al. (2017)	Cline et al. (2016)	
Andretta et al. (2016)	Ball et al. (2015)	Dersjant-Li et al. (2018)	
Bai et al. (2017)	Chen et al. (2014)	Holen et al. (2018)	
Bao et al. (2016)	Cheng et al. (2017)	Joven et al. (2014)	
Chen et al. (2014)	Cho et al. (2017)	Lents et al. (2016)	
Chen et al. (2017)	Clarke et al. (2018a)	Li et al. (2017)	
Cheng et al. (2017)	Clarke et al. (2018b)	Lowell et al. (2018)	
Cho et al. (2017)	Dersjant-Li et al. (2018)	Martinez-Ramirez et al.	
		(2014)	
Clarke et al. (2018a)	Dowarah et al. (2017)	Meng et al. (2017)	
Dersjant-Li et al. (2018)	Fan et al. (2017)	Monteiro et al. (2017)	
Dowarah et al. (2017)	Giannenas et al. (2016)	Nemechek et al. (2015)	
Gao et al. (2015)	Duan et al. (2017)	Paulk and Hancock (2016)	
Duan et al. (2017)	Holen et al. (2018)	Paulk et al. (2015)	
Holen et al. (2018)	Jørgensen et al. (2016)	Quinn et al. (2015)	
Jlali et al. (2014)	Lents et al. (2016)	Schinckel et al. (2015)	
Jørgensen et al. (2016)	Long et al. (2016)	Smit et al. (2014)	
Lents et al. (2016)	Lowell et al. (2018)	Sobol et al. (2015)	
Liu et al. (2018)	Alves Marçal et al. (2015)	Tous et al. (2014a)	
Lowell et al. (2018)	Martínez-Ramírez et al.	Tous et al. (2014b)	
	(2014)		
Lyu et al. (2018)	Meng et al. (2018)	Veum and Liu (2018)	
Martínez-Ramírez et al.	Monteiro et al. (2017)	Wang et al. (2017)	
(2014)			
Monteiro et al. (2017)	Morazán et al. (2015)	Wu et al. (2016a)	
Morazán et al. (2015)	Ndou et al. (2018)	Wu et al. (2016b)	
O'Shea et al. (2014)	Nemechek et al. (2015)	Xu et al. (2017)	
Pieper et al. (2016)	Ferreira de Oliveira et al.	Zanfi et al. (2014)	
	(2013)		
Rojas et al. (2016)	Paulk y Hancock (2016)	Zou et al. (2016)	
Schinckel et al. (2015)	Paulk et al. (2015)	Fase 4	
Smit et al. (2014)	Rosa et al. (2015)	Dersjant-Li et al. (2018)	
Tous et al. (2014a)			
	Schinckel et al. (2015)	Fracaroli et al. (2017)	
Veum y Liu (2018)	Schinckel et al. (2015) Smit et al. (2014)	Fracaroli et al. (2017) Monteiro et al. (2017)	
Veum y Liu (2018) White et al. (2015)			
	Smit et al. (2014)	Monteiro et al. (2017)	
White et al. (2015)	Smit et al. (2014)  Tous et al. (2014a)	Monteiro et al. (2017)  Nemechek et al. (2015)	
White et al. (2015) Woyengo et al. (2014)	Smit et al. (2014)  Tous et al. (2014a)  Tous et al. (2014b)	Monteiro et al. (2017)  Nemechek et al. (2015)  Paulk et al. (2015)  Schinckel et al. (2015)  Smit et al. (2014)	
White et al. (2015) Woyengo et al. (2014) Wu et al. (2016a)	Smit et al. (2014)  Tous et al. (2014a)  Tous et al. (2014b)  Upadhaya et al. (2016)	Monteiro et al. (2017)  Nemechek et al. (2015)  Paulk et al. (2015)  Schinckel et al. (2015)	
White et al. (2015)  Woyengo et al. (2014)  Wu et al. (2016a)  Wu et al. (2016b)	Smit et al. (2014)  Tous et al. (2014a)  Tous et al. (2014b)  Upadhaya et al. (2016)  Veum y Liu (2018)	Monteiro et al. (2017)  Nemechek et al. (2015)  Paulk et al. (2015)  Schinckel et al. (2015)  Smit et al. (2014)	
White et al. (2015)  Woyengo et al. (2014)  Wu et al. (2016a)  Wu et al. (2016b)  Xu et al. (2017)	Smit et al. (2014)  Tous et al. (2014a)  Tous et al. (2014b)  Upadhaya et al. (2016)  Veum y Liu (2018)  White et al. (2015)	Monteiro et al. (2017)  Nemechek et al. (2015)  Paulk et al. (2015)  Schinckel et al. (2015)  Smit et al. (2014)  Wu et al. (2016a)	

**Tabla 2.** Referencias de donde se obtuvo la información para cada fase alimenticia

#### Contenido de Polisacáridos no almidonados en las dietas

Para cuantificar el contenido de PNA de la dieta se consideró el porcentaje de inclusión de cada macro-ingrediente y el contenido de polisacáridos no almidonados de cada uno de los ingredientes según la información detallada por Choct (1997), Knudsen et al. (1997) y Jaworski et al. (2015).

