

# **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**

Volumen 7 Número 1 Enero - Junio de 2016  
ISSN 2145-6097

# Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Volumen 7 Número 1 – enero - junio 2016 – ISSN 2145-6097

## Cuerpo Directivo

**JAIME ALBERTO LEAL AFANADOR**

Rector Unad

**CONSTANZA ABADIA GARCÍA**

Vicerrectora Académica y de Investigación

**LEONARDO YUNDA PERLAZA**

Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

**LEONARDO EVEMELETH SANCHEZ TORRES**

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

**EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ DÍAZ**

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

**LUIGI HUMBERTO LOPEZ GUZMAN**

Vicerrector de Relaciones Internacionales

**JULIALBA ÁNGEL OSORIO**

Decana Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

**JENNY FABIOLA HERNANDEZ**

Líder Nacional de Investigación Unad

**ELBA CRISTINA DIAZGRANADOS DAZA**

Líder de Investigación Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

## Director Editor

**REINALDO GIRALDO DÍAZ**

## Coeditora

**LIBIA ESPERANZA NIETO GÓMEZ**

## Comité Editorial

**FLÁVIO VIEIRA MEIRELLES**

Médico Veterinario, Ph.d.  
Universidad de São Paulo

**BEATRIZ EUGENIA CID AGUAYO**

Socióloga, M.sc. y Ph.D. en Sociología  
Universidad de Concepción, Chile

**OSCAR EMERSON ZUÑIGA MOSQUERA**

Ingeniero Agrónomo, Mestro Em Andamento Em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
Universidade Federal de Pernambuco Ufpe, Brasil

**OSCAR EDUARDO SANCLEMENTE REYES**

Ingeniero Ambiental, M.sc., Ph.D. en Agroecología  
Universidad Nacional de Colombia

**ROLANDO TITO BACCA IBARRA**

Ingeniero Agrónomo, M.sc., Ph.D. en Entomología  
Universidad de Nariño

## Comité Científico

**HERNÁN JAIR ANDRADE CASTAÑEDA**

Ingeniero Agrónomo, M.sc., Ph.d.  
Universidad del Tolima

**ALVEIRO SALAMANCA JIMÉNEZ**

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
University Of California, Davis

**ELISABETE FIGUEIREDO**

Socióloga, Ph.D. en Environmental Sciences  
University of Aveiro

**WILLIAM FRANCIS**

B.t.a. - Oregon

**MARCOS VINICIUS BOHRER MONTEIRO SIQUEIRA**

Engenheiro Biotecnológico, Mestro em Ecologia Aplicada, Doutor em Ecologia Aplicada.  
Universidade do Sagrado Coração (USC)

## Revisor de Estilo Lengua Inglesa

**WILLIAM FRANCIS**

B.T.A. - OREGON

## Revisor de Estilo Lengua Portuguesa

**SAMUEL DIOGO MEIRINHO**

Universidade de Aveiro – Portugal

## Revisor de Estilo Lengua Española

**EFIGENIO HERNÁNDEZ**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

## Fotografía de la Portada

“ENTRAMADO VERDE”.

Tomada y Cedida a Riaa

Por Sebastián Andrés Espinosa Velásquez

# Presentación

---

La Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) es un proyecto editorial de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), que surge en el año 2009 con el fin de comunicar los resultados de investigaciones originales en el área agraria y ambiental realizadas por personas, grupos o instituciones tanto nacionales como internacionales. Con el fin de mantener y afianzar la confianza entre investigadores y público interesado en las temáticas de RIAA, la revista busca su inclusión en prestigiosas bases de datos y sistemas de indexación tanto nacionales como internacionales.

## **Misión**

La misión de RIAA es fomentar la comunicación y colaboración entre investigadores nacionales e internacionales a través de la divulgación y transferencia de conocimiento relacionado con las ciencias agrarias y del medio ambiente, con el fin de fortalecer la generación de nuevo conocimiento.

## **Público al que se dirige**

La Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) es una publicación oficial de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), destinada a publicar artículos resultantes de las investigaciones originales en el área agraria y ambiental y en las áreas de conocimiento afines, en temas relacionados con los avances en producción animal, agricultura y uso sostenible de los recursos naturales. Como ejemplos de áreas afines citamos, entre otras, ética, ecología, sociología, geografía, historia, derecho, educación y economía, cuando se ocupan de perspectivas del desarrollo, de estilos de agricultura, de historia agraria, de desarrollo sustentable, de bioética y ética ambiental, de educación ambiental y extensión rural, de política agraria y ambiental, de legislación ambiental, forestal y agraria o de contribuciones significativas e innovadoras con visión sistémica, interdisciplinaria y/o transdisciplinaria. La publicación circula en formato impreso y en forma electrónica con acceso libre.

## **Periodicidad**

RIAA es una publicación semestral (enero-junio y julio-diciembre).

# Índice

## Editorial

Reinaldo Giraldo Díaz & Libia Esperanza Nieto Gómez

8

---

### **Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Colombia**

*Physiological efficiency of use NPK self-compatible and self-incompatible cacao clone (*Theobroma cacao L.*) in Colombia*

Eficiência fisiológica do uso de NPK em clones não auto compatíveis e auto compatíveis de cacau (*Theobroma cacao L.*) na Colômbia

Yina Jazbleidi Puentes-Páramo, Juan Carlos Menjivar-Flores & Antonio María Ortiz Camacho

17

---

### **Patrones de distribución de insectos de escama sobre cuatro especies del arbolado urbano de Bogotá, Colombia**

*Distribution patterns of scale insects on four species of the tree-lined urban of Bogotá, Colombia*

Padrões de distribuição de insetos de escama sobre quatro espécies de arborização urbana de Bogotá, Colômbia

Raúl Hernando Posada Almanza

25

---

### **Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia**

*Erosivity of the rain in the coffee region of Risaralda, Colombia*

Erosividade da chuva na região cafeeira do estado de Risaralda, Colômbia

Luz Adriana Lince Salazar; Wadi Andrey Castaño Castaño; Andrés Felipe Castro Quintero & Fabio Alexis Torres Angarita

37

---

**Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde**

***Evaluation of the agroecological leachate as a soil conditioner in cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) variety crepe Green***

Avaliação do lixiviado agroecológico como condicionador do solo na cultura de alface (*Lactuca sativa*) variedade crespa verde

Yolvi Prada Millan & Carlos Arturo Granada

47

---

**Componentes trofodinámicos de la alimentación de corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) en el Pacífico colombiano**

***Trophodynamic components of corvine feeding (Cynoscion phoxocephalus) in the Colombian Pacific***

Componentes trofodinâmicos da alimentação de corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) no Pacífico colombiano

Olga Rosero, Giovany Gómez & Roger Stiven Moran

59

---

**Producción de café (*Coffea arabica* L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia**

***Production of coffee (Coffea arabica L.) depending on soil properties, in two localities of Quindío, Colombia***

Produção de café (*Coffea arabica* L.) em função das propriedades do solo, de duas localidades em Quindío, Colômbia

Luz Adriana Lince Salazar & Siavosh Sadeghian Khalajabadi

71

---

**Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)**

***Resources and new options in the animal feeding: sachá inchi cake (Plukenetia volubilis)***

Recursos e novas opções na alimentação animal: torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

Juan Carlos Henao Zambrano & Olga Teresa Barreto Cruz

83

---

**Implementación de un sistema de fitorremediación  
en zona aledaña a reserva forestal protectora  
El Malmo, Boyacá, Colombia**

*Implementation of a system of phytoremediation  
in area surrounding to forest protective reserve  
El Malmo, Boyacá, Colombia*

Implementação de um sistema de fitoremediação  
em zona adjacente à reserva florestal protetora El Malmo,  
Boyacá, Colômbia

Albaluz Ramos Franco, Jeffrey Mauricio Prieto Naranjo, Diana Milena  
Cárdenas Nieto & Magda Susana Bernal Sierra

93

---

**Contribución económica de la pesca artesanal a la economía  
de las comunidades ribereñas del Amazonas colombiano**

*Economic contribution of the traditional fishing  
to the economy of the riverside communities  
of the Colombian Amazon*

Contribuição econômica da pesca artesanal à economia  
das comunidades ribeirinhas da Amazônia colombiana

Catalina Trujillo Osorio & Adriana María Flórez Laiseca

105

---

**Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera  
de La Guajira, Colombia**

*Land-based sources pollution in the coastal zone  
of the Guajira, Colombia*

Fontes terrestres de contaminação na zona litoral  
de La Guajira, Colômbia

Carlos Doria Argumedo & Lisbeth Vivas Aguas

123

---

**Efecto de abono orgánico y densidad de siembra  
en crecimiento y producción de papa china  
(*Colocasia esculenta* L.)**

***Effect of organic fertilizer and planting density in growth  
and production of papa china (*Colocasia esculenta* L.)***

Efeito da adubação orgânica e densidade de semeadura  
no crescimento e produção de batata chinesa  
(*Colocasia esculenta* L.)

Nilsen Leonardo Lasso-Rivas & Isaac Cundumí-Jori

139

---

**Control del balance energético negativo  
y comportamiento productivo y metabólico en vacas  
doble propósito bajo suplementación energética**

***Control of negative energy balance and productive  
and metabolic behavior in dual purpose cows under  
energy supplementation***

Controle do balanço energético negativo e comportamento  
produtivo e metabólico em vacas duplo propósito baixo  
suplementação energética

Laura Gómez Ortiz & Rómulo Campos Gaona

147

---

**Determinación de monóxido de carbono (CO) como factor  
de riesgo laboral en estaciones de servicio de combustible**

***Determination of carbon monoxide (CO) as an occupational  
risk factor at fuel service stations***

Determinação do monóxido de carbono como fator  
de risco laboral nos posto de combustível

Isidro Andrés Tejedor Cassiani & Nini Johana Mena

157

---

Cómo citar los artículos publicados  
en el Volumen 7 Número 1 - Enero – Junio de 2016

167

---

Instrucciones para los Autores

169

---

# Editorial

A partir de este año la Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA abre las secciones Reseñas Bibliográficas, Documentos de Trabajo y Otros, las cuales se suman a la sección Artículos de Investigación Científica y Tecnológica con el fin de fomentar la comunicación y colaboración entre investigadores nacionales e internacionales a través de la divulgación y transferencia de conocimiento relacionado con las Ciencias Agrarias y del Medio ambiente, lo cual permitirá fortalecer la generación de nuevo conocimiento, además de favorecer el impacto de las publicaciones de RIAA.

**Las Reseñas Bibliográficas** consisten en evaluaciones críticas principalmente de libros; sin embargo, dada la producción actual de películas, caricaturas, composiciones musicales, videojuegos, automóviles, entre otros, relacionados con las ciencias agrarias y ambientales, se tendrán en cuenta otras posibilidades. En cualquier caso, su contenido debe reflejar la relación con la misión de RIAA y su calidad científica y/o interpretativa. Para garantizar esto, el editor de esta sección velará por el cumplimiento del proceso editorial.

**Documentos de Trabajo** constituye una sección análoga a los habituales working papers. Aunque los documentos de trabajo regularmente se conciben como textos que permiten compartir ideas antes de someterse a una revisión por pares, los documentos de trabajo de RIAA se someten a arbitraje con el fin de garantizar su calidad científica.

**La Sección Otros**, incluye:

- **Artículo corto.** Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
- **Reporte de caso.** Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.
- **Revisión de tema.** Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.

- **Cartas al editor.** Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.
- **Editorial.** Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.
- **Traducción.** Traducciones de textos clásicos o de actualidad o transcripciones de documentos históricos o de interés particular en el dominio de publicación de la revista.
- **Documento de reflexión no derivado de investigación.** Las nuevas secciones acogerán textos inéditos que versen sobre las Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente. Podrá tratarse de textos que, por su extensión o sus características, sean difícilmente publicables por las revistas. Los textos podrán ser postulados para publicación en español, inglés o portugués. Se presentarán siguiendo las normas para autores de RIAA.