# Transformación a Energía Metabolizable (EM)

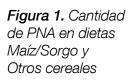
Todos los artículos científicos reportaron la energía contenida en sus dietas tanto en energía bruta (EB), digestible (ED) ó metabolizable (EM) en kcal, Mcal o MJ por kg de alimento. Todas ellas fueron llevadas a energía metabolizable y reportadas en kcal/kg de alimento haciendo uso de las ecuaciones reportadas por Noblet y Perez (1993), considerando además que 4,184 MJ es equivalente a 1 Mcal y esto a su vez es igual a 1 000 kcal (National Research Council, 2012).

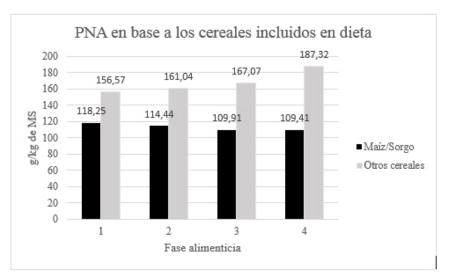
# Agrupación según macro-ingredientes

La información obtenida en cada fase alimenticia fue agrupada a su vez en dietas a base de maíz o sorgo y en dietas a base de otros cereales (cebada, granos secos de destilería con solubles (DDG's), trigo, subproductos de trigo), esto con la finalidad de poder realizar un mejor análisis de los datos.

# Resultados y discusión Contenido de PNA en las dietas

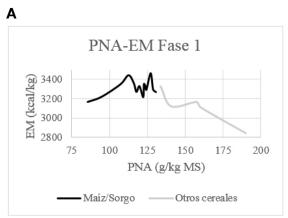
Independientemente de la fase alimenticia se aprecia claramente que las dietas formuladas en base a maíz o sorgo presenta menor cantidad de PNA en comparación de las dietas elaboradas a partir de otros cereales (Figura 1). Existe una disminución progresiva en las dietas maíz/sorgo, por el contrario, en las dietas a base de otros cereales se encontró un aumento progresivo del contenido de PNA. El menor contenido natural de PNA en los macro-ingredientes maíz (9.7 % MS) y sorgo (6.6 % MS) hace que las dietas (maíz/sorgo) presenten valores inferiores en el contenido de estos carbohidratos. Mientras mayor sea el nivel de inclusión de otros cereales (diferentes al maíz y sorgo) mayor será el contenido de PNA en la dieta en especial al incluirse cebada, DDG's y subproductos de trigo, coincidiendo con la información presentada por Högberg y Lindberg (2004) donde se muestra que dietas formuladas a base de triticale, subproductos de trigo, avena y cebada pueden alcanzar valores de hasta 197 g/kg de MS. Dentro de una misma fase alimenticia no se consideró la influencia que podría tener el ingrediente proteico pasta de soya o canola pues su nivel de inclusión fue similar entre los grupos evaluados (maíz/sorgo u otros cereales) al igual que su contenido de PNA 21,7 y 22 % MS respectivamente (Choct, 1997; Knudsen et al. 1997; Jaworski et al. 2015).

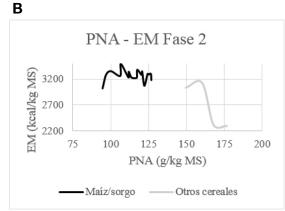


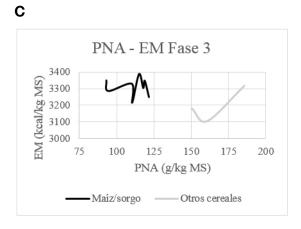


## Relación entre el contenido de PNA y la energía metabolizable (EM) en la dieta

Como se mencionó al inicio de este manuscrito los PNA no pueden ser aprovechados por las enzimas digestivas de los mamíferos por lo tanto los monosacáridos que los conforman no constituyen una fuente primaria de energía para el cerdo. Lo anterior coincide con los resultados encontrados en este estudio (Figs. 2 A-D) donde se evidencia que a menor contenido de PNA en la dieta mayor fue el aporte de energía metabolizable (dietas maíz/sorgo) y menor EM a medida que el contenido de PNA aumentaba (dietas otros cereales), esta tendencia se pudo encontrar en todas las fases alimenticias estudiadas, sin embargo la correlación es débil en las dietas maíz/sorgo y más fuerte en las dietas elaboradas a partir de otros cereales. Lo anterior es importante considerar al momento de la formulación de dietas para cerdos pues no se alcanzaría los valores de energía metabolizable cuando se incluyen grandes cantidades de ingredientes diferentes al maíz y sorgo, limitando se esta manera el crecimiento y desarrollo de los animales.