**Reinaldo Giraldo Díaz**

Docente Asociado

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias  
y del Medio Ambiente ECAPMA  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

**Libia Esperanza Nieto Gómez**

Docente Asistente

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias  
y del Medio Ambiente ECAPMA  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

# Editorial

From this year the Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA opens the sections Book Reviews, Working Papers and Others, which are added to the section of Articles of research in science and technology with the aim of fostering communication and collaboration between national and international researchers through the spreading and transfer of knowledge related to the Agricultural Sciences and the Environment, which will strengthen the generation of new knowledge, in addition to favoring the impact of the publications of RIAA.

**Book Reviews** are critical assessments of books mainly; however, given the current production of movies, cartoons, musical compositions, videogames, automobiles, among others, related with the agricultural sciences and environmental, other possibilities will be taken into account. In any case, its contents should reflect the relationship with the mission of RIAA and their scientific quality and/or interpretive. To ensure this, the editor of this section will ensure compliance with the editorial process.

**Working Documents** constitutes a section similar to the usual working papers. Although the working documents are regularly being conceived as texts that allow sharing ideas before undergoing a peer review, the working documents of RIAA are submitted to arbitration in order to ensure their scientific quality.

**Others section**, includes:

- **Short article.** Brief document that presents preliminary or partial original results of a scientific or technological research, which generally require a prompt spreading.
- **Case Report.** Document that presents the results of a study on a particular situation in order to make known the technical and methodological experiences considered in a specific case. Includes a commented systematic review of the literature on similar cases.
- **Topic review.** Document resulted from the critical review of the literature on a topic in particular.

- **Letters to the editor.** Critical, analytical or interpretive positions about of the documents published in the journal, which in opinion of the editorial committee constitute an important contribution to the discussion of the topic on the part of the scientific community of reference.
- **Editorial.** Document written by the editor, a member of the editorial committee or a guest researcher about of guidelines in the thematic domain of the journal.
- **Translation.** Translations of classical texts or topical or transcripts of historical documents or of particular interest in the domain of publication of the journal.
- **Reflection document not derived from research.** The new sections will receive unpublished texts related to the Agrarian Sciences and of the Environment. These can be in the form of texts that, by its extension or its characteristics, are hardly publishable by the journals. The texts may be nominated for publication in Spanish, English or Portuguese. It will be presented according to the rules for authors of RIAA.

**Reinaldo Giraldo Díaz**

Docente Asociado

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias  
y del Medio Ambiente ECAPMA  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

**Libia Esperanza Nieto Gómez**

Docente Asistente

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias  
y del Medio Ambiente ECAPMA  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

# Editorial

A partir deste ano, a Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA abre as seções Resenhas Bibliográficas, Documentos de Trabalho e Outros, que são adicionados à seção Artigos de Pesquisa Científica e Tecnológica com a finalidade de incentivar a comunicação e colaboração entre pesquisadores nacionais e internacionais através da divulgação e transferência de conhecimento que relaciona-se às ciências agrárias e o meio ambiente, o que permitiria fortalecer a geração de novo conhecimento, além de favorecer o impacto das publicações do RIAA.

As **Resenhas Bibliográficas** consistem de avaliações críticas principalmente de livros; no entanto, dada a produção atual de filmes, quadrinhos, composições musicais, videogames, veículo, entre outros, relacionados às ciências agrárias e ambientais serão consideradas outras possibilidades. De qualquer forma, seu conteúdo deve ser o reflexo da relação com a missão do RIAA e sua qualidade científica e/ou interpretativa. Para garantir isso, o editor desta seção vigiará pelo cumprimento do processo editorial.

**Documentos de Trabalho** constitui uma seção análoga dos habituais “working papers”. Embora os documentos de trabalho sejam percebidos regularmente como textos que permitem compartilhar ideias antes de se submeter a uma revisão por avaliadores, os documentos de trabalho do RIAA se submetem à uma revisão com a finalidade de garantir a qualidade científica.

**A seção Outros** abrange:

- **Artigo curto.** Documento curto que apresenta resultados originais preliminares ou parciais de uma pesquisa científica ou tecnológica, que geralmente requer de rápida difusão.
- **Reporte de caso.** Documento que apresenta os resultados de um estudo e sobre uma situação particular com a finalidade de mostrar as experiências técnicas e metodológicas consideradas em um caso específico. Considera uma revisão sistemática da literatura sobre casos análogos.
- **Revisão de tema.** Documento resultante da revisão crítica da literatura sobre um tema específico.

- **Cartas ao editor.** Posições críticas, analíticas ou interpretativas sobre documentos publicados na revista, que segundo o critério do Comitê editorial são incentivo importante à discussão do tema entre a comunidade científica de referência.
- **Editorial.** Documento escrito pelo editor, alguma das pessoas do comitê editorial ou um pesquisador convidado sobre orientações no domínio temático da revista.
- **Tradução.** Traduções de textos clássicos ou de atualidade ou transcrições de documentos históricos ou de interesse particular no domínio de publicação da revista.
- **Documento para refletir mas não é de pesquisa.** As novas seções abrigaram textos inéditos sobre Ciências Agrárias e do Meio Ambiente. Poderão ser textos inéditos que devido a sua extensão ou características, sejam dificilmente publicados pelos jornais de pesquisa. Os textos poderão ser postulados para publicação em espanhol, inglês ou português. Serão apresentados seguindo as instruções para os autores do RIAA.

**Reinaldo Giraldo Díaz**

Professor Asociado

Escola de Ciências Agrícolas, Pecuarias  
e do Meio Ambiente ECAPMA

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

**Libia Esperanza Nieto Gómez**

Professor Assistente

Escola de Ciências Agrícolas, Pecuarias  
e do Meio Ambiente ECAPMA

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

# Cesión de derechos

---

RIAA, al momento de recibir la postulación de un manuscrito por parte de su autor, ya sea a través de correo electrónico o postal, considera que puede publicarse en formatos físicos y/o electrónicos y facilitar su inclusión en bases de datos, hemerotecas y demás procesos de indexación.

Se autoriza la reproducción y citación del material de la revista, siempre y cuando se indique de manera explícita el nombre de la revista, los autores, el título del artículo, volumen, número y páginas.

Las ideas y conceptos expresados en los artículos son responsabilidad de los autores y en ningún caso reflejan las políticas institucionales de la UNAD.

# Indexaciones

La Revista de Investigación Agraria y Ambiental es indexada en las siguientes bases de datos especializadas.



La Base Bibliográfica Nacional - BBN **Publindex**, que hace parte del Sistema Nacional de Indexación y Homologación, es dirigida por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias. Está constituida por la información integrada por las revistas especializadas de CT+I sobre su producción, donde se hace visible para consulta en línea la información bibliográfica recolectada de los documentos hasta el nivel de resumen.



**CABI** es una organización intergubernamental sin fines de lucro, que proporciona información y servicios de carácter científico en el mundo desarrollado y en desarrollo.

**CAB Abstracts:** es una base de datos que ayuda a documentar la literatura publicada en el mundo, en: agricultura, medio ambiente, ciencias veterinarias, ciencias vegetales, micología y parasitología, economía aplicada, ciencias de la alimentación, salud humana, nutrición y temas relacionados.

**Repositorio de Texto Completo de CABI:** garantiza que los artículos estén disponibles y sean fácilmente localizados por científicos y profesionales a nivel mundial.



**EBSCO** ofrece un repositorio de: documentos, audio libros, libros digitales y bases de datos que cubren diferentes áreas, niveles de investigación e instituciones: escuelas, bibliotecas públicas, universidades, entidades de salud, corporaciones y agencias gubernamentales.

**ENVIRONMENT INDEX:** Base de datos especializada; información en temáticas relacionadas con: agricultura, ciencias del mar y agua dulce, ecología de ecosistemas, geografía, energía, fuentes renovables de energía, recursos naturales, contaminación y gestión de residuos, tecnología ambiental, legislación ambiental, políticas públicas, planificación urbana e impactos sociales.

**FUENTE ACADEMICA PREMIER:** Esta base de datos proporciona una colección de revistas científicas de América Latina, Portugal y España; cubre todas las áreas temáticas con especial énfasis en agricultura, ciencias biológicas, economía, historia, derecho, literatura, filosofía, psicología, administración pública, religión y sociología.



**ProQuest** conserva amplia y variada información, tanto de archivos históricos, como de los avances científicos actuales y maneja tecnologías digitales que optimizan la búsqueda, intercambio y gestión de la información. ProQuest proporciona servicios en el ámbito académico, empresarial, gubernamental, bibliotecas escolares y públicas, así como servicios a los investigadores profesionales, que les permiten la adquisición estratégica, gestión y búsqueda de colecciones de información.

Actualmente RIAA es visible en las bases de datos: ProQuest Agricultural Science Collection, ProQuest SciTech Collection y ProQuest Natural Science Collection.

---

**ProQuest Agricultural Science Collection:** Proporciona una amplia cobertura de todos los temas de agricultura y es apoyada por la Biblioteca Agrícola Nacional de EE.UU. La interfaz aporta características avanzadas y herramientas que permiten a los investigadores más precisión en las revisiones de literatura especializada y adaptada a su área del estudio.

**ProQuest SciTech Collection:** Combina una serie de bases de datos especializadas en Ciencias Naturales, Tecnología e Ingeniería en una interfaz dinámica que permite acceso a texto completo mediante una búsqueda integral a través de amplios resúmenes gestionados por equipos editoriales de expertos.

**ProQuest Natural Science Collection:** Proporciona una vasta cobertura de literatura en el ámbito de: Agricultura, Biología, Geología, Ciencias de la Tierra y Ciencias Ambientales. Ofrece acceso a texto completo de fuentes que incluyen: publicaciones académicas, revistas profesionales, informes, libros, actas de conferencias y material de relevancia.



**Latindex** es un sistema de Información sobre las revistas de investigación científica, técnico-profesionales y de divulgación científica y cultural que se editan en los países de América Latina, el Caribe, España y Portugal. La idea de creación de Latindex surgió en 1995 en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y se convirtió en una red de cooperación regional a partir de 1997.



**PERIÓDICA** es una base de datos bibliográfica creada en 1978 en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La base de datos se actualiza diariamente y más de 10 mil registros son agregados cada año.

Ofrece alrededor de 336 mil registros bibliográficos de artículos originales, informes técnicos, estudios de caso, estadísticas y otros documentos publicados en cerca de 1 500 revistas de América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



La Plataforma Open Access de Revistas Científicas Electrónicas Españolas y Latinoamericanas **e-Revistas**, es un proyecto impulsado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el fin de contribuir a la difusión y visibilidad de las revistas científicas publicadas en América Latina, Caribe, España y Portugal.



**Dialnet** es una base de datos de acceso libre, creada por la Universidad de La Rioja (España), que difunde producción científica hispana.

---

# Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Colombia

## Physiological efficiency of use NPK self-compatible and self-incompatible cacao clone (*Theobroma cacao L.*) in Colombia

### *Eficiência fisiológica do uso de NPK em clones não auto compatíveis e auto compatíveis de cacau (Theobroma cacao L.) na Colômbia*

<sup>1</sup>Yina Jazbleidi Puentes-Páramo, <sup>2</sup>Juan Carlos Menjivar-Flores & <sup>3</sup>Antonio María Ortiz Camacho

<sup>1</sup>Ingeniera Agrónoma, Magister en Biotecnología de plantas, Doctora en Ciencias Agropecuarias. <sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, Magister en Suelos y Aguas, Doctor en Ciencia del Suelo. <sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo

<sup>1,2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Valle, Colombia. <sup>3</sup>Fondo Nacional del Cacao. Producción e Investigación. FEDECACAO, Cali. Valle, Colombia.