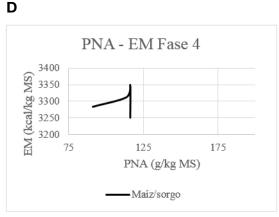


Figura 2. Relación PNA y EM por fase alimenticia

### Relación entre el contenido de PNA y la proteína cruda (PC) en la dieta

En cuanto a la relación entre el contenido de polisacáridos no almidonados y la proteína cruda (Fig. 3) se determinó que los valores más altos en todas las fases de alimentación se encuentran en las dietas elaboradas a partir de otros cereales, sin embargo en estas mismas dietas también se encuentran valores altos de PNA con lo cual existe una tendencia a mantener un equilibrio a nivel de la microbiota intestinal y de esta manera reducir la eliminación de la urea a través de la orina, pues se incrementa la eliminación de nitrógeno (N) por medio de las heces (N orgánico), ya que hay un aumento de la población microbiana que hace uso de los ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV's) (productos de la fermentación de los PNA) y la urea proveniente de la sangre formando la denominada proteína microbiana (Bindelle et al., 2009). Esta información coincide con los resultados reportados por Jha y Berrocoso (2016) citando a Jongbloed (2001) donde se evidencia que a medida que aumenta el contenido de PNA en la dieta disminuye la proporción o taza del N eliminado en orina/N eliminado en heces. Por su parte dietas a base de maíz/sorgo presentan un menor contenido de PNA lo que posiblemente no generé la cantidad suficiente de AGV's necesarios para satisfacer el desarrollo de la microbiota intestinal, sin embargo, se debe notar que la cantidad de proteína cruda en estas dietas también es inferior.

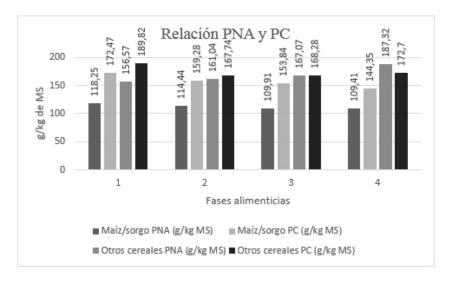


Figura 3. Relación PNA y PC por fase alimenticia

#### **Conclusiones**

En los últimos cinco años las dietas de estudios experimentales para cerdos en etapas de crecimiento y finalización elaboradas a base de maíz o sorgo presentan un menor contenido de polisacáridos no almidonados, mayor contenido de energía metabolizable y por lo tanto mayor digestibilidad, al compararlo frente a dietas elaboradas a partir de otros cereales. En todas las fases alimenticias existe un mayor contenido de proteína cruda en dietas a base de otros cereales.

#### Literatura citada

Adeola, O., y Kong, C. (2014). Energy value of distillers dried grains with solubles and oilseed meals for pigs. *Journal of animal science*. 92(1), 164-170.

Agyekum, A. K., Regassa, A., Kiarie, E., y Nyachoti, C. M. (2016). Nutrient digestibility, digesta volatile fatty acids, and intestinal bacterial profile in growing pigs fed a distillers dried grains with solubles containing diet supplemented with a multi-enzyme cocktail. *Animal Feed Science and Technology*. 212, 70-80.

Al-Rabadi, G. J., Hosking, B. J., Torley, P. J., Williams, B. A., Bryden, W. L., Nielsen, S. G., y Gidley, M. J. (2017). Regrinding large particles from milled grains improves growth performance of pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 233, 53-63.

Alves Marçal, D., Kiefer, C., Ribeiro de Souza, K. M., Caetano de Abreu, R., Arantes Rosa, R., y Silva de Rosa, L. (2015). Ractopamina em dietas sem ajustes aminoacídicos para suínos machos castrados em terminação. Revista Ceres. 62(3), 259-264.

Andretta, I., Pomar, C., Kipper, M., Hauschild, L., y Rivest, J. (2016). Feeding behavior of growing–finishing pigs reared under precision feeding strategies. Journal of animal science. 94(7), 3042-3050.

Bai, L. L., Wu, F., Liu, H., Zhang, L., Zhang, S., Liu, L., y Wang, F. L. (2017). Effects of dietary calcium levels on growth performance and bone characteristics in pigs in grower-finisher-transitional phase. Animal Feed Science and Technology. 224, 59-65.

Ball, M. E., Magowan, E., McCracken, K. J., Beattie, V. E., Bradford, R., Thompson, A., y Gordon, F. J. (2015). An investigation into the effect of dietary particle size and pelleting of diets for finishing pigs. Livestock Science. 173, 48-54.

Bao, Z., Li, Y., Zhang, J., Li, L., Zhang, P., y Huang, F. R. (2016). Effect of particle size of wheat on nutrient digestibility, growth performance, and gut microbiota in growing pigs. Livestock Science. 183, 33-39.

Beccaccia, A., Calvet, S., Cerisuelo, A., Ferrer, P., Garcia-Rebollar, P., y De Blas, C. (2015). Effects of nutrition on digestion efficiency and gaseous emissions from slurry in growing-finishing pigs. I. Influence of the inclusion of two levels of orange pulp and carob meal in isofibrous diets. Animal Feed Science and Technology. 208, 158-169.

Bindelle, J., Buldgen, A., Delacollette, M., Wavreille, J., Agneessens, R., Destain, J. P., y Leterme, P. (2009). Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. Journal of animal science. 87(2), 583-593.

Cadogan, D., y Choct, M. (2015). Pattern of non-starch polysaccharide digestion along the gut of the pig: Contribution to available energy. Animal Nutrition. 1(3), 160-165.

Chen, H., Mao, X. B., Che, L. Q., Yu, B., He, J., Yu, J., y Chen, D. W. (2014). Impact of fiber types on gut microbiota, gut environment and gut function in fattening pigs. Animal Feed Science and Technology. 195, 101-111.

Chen, J. S., Wu, F., Yang, H. S., Li, F. N., Jiang, Q., Liu, S. J., y Li, H. (2017). Growth performance, nitrogen balance, and metabolism of calcium and phosphorus in growing pigs fed diets supplemented with alpha-ketoglutarate. Animal Feed Science and Technology. 226, 21-28.

- Cheng, C., Liu, Z., Zhou, Y., Wei, H., Zhang, X., Xia, M., y Peng, J. (2017). Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of Longissimus thoracis muscle in growing-finishing pigs. Meat science. 133, 103-109.
- Cho, J. H., Lu, N., y Lindemann, M. D. (2017). Effects of vitamin supplementation on growth performance and carcass characteristics in pigs. Livestock Science. 204, 25-32.
- Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. Feed milling international. 191(June issue), 13-26.
- Clarke, L. C., Duffy, S. K., Rajauria, G., y O'Doherty, J. V. (2018a). Growth performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of finisher pigs offered either a by-product or cereal based diet at two different concentrations of net energy. Animal Feed Science and Technology.
- Clarke, L. C., Sweeney, T., Curley, E., Gath, V., Duffy, S. K., Vigors, S., y O'Doherty, J. V. (2018b). Effect of 2-glucanase and 2-xylanase enzyme supplemented barley diets on nutrient digestibility, growth performance and expression of intestinal nutrient transporter genes in finisher pigs. Animal Feed Science and Technology. 238, 98-110.
- Clarke, L. C., Sweeney, T., Curley, E., Duffy, S. K., Vigors, S., Rajauria, G., y O'Doherty, J. V. (2018c). Mycotoxin binder increases growth performance, nutrient digestibility and digestive health of finisher pigs offered wheat based diets grown under different agronomical conditions. Animal Feed Science and Technology. 240, 52-65.
- Cline, P. M., Tsai, T. C., Stelzleni, A. M., Dove, C. R., y Azain, M. (2016). Interaction of dietary energy and protein on growth performance, carcass characteristics and digestibility in finishing barrows when fed at a constant digestible lysine to metabolizable energy ratio. Livestock Science. 184, 1-6.
- Den Hartog, L. A., Huisman, J., Thielen, W. J., Van Schayk, G. A., Boer, H., y Van Weerden, E. J. (1988). The effect of including various structural polysaccharides in pig diets on ileal and faecal digestibility of amino acids and minerals. Livestock Production Science. 18(2), 157-170.
- Dersjant-Li, Y., Plumstead, P., Awati, A., y Remus, J. (2018). Productive performance of commercial growing and finishing pigs supplemented with a Buttiauxella phytase as a total replacement of inorganic phosphate. Animal Nutrition.
- DeVries, J. W. (2004). Dietary fiber: the influence of definition on analysis and regulation. Journal of AOAC International. 87(3), 682-706.
- Dierick, N. A., Vervaeke, I. J., Demeyer, D. I., y Decuypere, J. A. (1989). Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. Animal Feed Science and Technology. 23(1-3), 141-167.
- Dowarah, R., Verma, A. K., Agarwal, N., Patel, B., y Singh, P. (2017). Effect of swine based probiotic on performance, diarrhoea scores, intestinal microbiota and gut health of grower-finisher crossbred pigs. Livestock Science. 195, 74-79.
- Duan, H. T., Li, J. G., Xue, M., Yang, J., Dong, Y. C., Liang, K. H., y Qin, Y. (2017). Effects of conditioners (single-layer, double-layer and retention-conditioner) on the growth performance, meat quality and intestinal morphology of growing and finishing pigs. Journal of Integrative