<sup>1</sup>yjpuentes@unal.edu.co,  
<sup>2</sup>jcmenjivar@unal.edu.co,  
<sup>3</sup>antonioortiz@fedecacao.co

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia fisiológica de N-P-K en clones de cacao de sabor y aroma autocompatible (CCN-51, ICS-95) y autoincompatible: (TSH-565, ICS-39), con la finalidad de determinar la capacidad de producción de grano seco por unidad de nutriente absorbido. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, los tratamientos fueron diseñados a partir del nivel de fertilidad natural del suelo (TR-Tratamiento de referencia) y sobre este el 25, 50, 75 y 100% más de Nitrógeno-Fósforo-Potasio (N-P-K), correspondiente al T1, T2, T3 y T4. Los resultados evidencian que hay diferencias altamente significativas entre clones para los nutrientes N-P-K absorbidos, exhibiendo mayor absorción de nitrógeno, seguido de

potasio y por último fósforo, en este sentido, el clon autocompatible CCN-51 mostró mayor habilidad de absorción para la mayoría de nutrientes, excepto fósforo, sin embargo, no es generalizada la mayor habilidad para clones autocompatibles con respecto a clones autoincompatibles. La mayor eficiencia fisiológica de uso de nutrientes N-P-K se presentó en el tratamiento uno y la menor capacidad de producción de grano seco de cacao por unidad de nutriente se presentó con la dosis nutricional más alta en el tratamiento cuatro, lo cual sugiere que a mayor dosis disminuye la eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno, fósforo y potasio de los clones.

**Palabras clave:** fertilización, eficiencia de uso de nutrientes, nutrición mineral

## Abstract

The research aimed to evaluate the physiological efficiency of N-P-K in clones of cocoa flavor and self-compatible flavor (CCN-51, ICS-95) and self-incompatible (TSH-565, ICS-39), to determine the ability of dry grain production per unit of absorbed nutrient. The design was randomized complete blocks with five treatments and four replications, the treatments were designed from the level of natural soil fertility (TR-treatment baseline) and this 25, 50, 75 and 100% more nitrogen-Phosphorus-Potassium (N-P-K), corresponding to T1, T2, T3 and T4. The results show that there are highly significant differences between clones for N-P-K nutrients absorbed, exhibiting increased uptake of nitrogen, followed potassium and last match, in this sense, the self-compatible clone CCN-51 showed greater ability to absorb for most nutrients, except phosphorus, however, it is not generally the greatest ability to self-compatible clones with respect to self-incompatible clones. Most physiological efficiency of nutrient use N-P-K appeared in treating one and the lowest production capacity of dry cocoa beans per nutrient unit was presented with the highest nutritional doses in the treatment four, which suggests that higher doses decreases the physiological efficiency of use of nitrogen, phosphorus and potassium clones.

**Key-words:** fertilization, mineral nutrition, nutrient use efficiency.

## Resumo

A pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência fisiológica de N-P-K em clones de cacau, de sabor e aroma auto compatível (CCN-51, ICS-95) e não auto compatível: (TSH-565, ICS-39), com a finalidade de determinar a capacidade de produção de grão seco por unidade de nutriente absorvido. Utilizou-se um delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram escolhidos baseados no nível de fertilidade natural do solo (TR-Tratamento de referência) e sobre ele 25, 50, 75 e 100% mais de Nitrogênio-Fósforo-Potássio (N-P-K), correspondendo a T1, T2, T3 e T4. Os resultados mostram que existem diferenças altamente significativas entre clones para os nutrientes N-P-K absorvidos, exibindo maior absorção de nitrogênio, depois potássio e finalmente fósforo, assim, o clone auto compatível CCN-51 mostrou maior habilidade de absorção para a maioria dos nutrientes, exceto o fósforo. No entanto, não pode ser generalizada a maior habilidade dos clones auto compatíveis quando comparados com clones não auto compatíveis. A maior eficiência fisiológica do uso de nutrientes N-P-K foi observada no tratamento 1 e a menor capacidade de produção de grão seco de cacau por unidade de nutriente foi observada no tratamento quatro, sugerindo isso que quanto maior a dose, menor a eficiência fisiológica do uso do nitrogênio, fósforo e potássio dos clones.

**Palavras-chave:** Fertilização, Eficiência do uso de nutrientes, nutrição mineral

## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo con mucho futuro en países como Costa de Marfil, Ghana, Colombia, Ecuador y Brasil, hoy en día los precios en los mercados internacionales son muy atractivos si de sabor y aroma se trata por supuesto, en ese sentido nuevas áreas se dedican a la producción, con el inconveniente de no contar con estudios que demuestren la eficiencia de los diferentes variedades y clones en el uso de los nutrientes, es así como Akinrinde (2006) afirma que la prioridad de los productores de las zonas tropicales y subtropicales

es garantizar la sostenibilidad de la producción, aunque para ello se tenga que hacer un uso excesivo de fertilizantes; en el mismo sentido Lija *et al.* (2014) afirman que los fertilizantes minerales son una fuente alternativa para suplir nutrientes al suelo, mejorando la productividad de los cultivos, sin embargo una inadecuada aplicación se traduce en un consumo.

Lograr incrementos en la producción por efecto de la adición de fertilizantes es una práctica común a

muchos cultivos, sin embargo utilizar plantas eficientes en el uso de los nutrientes es una estrategia muy importante para reducir los costos de producción relacionados con el empleo de estos productos (Kumar, 2000). La evaluación del uso eficiente de nutrientes nos lleva a identificar genotipos y cultivares por su habilidad en la absorción y utilización de los nutrientes que se traducen en buenos rendimientos en campo (Baligar, 2001); es así como la evaluación del uso eficiente que los cultivos hacen de los nutrientes cobra importancia, sin embargo, los estudios se enfocan mucho a la dinámica de la aplicación de N-P-K y su efecto en el rendimiento (Puentes *et al.*, 2014a).

Algunos autores se han dedicado al estudio del uso eficiente de nutrientes en cultivos de ciclo corto como sen maíz, arroz, trigo, papa y otros (Xu *et al.*, 2015; Soratto *et al.*, 2015), los resultados obtenidos en corto tiempo pueden ser adoptados por los productores, sin embargo, en cacao, un cultivo perenne, el tiempo limita obtener información rápidamente. Ribeiro *et al.* (2008) evaluaron el uso eficiente de nutrientes en condiciones de invernadero y plantas de cacao de siete meses de edad, los resultados limitan su aplicación a cultivos en producción; por otra parte, Puentes *et al.* (2014a) evaluaron el uso eficiente de nutrientes en función de la eficiencia agronómica y de recuperación de N-P-K en condiciones de campo y con plantaciones en producción, más no se estudió la eficiencia fisiológica de los mismos.

La eficiencia fisiológica se refiere al aumento en kg del rendimiento por kg de nutriente absorbido (Roberts, 2008); muchos factores influyen en la misma, sobre todo los relacionados con el suelo, tales como: el tipo de fertilizantes, clima, manejo agronómico y cultivo, especialmente lo concerniente con el desarrollo del sistema radical, ya que se relaciona con la toma de nutrientes y el uso de los mismos por las plantas (Fan *et al.*, 2010).

El cacao (*T. cacao* L.) se cultiva en suelos muy diversos, y en Colombia existen aproximadamente 157.000 hectáreas sembradas con diferentes clones y variedades, en los cuales la aplicación de

fertilizantes se basa en recomendaciones obtenidas a partir de los análisis de suelos y de ensayos de fertilidad (Mora *et al.*, 2011), sin embargo, no existen datos relacionados con la eficiencia fisiológica en el uso de N-P-K, lo cual es un gran vacío en el conocimiento, ya que clones de cacao eficientes en el uso de nutrientes, representan al agricultor mayores ingresos y una contribución al uso sostenible de los recursos naturales. En ese sentido es importante el aporte de esta investigación que tuvo como objetivo determinar la eficiencia fisiológica de uso de N-P-K en clones de cacao de sabor y aroma autocompatibles y autoincompatibles, CCN-51, ICS-95, TSH-565 y ICS-39 respectivamente, con fines de caracterizar la habilidad en producir grano por unidad de nutriente absorbido por cada clon.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Centro Experimental de la Federación Nacional de Cacaoteros a 1120 msnm, ubicado geográficamente en el municipio de Miranda del departamento del Cauca (Colombia) a 3°23'44" Latitud Norte y 76°30'33" de Latitud Oeste. Los clones de cacao (*T. cacao* L.) de sabor y aroma establecidos en campo con cinco años de edad y evaluados en la presente investigación fueron: ICS-39, TSH-565, ICS-95 y CCN-51, dos clones autoincompatibles y dos autocompatibles respectivamente (Puentes *et al.*, 2014b).

Al inicio de la investigación se determinaron las características físicas y químicas del suelo según metodologías estandarizadas por el laboratorio del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e interpretadas con la quinta aproximación (ICA, 1992). De acuerdo en estos análisis se diseñaron los tratamientos con base al nivel de fertilidad natural del suelo (TR). El TR se determinó a partir de la concentración de N-P-K del suelo en kg.ha<sup>-1</sup> (49-23,5-146,5); el resto de los tratamientos fueron incrementos del 25%, 50%, 75% y 100% de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O sobre el nivel de fertilidad natural del suelo (TR) dando lugar al T1 (61-29,3-183), T2 (73-35,2-219,7), T3 (86-41-256,4) y T4 (98-47-293) respectivamente; en los cuales se utilizó las fuentes de fertilización:

urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (46-00-00), Fosfato diamónico  $(\text{NH}_4)_2(\text{HPO}_4)$  (18-46-00) y nitrato de potasio  $\text{KNO}_3$  (13-00-44). Los tratamientos se aplicaron en forma fraccionada, así, el 50% en mayo y el otro 50% en septiembre, en los años 2010, 2011 y 2012.

El rendimiento se estimó mediante conteo y pesado de todos los frutos (mazorca) obtenidos en cada cosecha por clon por año, por consiguiente, los granos se extrajeron en forma manual, luego se contaron y pesaron en húmedo, a partir de esta información se determinó el índice de grano (*IG*) en gramos a través de la fórmula propuesta por Allen (1987), donde el *IG* es igual al producto del peso total de granos/mazorca por el factor 0,38 y dividido entre el número de granos/mazorca (Puentes *et al.*, 2014b). En este sentido, el rendimiento es el producto del índice de grano, del número de mazorcas por árbol, el número de grano por mazorca y la densidad de siembra.

Para determinar las concentraciones de NPK en almendras, se muestrearon siete mazorcas maduras por cada árbol de cada tratamiento, y con los granos se conformó una muestra representativa, las cuales fueron procesadas en el CIAT siguiendo protocolos estándar, así, N se determinó por el método Kjeldhal; P y  $\text{K}^+$  por descomposición vía seca (550 °C) y mineralización con HCl 6M, cuantificados por colorimetría y absorción atómica respectivamente.

La eficiencia fisiológica (EF) se define como el incremento del rendimiento obtenido en kilogramo por cada kilogramo de nutriente absorbido. Así, la EF de uso para NPK se determinó según la ecuación (1) utilizada por Fageria *et al.* (2010).

$$kg-f) = R(f) - R(t)CN(f) - CN(t) \quad (1)$$

En donde,  $R(f)$ : rendimiento del grano del tratamiento evaluado;  $R(t)$ : rendimiento de grano del TR;  $CN(f)$ : cantidad del nutriente en la almendra del tratamiento evaluado, y  $CN(t)$ : cantidad del nutriente en la almendra del tratamiento testigo.