Agriculture. 17(4), 919-927.

Eggum, B. O., Thorbek, G., Beames, R. M., Chwalibog, A., y Henckel, S. (1982). Influence of diet and microbial activity in the digestive tract on digestibility, and nitrogen and energy metabolism in rats and pigs. British Journal of Nutrition. 48(1), 161-175.

Englyst, K. N., Liu, S., y Englyst, H. N. (2007). Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. European journal of clinical nutrition. 61(S1), S19.

Fadel, J. G., Newman, R. K., Newman, C. W., y Graham, H. (1989). Effects of baking hulless barley on the digestibility of dietary components as measured at the ileum and in the feces in pigs. The Journal of nutrition. 119(5), 722-726.

Fan, Y. F., Yang, Y. Y., Yang, P., Xia, T., y Ma, Y. X. (2017). Available energy content, nutrients digestibility of chili meal and effects on performance of growing pigs. Animal feed science and technology. 229, 97-105.

Ferreira de Oliveira, B., Kiefer, C., Baptista dos Santos, T. M., de Moraes Garcia, E. R., Alves Marçal, D., Caetano de Abreu, R., y Puhl Rodrigues, G. (2013). Período de suplementação de ractopamina em dietas para suínos machos castrados em terminação. Ciência Rural. 43(2), 355-360.

Fracaroli, C., Perondi, D., dos Santos, L. S., da Silva, W. C., Veira, A. M., y Hauschild, L. (2017). Net energy levels of reduced crude protein, amino acid-supplemented diets for heavy pigs. Livestock Science. 205, 43-49.

Gao, L., Chen, L., Huang, Q., Meng, L., Zhong, R., Liu, C., y Zhang, H. (2015). Effect of dietary fiber type on intestinal nutrient digestibility and hindgut fermentation of diets fed to finishing pigs. Livestock Science. 174, 53-58.

Giannenas, I., Doukas, D., Karamoutsios, A., Tzora, A., Bonos, E., Skoufos, I., y Florou-Paneri, P. (2016). Effects of Enterococcus faecium, mannan oligosaccharide, benzoic acid and their mixture on growth performance, intestinal microbiota, intestinal morphology and blood lymphocyte subpopulations of fattening pigs. Animal Feed Science and Technology. 220, 159-167.

Goodlad, J. S., y Mathers, J. C. (1991). Digestion by pigs of non-starch polysaccharides in wheat and raw peas (Pisum sativum) fed in mixed diets. British Journal of Nutrition. 65(2), 259-270.

Högberg, A., y Lindberg, J. E. (2004). Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. Animal Feed Science and Technology. 116(1-2), 113-128.

Holen, J. P., Rambo, Z., Hilbrands, A. M., y Johnston, L. J. (2018). Effects of dietary zinc source and concentration on performance of growing-finishing pigs reared with reduced floor space. The Professional Animal Scientist. 34(2), 133-143.

Howard, M. D., Gordon, D. T., Pace, L. W., Garleb, K. A., y Kerley, M. S. (1995). Effects of dietary supplementation with fructooligosaccharides on colonic microbiota populations and epithelial cell proliferation in neonatal pigs. Journal of pediatric gastroenterology and nutrition. 21(3), 297-303.

Jaworski, N. W., Laerke, H. N., Bach Knudsen, K. E., y Stein, H. H. (2015). Carbohydrate

composition and in vitro digestibility of dry matter and nonstarch polysaccharides in corn, sorghum, and wheat and coproducts from these grains. Journal of animal science. 93(3), 1103-1113.

Jha, R., y Berrocoso, J. F. (2016). Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: A review. Animal Feed Science and Technology. 212, 18-26.

Jin, L., Reynolds, L. P., Redmer, D. A., Caton, J. S., y Crenshaw, J. D. (1994). Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. Journal of Animal Science. 72(9), 2270-2278.

Jlali, M., Briens, M., Rouffineau, F., Geraert, P. A., y Mercier, Y. (2014). Evaluation of the efficacy of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid on growth performance and tissue selenium retention in growing pigs. Journal of animal science. 92(1), 182-188.

Jørgensen, J. N., Laguna, J. S., Millán, C., Casabuena, O., y Gracia, M. I. (2016). Effects of a Bacillus-based probiotic and dietary energy content on the performance and nutrient digestibility of wean to finish pigs. Animal Feed Science and Technology. 221, 54-61.

Joven, M., Pintos, E., Latorre, M. A., Suárez-Belloch, J., Guada, J. A., y Fondevila, M. (2014). Effect of replacing barley by increasing levels of olive cake in the diet of finishing pigs: Growth performances, digestibility, carcass, meat and fat quality. Animal Feed Science and Technology. 197, 185-193.

Knudsen, K. B., y Hansen, I. (1991). Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions: Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. British journal of nutrition. 65(2), 217-232.

Knudsen, K. E. (1997). Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. Animal feed science and technology. 67(4), 319-388.

Lents, C. A., Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A., Oliver, W. T., y Freking, B. A. (2016). Plasma concentrations of acyl-ghrelin are associated with average daily gain and feeding behavior in grow-finish pigs. Domestic animal endocrinology. 55, 107-113.

Lewis, A. J., y Southern, L. L. (2001). Swine nutrition (Second edition ed.). Boca Raton, Florida: CRC press.

- Li, S., Wang, H., Wang, X., Wang, Y., y Feng, J. (2017). Betaine affects muscle lipid metabolism via regulating the fatty acid uptake and oxidation in finishing pig. Journal of animal science and biotechnology. 8(1), 72.
- Liu, J. B., Xue, P. C., Cao, S. C., Liu, J., Chen, L., y Zhang, H. F. (2018). Effects of dietary phosphorus concentration and body weight on postileal phosphorus digestion in pigs. Animal Feed Science and Technology.
- Long, C., Zhou, X., Wang, Q., Xie, C., Li, F., Fan, Z., y Yin, Y. (2016). Dietary supplementation of Lonicera macranthoides leaf powder improves amino acid profiles in serum and longissimus thoracis muscle of growing-finishing pigs. Animal Nutrition. 2(4), 271-275.
- Low, A. G. (1989). Secretory response of the pig gut to non-starch polysaccharides. Animal Feed Science and Technology. 23(1-3), 55-65.

- Lowell, J. E., Bohrer, B. M., Wilson, K. B., Overholt, M. F., Harsh, B. N., Stein, H. H., y Boler, D. D. (2018). Growth performance, carcass quality, fresh belly characteristics, and commercial bacon slicing yields of growing-finishing pigs fed a subtherapeutic dose of an antibiotic, a natural antimicrobial, or not fed an antibiotic or antimicrobial. Meat science. 136, 93-103.
- Lyu, Z. Q., Huang, C. F., Li, Y. K., Li, P. L., Liu, H., Chen, Y. F., y Lai, C. H. (2018). Adaptation duration for net energy determination of high fiber diets in growing pigs. Animal Feed Science and Technology. 241, 15-26.
- Martínez-Ramírez, H. R., Kramer J., K. G., y de Lange C., F. M. (2014). Retention of n-3 polyunsaturated fatty acids in trimmed loin and belly is independent of timing of feeding ground flaxseed to growing-finishing female pigs. Journal of animal science. 92(1), 238-249.
- Meng, Q., Sun, S., Sun, Y., Li, J., Wu, D., Shan, A., y Cheng, B. (2018). Effects of dietary lecithin and I-carnitine on fatty acid composition and lipid-metabolic genes expression in subcutaneous fat and longissimus thoracis of growing-finishing pigs. Meat science. 136, 68-78.
- Monteiro, A. T., Bertol, T. M., De Oliveira, P. A., Dourmad, J. Y., Coldebella, A., y Kessler, A. M. (2017). The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts. Livestock Science. 198, 162-169.
- Moore, R. J., Kornegay, E. T., y Lindemann, M. D. (1986). Effect of salinomycin on nutrient absorption and retention by growing pigs fed corn-soybean meal diets with or without oat hulls or wheat bran. Canadian Journal of Animal Science. 66(1), 257-265.
- Morazán, H., Alvarez-Rodriguez, J., Seradj, A. R., Balcells, J., y Babot, D. (2015). Trade-offs among growth performance, nutrient digestion and carcass traits when feeding low protein and/or high neutral-detergent fiber diets to growing-finishing pigs. Animal Feed Science and Technology. 207, 168-180.
- National Research Council. (2012). Nutrient requirements of swine. Washington, DC: National Academies Press.
- Ndou, S. P., Kiarie, E., Walsh, M. C., y Nyachoti, C. M. (2018). Nutritive value of flaxseed meal fed to growing pigs. Animal Feed Science and Technology. 238, 123-129.
- Nemechek, J. E., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Fruge, E. D., Hansen, E. L., Goodband, R. D., y Woodworth, J. C. (2015). Effects of diet form and feeder adjustment on growth performance of nursery and finishing pigs. Journal of animal science. 93(8), 4172-4180.
- Noblet, J., y Perez, J. M. (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. Journal of animal science. 71(12), 3389-3398.
- O'Shea, C. J., Mc Alpine, P. O., Solan, P., Curran, T., Varley, P. F., Walsh, A. M., y Doherty, J. V. (2014). The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance, nutrient digestibility, and manure odour in grower–finisher pigs. Animal Feed Science and Technology. 189, 88-97.
- Paulk, C. B., y Hancock, J. D. (2016). Effects of an abrupt change between diet form on growth performance of finishing pigs. Animal Feed Science and Technology. 211, 132-136.
- Paulk, C. B., Hancock, J. D., Fahrenholz, A. C., Wilson, J. M., Mckinny, L. J., y Behnke, K. C.