El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro

repeticiones. La unidad experimental consistió en cuatro árboles de cacao, sembrados a 3 m x 3 m entre plantas x 4 m entre calle, para una densidad de 952 plantas por ha, la unidad de muestreo para determinar concentración de nutrientes fue de 7 mazorcas de cacao totalmente maduras por repetición de cada tratamiento. Los datos fueron analizados con SPSS 20 (IBM, 2011), y consistió en análisis de varianza (Andeva) para determinar diferencias entre las variables de respuesta; posteriormente se realizaron pruebas de comparación de medias (*Tukey*).

## Resultados y discusión

### Análisis del suelo experimental

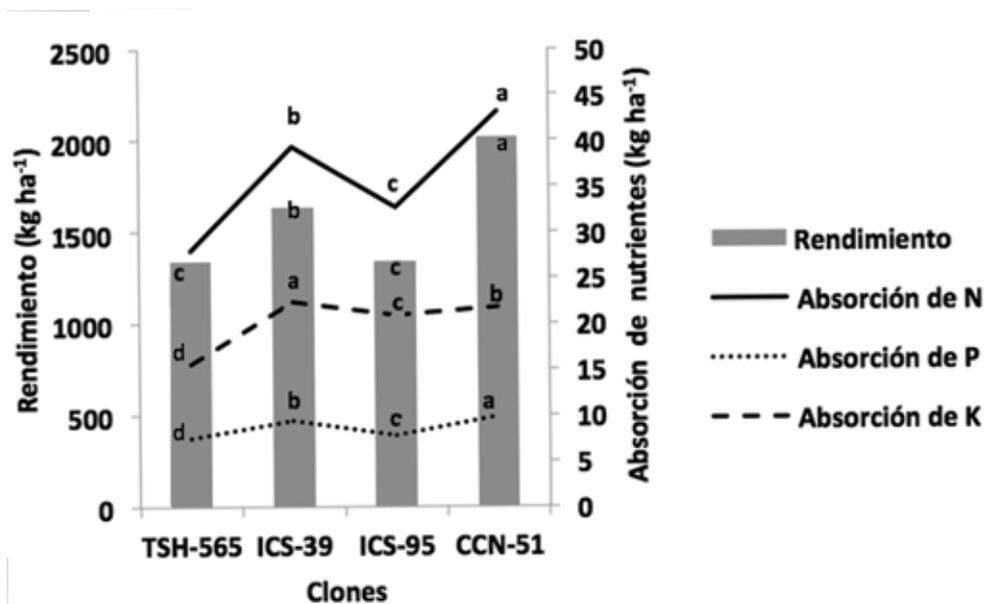
Los datos obtenidos en el análisis químico y físico del suelo experimental fueron: pH de 6,4 (acidez débil), alta materia orgánica con 7,4%, contenido medio de potasio (0,26 cmol/kg), alto para calcio (9,73 cmol/kg) y magnesio (7,9 cmol/kg), fósforo (8,6 ppm) y el resto de los elementos químicos (datos no publicados) fueron normales, así mismo, porosidad superior a 55%, textura franco limoso con presencia de arcillas illitas, con interestratificados illita/vermiculita en grandes proporciones, y densidad aparente de 1,2 Mg/m<sup>3</sup>, adecuadas para el cultivo de cacao (Puentes *et al.*, 2014b); los cuales se encuentran dentro de los rangos reportados como normales para cacao por García (2007), presentando condiciones homogéneas y adecuadas para el desarrollo del cultivo.

### Rendimiento

El rendimiento mostro diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) por efecto de los tratamientos y tipo de clon (Puentes *et al.*, 2016); así, el clon CCN-51 obtuvo el mayor rendimiento en el tratamiento T1 (2020 kg ha<sup>-1</sup>), seguido el clon ICS-39 (1634 kg ha<sup>-1</sup>), TSH-565 (1340 kg ha<sup>-1</sup>) e ICS-95 (1337 kg ha<sup>-1</sup>) en el tratamiento T2; así, los rendimientos obtenidos muestran un diferencial del 34% para los clones ICS-95 y TSH-565 y del 19% para el clon ICS-39 con respecto al clon de mayor rendimiento (CCN-51), exhibiendo en forma generalizada un menor rendimiento para los clones auto-incompatibles como los sugiere Mora *et al.* (2011).

Los menores rendimientos se presentaron en el tratamiento TR para todos los clones evaluados, comportamiento normal debido a la ausencia de fertilización, como lo corrobora Aguilar *et al.* (2015); lo que sugiere que el contenido nutricional del suelo (TR) no satisface las necesidades nutricionales del cultivo y por lo tanto es necesario fertilizar. Sin embargo, después del tratamiento T2 es notorio que se deprime el rendimiento, similares resultados se presentaron para otros cultivos tales como en uva (Puerto *et al.*, 2014) y caña de azúcar (Rasche *et al.*, 2012).

La relación entre rendimiento y nutrientes absorbidos por la planta (en almendra) para el tratamiento con mayor rendimiento por cada clon (Figura 1), muestra que a mayor rendimiento existe mayor absorción de nutrientes en almendra, y en mayor proporción para nitrógeno, seguido de potasio y por último fósforo (Puentes *et al.*, 2014b). El clon autocompatible CCN-51, con el mayor rendimiento, mostró mayor habilidad en absorción de N y P, excepto K; el clon autoincompatible ICS-39 mostró mayor habilidad en absorción de K. Sin embargo, no evidencia una clara superioridad en absorción de nutrientes N-P-K para autocompatibles con respecto a clones autoincompatibles.



**Figura 1.** Relación entre rendimiento y nutrientes absorbidos por la planta para cada clon. Valores con letra distinta difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Así mismo, se evidencia la habilidad de cada clon en la absorción de nutrientes y su capacidad para aumentar el rendimiento, como se presenta en los clones TSH-565 e ICS-95 con rendimientos similares y con diferente absorción de N, en este sentido, el clon ICS-95 (32,66 kg ha<sup>-1</sup>) con mayor absorción de N que el clon TSH-565 (27,95 kg ha<sup>-1</sup>), no refleja esa absorción adicional (15%) en el rendimiento, lo que sugiere un potencial de absorción diferencial para cada clon.

### Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones de cacao

La eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno, fósforo y potasio mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre clones, similares resultados obtuvo Kumar (2000). Las figuras 2, 3 y 4 muestran la eficiencia fisiológica de uso de Nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, de los cuatro clones evaluados bajo diferentes dosis de fertilización (T1, T2, T3 y T4), con sus respectivas ecuaciones y coeficientes de determinación ( $R^2$ ).

La mayor eficiencia fisiológica de uso del nitrógeno (EFN) se presentó para el clon CCN-51 en el tratamiento T1 (45,3 kg kg<sup>-1</sup>), lo cual significa que por cada kilogramo de nitrógeno absorbido se producen 45,3 kg de grano seco de cacao.

Posteriormente, el clon ICS-39 en el tratamiento T3 (40,87 kg kg<sup>-1</sup>), el clon TSH-565 en el T2 (40,86 kg kg<sup>-1</sup>) y por último el clon ICS-95 en el T3 (40,38 kg kg<sup>-1</sup>). La menor EFN se presentó en el T4 para todos los clones.

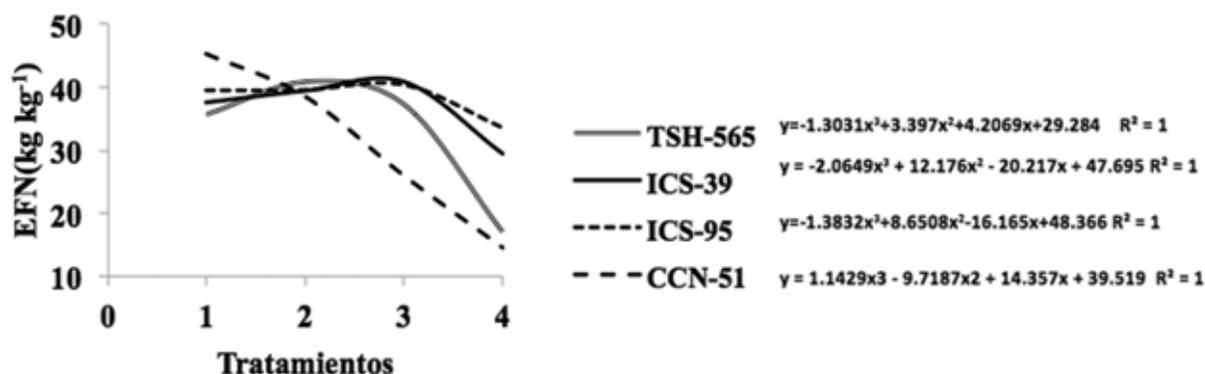


Figura 2. Eficiencia fisiológica de uso del nitrógeno (EFN) para los clones TSH-565, ICS-39, ICS-95 y CCN-51

El clon CCN-51 mostró la mayor EFN, como también, la menor EFN (14,59 kg kg<sup>-1</sup>) en el T4 con respecto a los demás clones. Lo que sugiere que las altas dosis de nitrógeno (T4) disminuyen la eficiencia fisiológica de uso del nutriente, como lo sugiere Rouanet (1994).

tratamiento T1 (195,45 kg kg<sup>-1</sup>), lo cual significa que por cada kilogramo de fósforo absorbido se producen 195,45 kg de grano seco de cacao. Posteriormente, el clon TSH-565 en el tratamiento T3 (177,11 kg kg<sup>-1</sup>), el clon ICS-95 en el T2 (173,9 kg kg<sup>-1</sup>) y por último el clon CCN-51 en el T2 (173,35 kg kg<sup>-1</sup>). La menor EFP se presentó en el T4 para todos los clones.

La mayor eficiencia fisiológica de uso del fósforo (EFP) se presentó para el clon ICS-39 en el

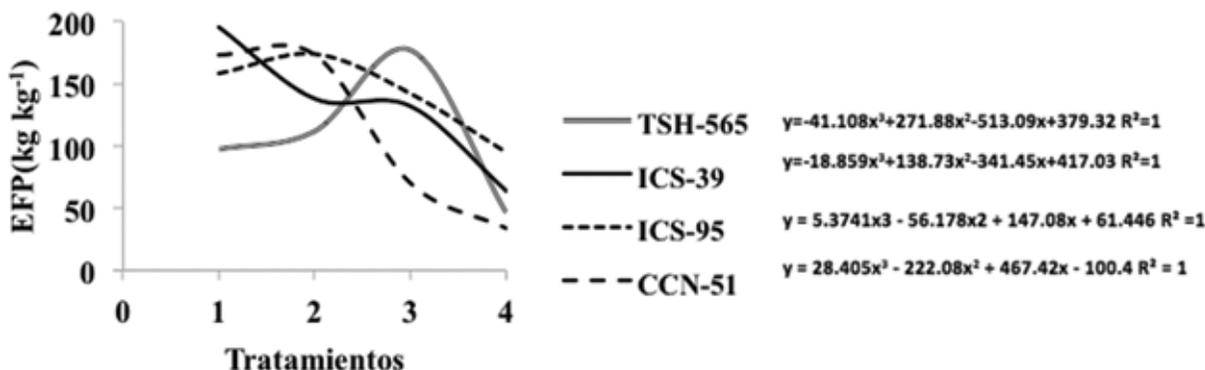
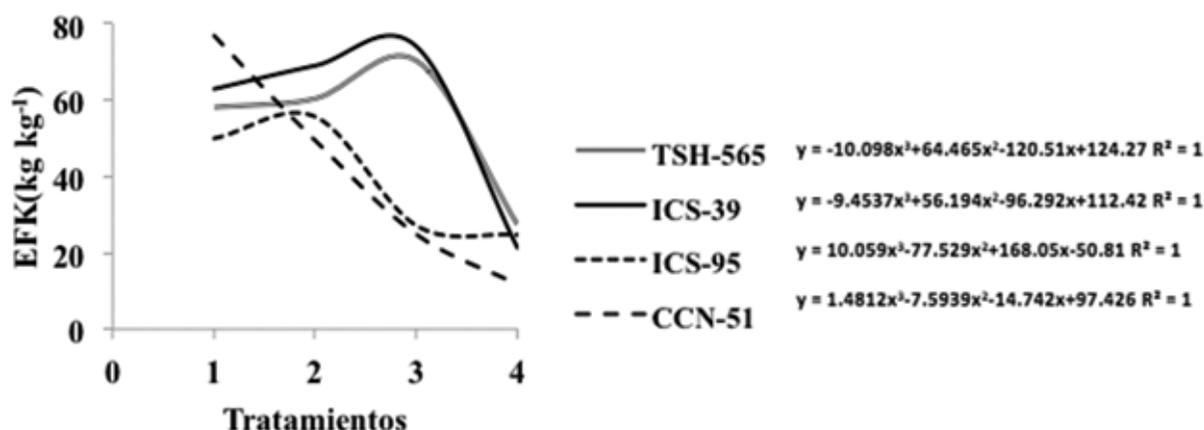


Figura 3. Eficiencia fisiológica de uso del fósforo (EFP) para los clones TSH-565, ICS-39, ICS-95 y CCN-51

El clon ICS-39 mostro la mayor EFP, sin embargo, la menor EFP la presento el clon CCN-51 (33,90 kg kg<sup>-1</sup>) en el T4 con respecto a los demás clones. En tanto, es claro que las altas dosis de fósforo (T4) para los clones evaluados disminuyen la eficiencia fisiológica de uso del nutriente.

La mayor eficiencia fisiológica de uso del potasio (EFK) se presentó para el clon CCN-51 en

el tratamiento T1 (76,57 kg kg<sup>-1</sup>), lo cual significa que por cada kilogramo de nitrógeno absorbido se producen 76,57 kg de grano seco de cacao. Posteriormente, el clon ICS-39 en el tratamiento T3 (74,05 kg kg<sup>-1</sup>), el clon TSH-565 en el T3 (70,29 kg kg<sup>-1</sup>) y por último el clon ICS-95 en el T2 (55,64 kg kg<sup>-1</sup>). La menor EFK se presentó en el T4 para todos los clones.



**Figura 4.** Eficiencia fisiológica de uso del potasio (EFK) para los clones TSH-565, ICS-39, ICS-95 y CCN-51. EFK: eficiencia fisiológica de uso de potasio

El clon CCN-51 mostro la mayor EFK, como también, la menor EFK (11,75 kg kg<sup>-1</sup>) en el T4, lo que sugiere que las altas dosis de potasio (T4) para los clones evaluados disminuyen la eficiencia fisiológica de uso del nutriente.

## Conclusiones

La mayor eficiencia fisiológica de uso de nutrientes N-P-K se presentó en el tratamiento uno (T1) y la menor EF con la dosis nutricional más alta (T4), lo cual sugiere que a mayor dosis nutricional disminuye la capacidad de producción de grano seco de cacao por unidad de nutriente absorbido; así mismo, se evidencia que el clon CCN-51 muestra

mayor habilidad de producción de grano seco por cada unidad de N y P absorbido, mientras que el clon ICS-39 presenta mayor producción de grano seco por cada unidad de K, sin embargo, no es generalizada una mayor habilidad de absorción en los clones autocompatibles con respecto a los clones autoincompatibles.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Grupo de Investigación: "Uso y Manejo de Suelos y Aguas con énfasis en Degradación de Suelos" de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira; y a la Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia, Fedecacao.

## Literatura Citada

1. Aguilar, C.C., Escalante, J.A.E. & Aguilar, I. M. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoam.* 33:51-62.
2. Akinkunmi, E. A. (2006). Strategies for improving crops Use-Efficiencies of fertilizer nutrients in sustainable agricultural systems. *Journal of nutrition* 5(2): 185-193.
3. Allen, J. B. (1987). London Cocoa Trade Amazon Project. Final report phase 2. Special Issue of Cocoa Growers Bull. 39.
4. Baligar, V.C., Fageria, N.K. & He, Z. L. (2001). Nutrient Use Efficiency in Plant, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7): 921 – 950.
5. Fageria, N. K., O. P. de Morais, & A. B. dos Santos. (2010). Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 33:1696 – 1711.
6. Fan Jian-Bo., Zhang Ya-Li., D. Turner., Duan Yin-Hua, Wang Dong-Sheng & Shen Qi-Rong. (2010). Root Physiological and Morphological Characteristics of Two Rice Cultivars with Different Nitrogen-Use Efficiency. *Pedosphere* 20(4): 446–455.
7. García, B. C. (1997). Cacao (*Theobroma cacao* L.). (433 p). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
8. IBM (International Business Machines). (2011). Manual del usuario del sistema básico de IBM SPSS estadística 20. 30 p.
9. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (1992). Fertilización en diversos cultivos. Quinta Aproximación. Manual de Asistencia Técnica No.25. Centro de Investigación Tibaitata. Editorial Ediciones. 64 p.
10. Kumar, N. F. (2000). Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, 35 (10):2115-2120.
11. Lija, M., Osumanu A. H. & Kasim, S. (2014). Maize (*Zea mays* L.) nutrient use efficiency as affected by formulated fertilizer with Clinoptilolite Zeolite. *J. Food Agric.* 2014. 26 (3): 284-292.
12. Mora, R. J., Burbano, O. H. & Ballesteros, P. W. (2011). Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao. *Rev. Cien. Agríc.* 28(2):81 - 94.
13. Puentes, P.Y.J., Menjivar, J.C.F. & Aranzazu, F. H. (2016). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agron. Mesoam.* 27(2):329-336.
14. Puentes, P.Y.J., F.J.C. Menjivar, & Aránzazu, H.F. (2014a). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro* 26:99-106.
15. Puentes, P.Y.J., J.C. Menjivar, A. Gómez & Aranzazu, F. (2014b). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agron.* 63:145-152.
16. Puerto, G.O., F.J.C. Menjivar, S. Mejía de T. & Puentes, P.Y.J. (2014). Influencia del potasio en el cultivo de la vid (*Vitis labrusca*) cv. ISABELLA. *Inf. Téc.* 78:148-154.
17. Rasche, J. W. A., Gómez V. A. L., Cabral, C. C. A., Muller, E. A. & Schaefer, G. L. (2012). Potassium application in sugarcane varieties: effects on sugarcane yield and borer attack. *Investig. Agrar.*, 14 (2):93-100.
18. Roberts, T. L. (2008). Improving Nutrient Use Efficiency. *J. Agric* 32:177-182.
19. Rouanet, M. J. L. (1994). Eficiencia fisiológica de nitrógeno por cultivos anuales en futura agricultura sustentable. *Agricultura Técnica* (Chile) 54 (2):169 – 179.
20. Soratto R. P., Pilon, C., Adalton M. F. & Moreno, L.A. (2015). Phosphorus Uptake, Use Efficiency, and Response of Potato Cultivars to Phosphorus Levels. *Potato Research* 58:121–134.
21. Xu, X., Liu, X., He, P., Johnston, A.M., Zhao, S., Qiu S. et al. (2015) Yield Gap, Indigenous Nutrient Supply and Nutrient Use Efficiency for Maize in China. *PLoS ONE* 10(10): e0140767.

### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 02 de noviembre de 2015  
**Aceptado:** 30 de noviembre de 2015

# Patrones de distribución de insectos de escama sobre cuatro especies del arbolado urbano de Bogotá, Colombia

## Distribution patterns of scale insects on four species of the tree-lined urban of Bogotá, Colombia

### *Padrões de distribuição de insetos de escama sobre quatro espécies de arborização urbana de Bogotá, Colômbia*

**<sup>1</sup>Raúl Hernando Posada Almanza**

<sup>1</sup>Biólogo, Magister en Microbiología, Doctor en Ciencias – Ecología

<sup>1</sup>Dirección de Investigación. Zenkinoko SAS, Diagonal 151b 136A-75 Cs93. – Bogotá, Colombia.

<sup>1</sup>raulposada@hotmail.com

### Resumen

Ciertas grandes ciudades llevan a cabo programas de aforestación en un intento de solucionar problemas relacionados con la polución. Esta incorporación de árboles y arbustos ha abierto las puertas a la incorporación de insectos de escama con patrones de distribución y densidad que dependen de múltiples factores. Esta investigación evaluó los patrones de distribución de insectos de escama sobre cuatro especies arbóreas usadas en la aforestación de la zona urbana de Bogotá, Colombia. La presencia y densidad de insectos de escama en árboles georeferenciados fue valorada y variados análisis geoestadísticos fueron realizados para describir su presencia y densidad como función de la distancia entre árboles. En general, los insectos de escama estuvieron distribuidos en áreas con altas densidades. Una distribución no azarosa fue evidente a una escala más detallada, con insectos presentes en pequeños grupos. Sin embargo, se encontraron insectos de escama sobre *Ficus soatensis* que presentaron una distribución completamente azarosa. El estudio de los patrones de distribución de insectos de escama en condiciones urbanas, en conjunto con estudios complementarios,

puede contribuir a entender su respuesta a ambientes multifactoriales y provee datos valiosos para usar en el manejo de plagas.

**Palabras clave:** *Croton bogotensis*, *Eugenia myrtifolia*, *Ficus soatensis*, plagas, *Schinus molle*, distribución espacial.

### Abstract

Certain large cities are carrying out programs of afforestation in an attempt to solve problems related to pollution. This incorporation of trees and shrubs has opened the doors to the incorporation of scale insects with patterns of distribution and density that is dependent on many factors. This research evaluated the distribution patterns of scale insects on four tree species used in afforestation in the urban area of Bogota, Colombia. The presence and density of scale insects in trees georeferenced was valued and varied geostatistical analysis were made to describe its presence and density as a function of the distance between trees. In general, the scale insects were distributed in areas with high densities. A distribution

not random was evident at a more detailed scale, with insects present in small groups. However, were no scale insects on *Ficus soatensis* that presented a completely random distribution. The study of the patterns of distribution of scale insects in urban conditions, in conjunction with complementary studies, can contribute to understand your reply to environments multifactorial and provides valuable data for use in the management of pests.

**Key-words:** *Croton bogotensis*, *Eugenia myrtifolia*, *Ficus soatensis*, pest, *Schinus molle*, spatial distribution.

### Resumo

Algumas grandes cidades organizam programas de arborização com a finalidade de resolver problemas relacionados com a poluição. Essa incorporação da árvores e arbustos tem abrido as portas a chegada de insetos escama com padrões de distribuição e

densidade que depende de múltiplos fatores. Este estudo avaliou padrões de distribuição de insetos de escama sobre quatro espécies arbóreas usadas na arborização de Bogotá, Colômbia. A presença e densidade de insetos de escama foram distribuídas em áreas de altas densidades. Uma distribuição que não foi ao acaso foi evidente em escala mais detalhada, com insetos presente em grupos pequenos. No entanto, encontraram-se insetos de escama sobre *Ficus soatensis* que apresentaram uma distribuição completamente ao acaso. O estudo de padrões de distribuição de insetos de escama em condições urbanas, em conjunto com estudos complementários, pode ajudar a entender sua resposta a ambientes multifatoriais e prover dados valiosos para usar no manejo de pragas.