- (2015). Effects of sorghum particle size on milling characteristics and growth performance in finishing pigs. Animal Feed Science and Technology. 202, 75-80.
- Pieper, R., Taciak, M., Pieper, L., Święch, E., Tuśnio, A., Barszcz, M., y Zentek, J. (2016). Comparison of the nutritional value of diets containing differentially processed blue sweet lupin seeds or soybean meal for growing pigs. Animal Feed Science. 221, 79-86.
- Pond, W. G., Pond, K. R., Ellis, W. C., y Matis, J. H. (1986). Markers for Estimating Digesta Flow in Pigs and the Effects of Dietary Fiber 1. Journal of animal science. 63(4), 1140-1149.
- Rojas, O. J., Vinyeta, E., y Stein, H. H. (2016). Effects of pelleting, extrusion, or extrusion and pelleting on energy and nutrient digestibility in diets containing different levels of fiber and fed to growing pigs. Journal of animal science. 94(5), 1951-1960.
- Rosa, R. A., Kiefer, C., de Souza, K. M., Marçal, D. A., Caramori Júnior, J. G., de Abreu, R. C., y Lino, K. A. (2015). Ractopamina em dietas com ajustes nutricionais para suínos machos castrados em terminação sob clima quente. Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 10(1), 159-164.
- Schinckel, A. P., Steyn, W., Allen, E. C., Garbossa, C. A., Eggert, J. M., y Richert, B. T. (2015). Effect of 2 net energy feeding programs in combination with ractopamine on grow-finish pig growth performance and carcass characteristics. The Professional Animal Scientist. 31(6), 504-515.
- Schulze, H., Van Leeuwen, P., Verstegen, M. A., Huisman, J., Souffrant, W. B., y Ahrens, F. (1994). Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. Journal of Animal Science. 72(9), 2362-2368.
- Smit, M. N., Seneviratne, R. W., Young, M. G., Lanz, G., Zijlstra, R. T., y Beltranena, E. (2014). Feeding increasing inclusions of canola meal with distillers dried grains and solubles to growing-finishing barrows and gilts. Animal Feed Science and Technology. 189, 107-116.
- Stanogias, G., y Pearcet, G. R. (1985). The digestion of fibre by pigs: 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. British journal of Nutrition. 53(3), 513-530.
- Taverner, M. R., Hume, I. D., y Farell, D. J. (1981). A vailability to pigs of amino acids in cereal grains: 1. Endogenous levels of amino acids in ileal digesta and faeces of pigs given cereal diets. British Journal of Nutrition. 46(1), 149-158.
- Tous, N., Lizardo, R., Theil, P. K., Vilà, B., Gispert, M., Fonti-i-Furnols, M., y Esteve-Garcia, E. (2014a). Effect of vitamin A depletion on fat deposition in finishing pigs, intramuscular fat content and gene expression in the longissimus muscle. Livestock Science. 167, 392-399.
- Tous, N., Lizardo, R., Vila, B., Gispert, M., Font-i-Furnols, M., y Esteve-Garcia, E. (2014b). Effect of reducing dietary protein and lysine on growth performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. Journal of animal science. 92(1), 129-140.
- Upadhaya, S. D., Yun, H. M., y Kim, I. H. (2016). Influence of low or high density corn and soybean meal-based diets and protease supplementation on growth performance, apparent digestibility, blood characteristics and noxious gas emission of finishing pigs. Animal Feed Science and Technology. 216, 281-287.
- Veum, T. L., y Liu, J. (2018). The effect of microbial phytase supplementation of sorghum-ca-

nola meal diets with no added inorganic phosphorus on growth performance, apparent total-tract phosphorus, calcium, nitrogen and energy utilization, bone measurements, and serum variables of . Livestock Science.