**Palavras-chave:** *Croton bogotensis*, *Eugenia myrtifolia*, *Ficus soatensis*, Pragas, *Schinus molle*, Distribuição espacial.

## Introducción

El triángulo de enfermedades en plantas constituye uno de los paradigmas en la patología vegetal; por ejemplo, la presencia de una enfermedad causada por un agente biológico requiere de la interacción de un hospedero susceptible, un patógeno virulento y un ambiente favorable para el desarrollo de la enfermedad (Francl, 2001). Estos factores convergen en ciudades como Bogotá, que llevan a cabo programas de aforestación, donde la incorporación de plantas, estresores ambientales (Agris, 2005; Dhingra & Sinclair, 1995) y la abundancia de plagas potenciales con baja especificidad de hospedero (Marcano, Nienstaedt, Longa & Malpica, 2006) proveen las condiciones apropiadas para la expresión de enfermedades. De otra parte, pero estrechamente relacionado, muchos insectos de escama tales como escamas de cera, escamas de tortuga, o cochinillas, son importantes como plagas de cosechas agrícolas que pueden dañar o matar las plantas por la reducción de los contenidos de sabia, la inyección de toxinas, transmitiendo virus (Fuchs, Marsella-Herrick, Loeb, Martinson & Hoch, 2009; Martelli &

Candresse, 2010; Retuerto, Fernandez-Lema, Rodríguez, & Obeso, 2004; Vu, Eastwood, Nguyen & Pham, 2006) o excretando gotas de miel en la superficie foliar (Becerra, González, Herrera & Miano, 2006; Lampson & Morse, 1993) a las cuales se puede adherir material particulado, obstruyendo y reduciendo las capacidades fotosintéticas de muchas especies (Graz, Garnernt & Johnson, 2003; Ramos-Montaña, 2012). Los insectos de escama ayudan a la dispersión de la fumagina y realzan los efectos adversos de éstas en las plantas, p.ej. árboles de guayaba o mango en Egipto (Abd-Rabou, Badary & Ahmed, 2012), o *Phyllica arborea*, donde *Coccus* sp en asociación con la fumagina *Seiridium phyllicae*, reducen significativamente la producción de frutos de *Phyllica* (Ryan, Ortmann & Herian, 2014). En ambientes urbanos, las cochinillas producen efectos que son similares a aquellos observados en cultivos comerciales (Hugh & Cowles, 2009) y pueden ser un problema considerable, p.ej., cuando funcionan como agentes retardantes del crecimiento (Speight, Hails, Gilbert & Foggo, 1998).

Los insectos de escama son pequeños insectos del orden Hemiptera, suborden Sternorrhyncha. Ellos comprenden la superfamilia Coccoidea, la cual fue previamente encontrada en el hoy obsoleto grupo llamado “Homóptera”. Los Coccidae son la familia de insectos de escama pertenecientes a la superfamilia Coccoidea. Son comúnmente conocidos como escamas suaves, escamas de cera o escamas de Tortuga, e incluye los géneros Ceroplastes, Saissetia, Pulvinaria y Toumeyella. Los Pseudococcidae son una familia de insectos de escama que también pertenecen a la superfamilia Coccoidea. Pseudococcus y Colombiacoccus son géneros de cochinillas sin armadura dentro de esta familia y son comúnmente conocidos como piojos harinosos (Zamora, Martínez, Guerrero, Fuentes-Guerra & Hernández, 2015). En Bogotá, varias especies de árboles y arbustos han sido usados para aforestar la ciudad; estas especies son afectados por plagas no específicas, incluidas algunos insectos de escamas (Agris, 2005; Vurro, Bonciani & Vannacci, 2010). Estas especies de hospederos incluyen: Sangregado (*Croton bogotensis*) Cuatrec, el cual no ha sido previamente reportado como afectado por cochinillas o insectos de escama, y Eugenia (*Eugenia myrtifolia*) Salisb., la cual es conocida por ser afectada por *Colombiacoccus* sp., *Pseudococcus* sp. y *Saissetia* spp. (Mahecha Vega et al., 2010). También está incluido en el programa de aforestación de Bogotá el Caucho sabanero (*Ficus soatensis*) Dugand, una especie con alta tolerancia a la contaminación ambiental, pero con presencia reportada de *Pseudococcus* spp. (Posada & Forigua Acosta, 2008), *Pulvinaria psidi* Mask, *Toumeyella* sp. y *Ceroplastes* sp. (Mahecha Vega et al., 2010), también la planta medicinal denominada falso pimiento (*Schinus molle*) (Schmidt et al., 2009), la cual es afectada por *C. cundinamarcensis* Mosquera, *C. bicolor* Hempel, *Saissetia coffeae* (Walker) y *S. oleae* Bern (Avila-Olesen, 2007; Mahecha Vega et al., 2010).

Adicional a la presencia de todos los elementos del triángulo de enfermedades en vegetales, muchos factores ambientales convergen en ciudades como Bogotá: a presencia de múltiples hospederos potenciales, condiciones climáticas, calentamiento urbano, flujos de aire, contaminación, fluctuaciones

diarias, entre otros (Hanks & Denno, 1993; Marcano et al., 2006; Meineke, Dunn, Sexton, & Frank, 2013; Posada & Ramos-Montaño, 2012; Yingping, Xianqian, Jingping & Min, 1995) los cuales pueden influir en la incidencia y severidad de plagas y enfermedades, los cuales también pueden contribuir a su dispersión y distribución. Trabajando con *F. soatensis*, *C. bogotensis*, *E. myrtifolia*, *Sambucus peruviana* y *S. molle*, Posada y Ramos-Montaño (2012) mostraron como la densidad de insectos de escama estuvo relacionada a la precipitación local promedio y describieron diferencias en los patrones de preferencia de hospederos. En el mencionado estudio, la incidencia de insectos de escama en *C. bogotensis* fue inferior en áreas con precipitaciones inferiores a 600 mm/año, mientras en *F. soatensis* la incidencia fue inferior en áreas con precipitación entre 600-800 mm/año; en *C. bogotensis*, no hubo un patrón claro de severidad de plagas y enfermedades relacionado con las lluvias, mientras en *F. soatensis* la más alta incidencia de cóccidos estuvo directamente relacionada a la severidad de infestación. Esto demuestra la imposibilidad de generalizar como la distribución de los insectos de escama puede estar asociada de una manera específica y particular solamente a las condiciones de lluvia y también resalta la necesidad de investigaciones adicionales. Otros reportes en cóccidos, proveídos por instituciones gubernamentales en Bogotá, están limitados a la descripción de la presencia, nuevas especies, mecanismos de control implementados y reportes anuales de actividades, mientras existe una ausencia de investigaciones enfocadas a la evaluación del efecto de factores ambientales en este grupo de insectos.

Uno de los factores que determinan la dispersión de los insectos es la proximidad a los focos (en este caso los árboles con alta abundancia de la plaga), tomando en cuenta la presencia de diferentes árboles hospederos con diferentes grados de afectación a través de la ciudad. Es necesario iniciar identificando cómo la distribución de los hospederos afectados se relaciona con los patrones de distribución de insectos de escama tanto para una simple especie arbórea como para sistemas complejos de especies arbóreas, con el objeto de diseñar planes

de manejo de plagas apropiados o estrategias de aforestación. Dentro de un área de influencia, los insectos plaga pueden estar distribuidos homogéneamente -al azar- o presentarse de forma agrupada (Sharov & Liebhold, 1998; Wells, 1991).

En la presente investigación, los patrones de distribución de la presencia y severidad de insectos de escama fueron evaluados en cuatro especies del arbolado de Bogotá para determinar si la presencia y severidad de estas plagas están en función de la distancia entre árboles y su distribución. Los datos generados pueden indicar la influencia de la distribución de árboles en la infestación por insectos de escama y determinar la distancia mínima requerida entre potenciales hospederos individuales (solos o en una mezcla de especies) para minimizar la presencia y densidad de insectos de escama y así mejorar los sistemas de aforestación y la eficiencia de los programas de manejo de plagas. Específicamente se plantearon dos hipótesis: 1) la presencia de insectos de escama está asociada en un patrón agrupado a los hospederos potenciales en Bogotá, y 2) las plantas con altas densidades de insectos de escama estarán localizadas a distancias cortas de otros árboles altamente afectados, mientras aquellos con bajas densidades de infestación estarán distribuidas azarosamente a lo largo de la ciudad.

## Materiales y métodos

### Selección de especies vegetales

Esta investigación fue realizada en la ciudad de Bogotá, Colombia, la cual está rodeada por los municipios de Chía, Cota, Funza, Mosquera, Soacha, Cáqueza, Chipaque y La Calera (Figura 1). Situada entre 4°48'1.39" - 4°28'52.23"N y 74°0'44.29"-74°14'58.02" E; a 2640 msnm, con una temperatura promedio anual de 14°C, y con dos periodos de lluvias separados por dos periodos secos y una población de aproximadamente 9,5 millones de habitantes. Para la selección de especies arbóreas, se filtró la lista de especies usadas para aforestar Bogotá, los mapas de su distribución en la ciudad y los registros de árboles con la más alta presencia de insectos de escama, las dos primeras fuentes fueron

proveídas por la subdirección técnica y la última por la subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBJCM). Fueron seleccionados *C. bogotensis*, *E. myrtifolia*, *F. soatensis* y *S. molle* como especies arbóreas más importantes para evaluación, dada su abundancia, amplia distribución en la ciudad y la alta presencia registrada de insectos de escama.



Figura 1. Localización del área de estudio.

### Evaluación de la presencia y densidad de insectos de escama en árboles

Los mapas viales de Bogotá y de distribución de árboles fueron superpuestos usando el software ArcView GIS 3.2 – 1999, de forma que se seleccionaron las rutas apropiadas y los sitios de muestreo para cubrir las mayores áreas posibles. Treinta y dos rutas de campo en zonas públicas fueron cubiertas, evaluando: 1) la presencia o ausencia de insectos de escama en cada árbol seleccionado, 2) la severidad y densidad de infestación, por medio de la observación periférica de la proporción de cada árbol cubierto por los insectos, y 3) las coordenadas espaciales con GPS.

### Estadística y análisis de datos

Para evaluar los patrones de la distribución espacial de los insectos de escama en Bogotá, se emplearon análisis geoestadísticos que no requirieron representación espacial, tales como el proceso de saturación de Geyer, la función J y el proceso E, los cuales pueden proveer una amplia descripción del sistema. Primero que todo fue necesario determinar si los árboles sanos e infestados estaban mezclados o separados; para esto, cada árbol individual fue clasificado en dos categorías o marcas (“Si” o “No”) de acuerdo a la presencia o ausencia de insectos de escama, respectivamente. Para evaluar si los árboles sanos y aquellos con insectos de escama estaban mezclados o separados, se calculó el valor Gamma para el proceso de saturación de Geyer (modelo de interacción de pares, proveniente de un conjunto de datos bivariado – “si, no”) (Aryal, 2011). Los valores de Gamma < 1 describen un patrón “ordenado” o “inhibidor” e indica que los árboles sanos están separados de los enfermos, mientras valores de Gamma > 1 indican un patrón “interactivo”, o la presencia de una mezcla de individuos sanos y enfermos (Baddeley, 2010).

Para explorar la primera hipótesis, se realizó una prueba de etiquetado aleatorio para cada especie individual y para el grupo comprendiendo todas las especies en estudio. Esta prueba asigna locaciones como puntos fijos (en este caso árboles) y re-muestra las marcas (sí o no) azarosamente en  $n$  simulaciones (50 en este caso), posteriormente compara los resultados con las marcas reales y gráficamente muestra si las categorías corresponden o no a un patrón azaroso para diferentes distancias entre árboles. En este caso, la función J fue usada para construir la prueba de etiquetado aleatorio (Baddeley, 2010). En el resultado gráfico, el eje-x corresponde a la distancia entre árboles y el eje-y es el resultado de la función J ( $J_{si(r)} - J_{(r)}$ ), relativa a la presencia de individuos con una marca específica (presencia de plaga “ $J_{si(r)}$ ”) comparada con aquellos de una marca diferente (ausencia de plaga “ $J_{(r)}$ ”).

Para confirmar la segunda hipótesis, se usó la prueba de promedio condicional  $E(r)$ , para elementos marcados propuesta por (Schlather, Ribeiro, &

Diggle 2004). Esta prueba realiza un diagnóstico de dependencia entre puntos y marcas (en este caso árboles y la densidad de insectos de escama). Esta función compara el promedio de la densidad de insectos de escama con la densidad asignada a un punto al azar (árbol) dado que otro árbol existe a una distancia  $r$  del primero (Baddeley, 2010). En este caso,  $E(r)$  muestra si la densidad de insectos de escama es más alta o baja (curva continua) que el promedio (línea punteada). Dada una distancia  $r$  entre árboles, esta línea continua debe ser constante (línea recta) si el punto y la marca son independientes (densidad de insectos de escama independiente de la distancia entre árboles). Esta prueba fue diseñada para procesos estacionarios (especialmente homogéneos) y una corrección para procesos no estacionarios no ha sido desarrollada. Todos los análisis fueron realizados con el programa Spatsat Ver 1.27-0, para especies individuales y para los datos de todas las especies arbóreas en conjunto.

Finalmente, para visualizar la situación real, la distribución espacial de la severidad de infestación de insectos de escama fue analizada usando el valor porcentual de infestación por árbol individual. Los árboles y sus valores asociados de densidad de insectos de escama fueron proyectados en mapas de Bogotá para cada especie arbórea y para el grupo de todas las especies, usando el software Arc-Map 9.0 (ESRI) – 2006. Esta permite la visualización de la presencia de grupos o áreas con densidades particularmente altos o bajos de insectos de escama.

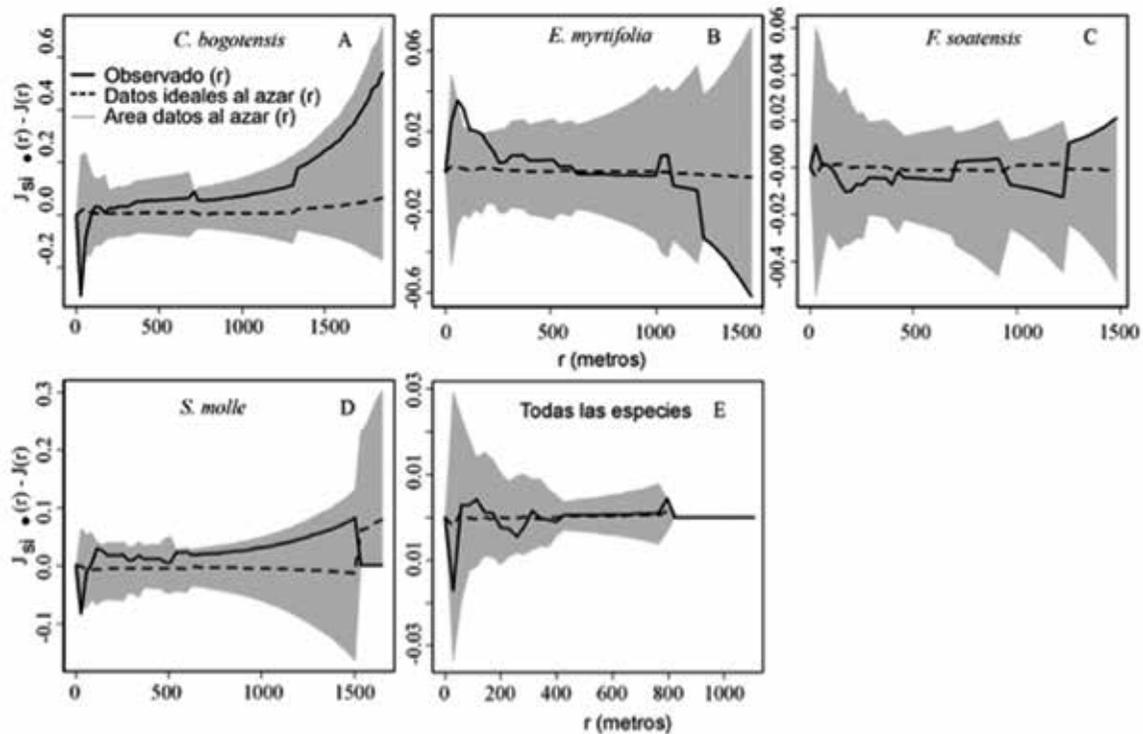
## Resultados

Los insectos de escama fueron encontrados sobre las cuatro especies seleccionadas en el siguiente orden ascendente: 28 individuos de *C. bogotensis* (21% de los árboles muestreados), 211 de *E. myrtifolia* (54%), 95 de *S. molle* (61%) y 140 de *F. soatensis* (69%). La densidad de insectos de escama siguió casi el mismo orden de la presencia: *C. bogotensis* ( $6.20 \pm 1.60\%$ ) < *E. myrtifolia* ( $12.72 \pm 0.85\%$ ) < *F. soatensis* ( $16.36 \pm 1.69\%$ ) < *S. molle* ( $25.23 \pm 2.58\%$ ). Con la excepción de *S. molle*, todas las especies evaluadas presentaron un valor Gamma > 1

para distancias  $\leq 200\text{m}$ , indicando la presencia de una mezcla de árboles infestados y sanos, sin importar la distancia entre éstos. Este no fue el caso con *S. molle*, el cual solo presentó una mezcla de arbustos infestados y no infestados a distancias superiores a 5 m.

En la Figura 2, el área gris delimita los intervalos de confianza para datos al azar y la línea continua corresponde a los datos observados para diferentes distancias entre individuos; cuando

la línea continua está por dentro del área gris, la ocurrencia simultánea de dos árboles infestados es un evento al azar a la distancia proyectada en el eje-x. La presencia de insectos de escama en los individuos más cercanos (distancias de hasta aproximadamente 40 m) no fue azarosa en *C. bogotensis* (Figura 2A), *E. myrtifolia* (Figura 2B) y *S. molle* (Figura 2D), mientras las distribución de la presencia de insectos de escama fue al azar en *F. soatensis* y también en el grupo que comprende todas las especies en conjunto (Figura 2E).

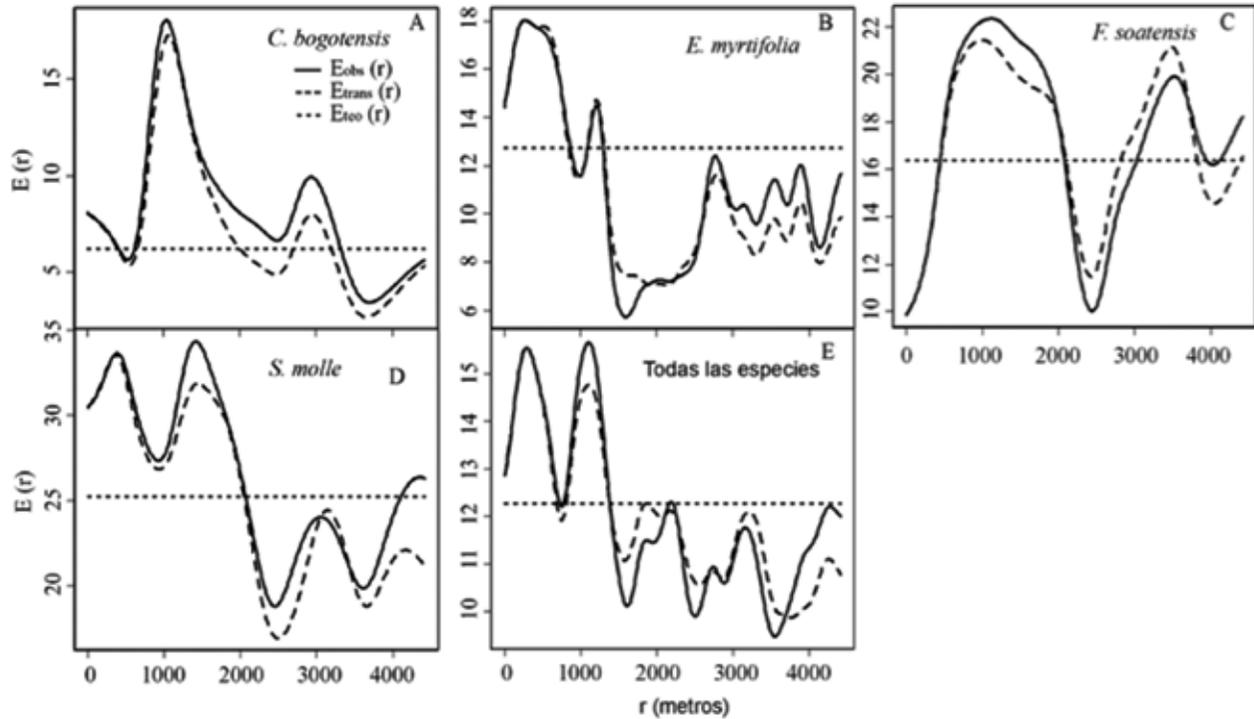


**Figura 2.** Prueba de etiquetado al azar para la presencia de insectos de escama sobre *C. bogotensis* (A), *E. myrtifolia* (B), *F. soatensis* (C), *S. molle* (D) y un grupo que comprende todas las especies en conjunto (E).

El eje-x corresponde a las distancias entre árboles y el eje-y explica la presencia de individuos con una marca específica (presencia de plaga) comparada con aquellos con una marca diferente (ausencia de plaga).

La distancia entre árboles afectó la densidad de insectos de escamas de una manera negativa; la proximidad entre árboles contribuye a incrementar la densidad de insectos de escama a diferentes distancias