Wang, L. F., Beltranena, E., y Zijlstra, R. T. (2017). Nutrient digestibility of chickpea in ileal-cannulated finisher pigs and diet nutrient digestibility and growth performance in weaned pigs fed chickpea-based diets. Animal Feed Science and Technology. 234, 205-216.

White, G. A., Smith, L. A., Houdijk, J. G., Homer, D., Kyriazakis, I., y Wiseman, J. (2015). Replacement of soya bean meal with peas and faba beans in growing/finishing pig diets: Effect on performance, carcass composition and nutrient excretion. Animal Feed Science and Technology. 209, 202-210.

Woyengo, T. A., Jha, R., Beltranena, E., Pharazyn, A., y Zijlstra, R. T. (2014). Nutrient digestibility of lentil and regular-and low-oligosaccharide, micronized full-fat soybean fed to grower pigs. Journal of animal science. 92(1), 229-237.

Wu, F., Johnston, L. J., Urriola, P. E., Hilbrands, A. M., y Shurson, G. C. (2016a). Evaluation of ME predictions and the impact of feeding maize distillers dried grains with solubles with variable oil content on growth performance, carcass composition, and pork fat quality of growing-finishing pigs. Animal Feed Science and Technology. 213, 128-141.

Wu, F., Johnston, L. J., Urriola, P. E., Hilbrands, A. M., y Shurson, G. C. (2016b). Evaluation of NE predictions and the impact of feeding maize distillers dried grains with solubles (DDGS) with variable NE content on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. Animal Feed Science and Technology. 215, 105-116.

Xu, X., Liu, L., Long, S. F., Piao, X. S., Ward, T. L., y Ji, F. (2017). Effects of chromium methionine supplementation with different sources of zinc on growth performance, carcass traits, meat quality, serum metabolites, endocrine parameters, and the antioxidant status in growing-finishing pigs. Biological trace element research. 179(1), 70-78.

Zanfi, C., Colombini, S., Mason, F., Galassi, G., Rapetti, L., Malagutti, L., y Spanghero, M. (2014). Digestibility and metabolic utilization of diets containing whole-ear corn silage and their effects on growth and slaughter traits of heavy pigs. Journal of animal science. 92(1), 211-219.

Zebrowska, T., y Low, A. G. (1987). The influence of diets based on whole wheat, wheat flour and wheat bran on exocrine pancreatic secretion in pigs. The Journal of nutrition. 117(7), 1212-1216.

Zhao, J. B., Liu, P., Huang, C. F., Liu, L., Li, E. K., Zhang, G., y Zhang, S. (2018). Effect of wheat bran on apparent total tract digestibility, growth performance, fecal microbiota and their metabolites in growing pigs. Animal Feed Science and Technology. 239, 14-26.

Zhu, J. Q., Fowler, V. R., y Fuller, M. F. (1993). Assessment of fermentation in growing pigs given unmolassed sugar-beet pulp: a stoichiometric approach. British Journal of Nutrition. 69(2), 511-525.

Zou, Y., Xiang, Q., Wang, J., Wei, H., y Peng, J. (2016). Effects of oregano essential oil or quercetin supplementation on body weight loss, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status in finishing pigs under transport stress. *Livestock Science*. 192, 33-38.



# UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

" Formando a los misioneros de la Técnica en el Agro"

# EL MISIONERO DEL AGRO

La Universidad Agraria del Ecuador tiene como misión formar profesionales agropecuarios y ambientales al más alto nivel, cuyo ejercicio esté marcado por un desempeño profesional ético, solidario, honesto y de responsabilidad social y ambiental permanente, que permita elevar la masa crítica de conocimientos de la sociedad.

El proceso contará con las facilidades y recursos tecnológicos que permitan un proceso enseñanza - aprendizaje, explicación compresión de calidad y que además facilite la elaboración de propuestas de desarrollo para el sector agropecuario convirtiéndose en un pilar fundamental del plan de desarrollo del estado.

#### **SEDE GUAYAQUIL:**

Av. 25 de Julio y Pío Jaramillo **Teléfonos:** (042) 493 441 - 439 154

#### **SEDE MILAGRO:**

Av. Jacobo Bucaram y Emilio Mogner **Teléfonos:** (042) 971 877 - 711 522