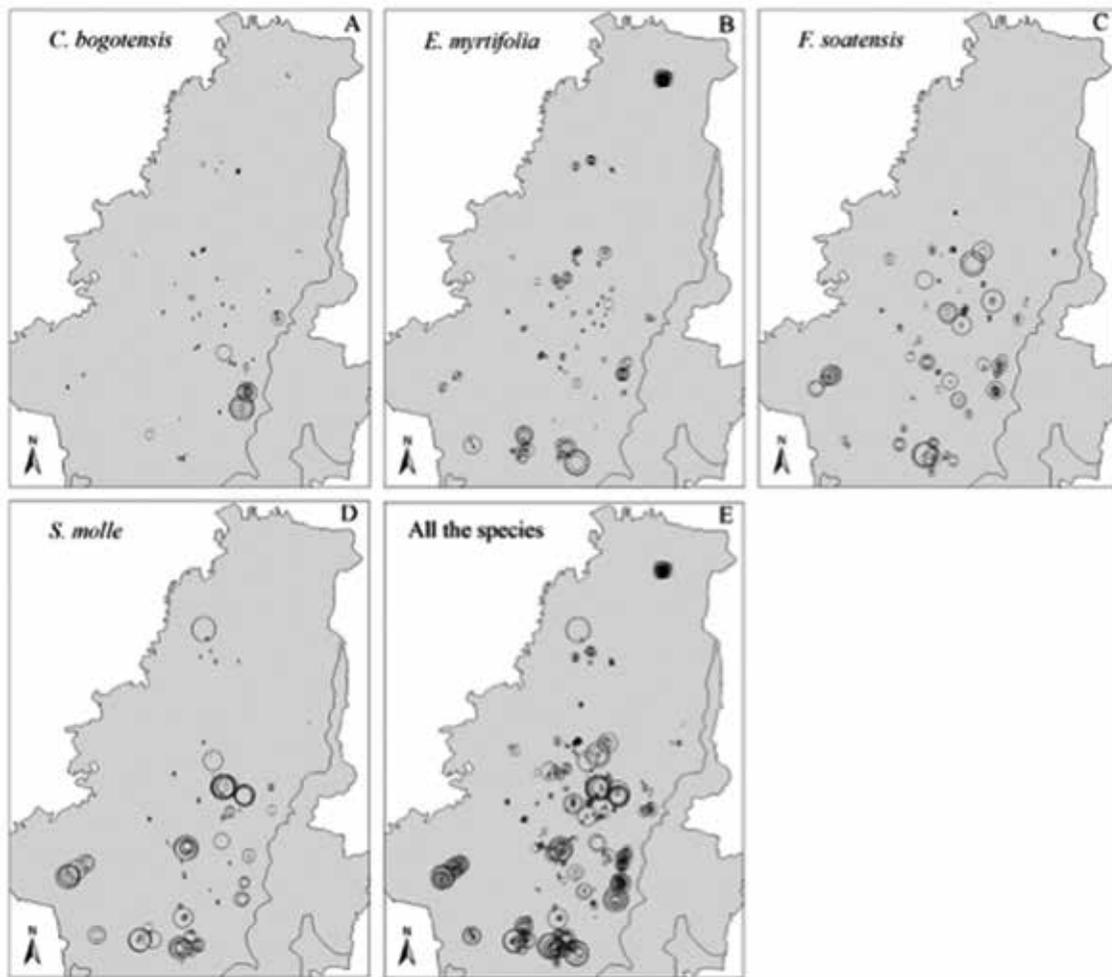
de acuerdo a la especie arbórea, en *C. bogotensis* (prom. 6, incrementó hasta 8% a distancias de hasta 300m Figura 3A), *E. myrtifolia* (prom. 13, hasta 18% dentro de 500 m, Figura 3B), *S. molle* (prom. 25, hasta 33% dentro de 1900 m, Figura 3D) y en el grupo que comprende todas las especies (prom. 12.2, hasta 16% dentro de 500 m, Figura 3E); mientras que en los árboles de *F. soatensis* se mantiene la densidad de insectos de escama debajo del promedio a distancias inferiores a 300 m (hasta un 7% menos, Figura 3C).



**Figura 3.** Diagnóstico de dependencia ( $E_{mark}$ ) entre los puntos (árboles) y las marcas (densidad de insectos de escama) sobre *C. bogotensis* (A), *E. myrtifolia* (B), *F. soatensis* (C), *S. molle* (D) y el grupo que comprende todas las especies (E), para diferentes distancias entre individuos. El eje-x corresponde a la distancia entre árboles mientras el eje-y ( $E(r)$ ) es el promedio del valor de la marca (densidad de insectos de escama) unido a un punto al azar, donde  $E_{teo}$  corresponde al promedio de todas las marcas,  $E_{trans}$  corresponde a la  $E_{mark}$  transformada a cada distancia ( $r$ ) y  $E_{obs}$  corresponde a la  $E_{mark}$  observada para los datos a cada distancia ( $r$ ).

Aunque los árboles estén distribuidos por toda la ciudad, las más altas densidades de insectos de escama están en focos que dependen de la especie de árbol hospedero. En *C. bogotensis*, las mayores densidades de insectos de escama fueron encontradas hacia la zona sudeste de la ciudad (Figura 4A), mientras en *E. myrtifolia* estos estuvieron localizados en la zona noreste y sureste, con bajas severidades de infestación en el centro de la ciudad (Figura 4B). En *F.*

*soatensis*, altas densidades estuvieron distribuidas homogéneamente a lo largo de la ciudad (Figura 4C), mientras en *S. molle*, cinco grupos de alta densidad fueron observados, cada uno rodeado de arbustos con bajas densidades de insectos de escama (Figura 4D). Finalmente, agrupando todas las especies arbóreas, los individuos con altas y bajas densidades de insectos de escama estuvieron mezclados en toda la ciudad (Figura 4E).



**Figura 4.** Distribución espacial de la densidad de insectos de escama para *C. bogotensis* (A), *E. myrtifolia* (B), *F. soatensis* (C), *S. molle* (D) y el grupo que comprende todas las especies en conjunto (E) en la zona urbana de Bogotá, Colombia. Cada punto en el esquema corresponde a un círculo, cuyo diámetro es directamente proporcional a la severidad de infestación de insectos de escama.

## Discusión

El uso de diferentes especies arbóreas y arbustivas en la aforestación urbana de Bogotá (Mahecha Vega *et al.*, 2010) recuerda a un policultivo, donde la organización heterogénea de la ciudad, sus parques, avenidas, jardines y áreas disponibles para la siembra de árboles, dictan una distribución poco homogénea en los esquemas de aforestación. Adicionalmente, la alta variabilidad en las condiciones edáficas y ambientales que existen en las ciudades, por ejemplo, patrones de lluvia (Posada & Ramos-Montaña, 2012) y pequeñas diferencias locales en temperatura (Meineke *et al.*, 2013), pueden influir en la presencia de insectos de escama.

Lo anterior, en conjunto con la amplia variabilidad genética y rango de edades dentro de cada especie de árboles plantados, asociados con una adaptación local de insectos de escama a hospederos específicos (Hanks & Denno, 1994) y las relaciones hídricas de las plantas (Hanks & Denno, 1993), pueden explicar el por qué algunos árboles y arbustos presentan infestación por insectos de escama, mientras otros son sanos a distancias superiores a 5 m. Debido a su pequeño diámetro *E. myrtifolia* y *S. molle* pueden ser sembrados a distancias cortas, pero solo *S. molle* mostró una clara separación entre árboles con o sin insectos de escama a distancias  $\leq 5$  m; esto puede estar relacionado con la heterogeneidad edáfica encontrada a distancias cortas

(Jaimes & Arellano G, 1998; Jin & Jiang, 2002) y a las relaciones entre las condiciones nutricionales del suelo y la producción de compuestos de defensa (Awmack & Leather, 2002; Mandzak & Moore, 1994) por parte de esta especie medicinal.

Solo sobre *F. soatensis* se presentó una distribución azarosa de los insectos (Figura 2C); *C. bogotensis*, *E. myrtifolia* y *S. molle* (Figuras 2A, B y D) fueron afectados principalmente en áreas de hasta 40 m. Esto puede estar relacionado a la densidad de insectos de escama, dado que árboles de la misma especie vegetal, *E. myrtifolia*, *S. molle* (Figuras 3B y D, Figuras 4B y D) y en una menor medida, *C. bogotensis* (Figuras 3A y 4A) presentaron densidades de insectos de escama superiores al promedio a distancias  $\leq 40$ m. Este resultado indica que los insectos de escama tienen una tendencia a afectar, y tener las mayores densidades en árboles cercanos de *S. molle* > *E. myrtifolia* > *C. bogotensis*. Esta observación concuerda con los patrones de dispersión encontrados para insectos de escama a partir de centros de infestación tales como árboles altamente infestados, entre otros hospederos (Hoelscher, 1967; Lampson & Morse, 1993) y también puede ser el resultado de una palatabilidad reducida en *C. bogotensis*, posiblemente asociada a la presencia de compuestos oleosos (Nuñez-Arévalo, Moreno-Murillo, Quijano-Celis, & Pino, 2010; Quevedo, Nuñez, & Moreno Murillo, 2007), tricomas en el género (González Ramírez & Poveda Álvarez, 2003; Martínez Gordillo & Espinosa Matias, 2005) o la presencia de látex (Murillo-A, 2004).

La baja especificidad de los insectos de escama, en términos de plantas hospederas y condiciones ambientales (Posada & Ramos-Montaño, 2012; Raupp, Shrewsbury, & Herms, 2010; Speight et al., 1998), facilita su amplia dispersión y explica su distribución azarosa sobre *F. soatensis* (Figura 2C); sin embargo, la densidad de insectos de escama es baja en los árboles de *F. soatensis* más cercanos (Figuras 3C y 4C), sugiriendo un mecanismo de evasión o repulsión entre árboles cercanos. Es posible que este mecanismo pueda estar asociado con una respuesta denso-dependiente (Bohan et al., 2000; Magura, Lövei & Tóthmérész,

2008; Sotherton, 1985), o puede ser producto de actividades de control antrópicas en respuesta a altas densidades de insectos de escama, ya que *F. soatensis* es una de las especies arbóreas más abundantes y ampliamente distribuidas en la ciudad, y con altos valores de presencia y densidad de insectos de escama.

Desde un punto de vista global, reuniendo los datos de las cuatro especies arbóreas, la presencia de insectos de escama en la ciudad se ajusta a una distribución azarosa (Figura 2E). Esto concuerda con las observaciones de O'Rourke y Jones (O'Rourke & Jones, 2011), quienes declaran que la distancia de dispersión no es un factor importante en la regulación de densidades de plagas de insectos altamente dispersivos en paisajes agrícolas. En este caso, sin embargo, la observación detallada en ambientes urbanos indica que la presencia de tales insectos es un fenómeno dependiente de la distancia (no azaroso); los árboles más cercanos (distancias de hasta 40 m) de *C. bogotensis*, *E. myrtifolia* y *S. molle* muestran una presencia de insectos de escama y quizás la transferencia directa entre estas especies.

Adicionalmente, la densidad de insectos de escama tiende a ser más alta a distancias cortas (hasta aproximadamente 800 m, Figura 3E) comparada con árboles más distantes, indicando una relación inversa entre la distancia entre árboles, la incidencia y severidad de insectos de escama de los árboles de las especies indicadas, en donde se cuenta con grandes áreas con densidades de insectos de escama por encima del promedio (Figura 4E) y sugieren la presencia de condiciones tales como zonas calientes (Meineke et al., 2013) o valores de precipitación media (Posada & Ramos-Montaño, 2012) que son favorables para el desarrollo de altas densidades de insectos de escama (Wang, Li, Hu, Wu & Qi, 2009) lo cual se encuentra más allá de los objetivos del presente estudio. Excepciones en distribución de insectos de escama tales como sobre *F. soatensis* sugieren que la presencia de éstos en Bogotá se encuentra al azar (Figura 2C) lo cual hace del tratamiento de plagas, un problema más difícil de resolver.

## Conclusiones

Los insectos de escama afectan los árboles de Bogotá y están distribuidos en grandes áreas con densidades sobre el promedio; este patrón está definido como un arreglo de pequeños grupos en la mayoría de las especies arbóreas seleccionadas. En insectos de escama, este patrón puede estar asociado con la introducción de hospederos potenciales (árboles) en ambientes urbanos, donde cada especie de árbol o arbusto puede presentar su propia susceptibilidad o a un comportamiento completamente contrastante al patrón general, p. ej. *F. soatensis*.

El conocimiento de los patrones de distribución de insectos de escama puede contribuir al entendimiento de su dinámica en respuesta a ambientes multi-factoriales que, en conjunto con estudios ambientales específicos y culturales, pueden asistir para el apropiado manejo de esta plaga por parte de los tomadores de decisiones. La distribución de insectos de escama no es azarosa; los focos están localizados cerca de hospederos preferidos, posiblemente en zonas calientes influenciadas con una precipitación promedio favorable que facilita la abundancia de estos insectos.

Dada la amplia distribución de los insectos de escama en la ciudad, es altamente recomendado realizar manejo de plagas de forma directa en áreas con especies arbóreas con altas densidades de plagas, tales como *Eugenia myrtifolia*, *Schinus molle* y *Croton bogotensis*.

## Agradecimientos

El autor agradece a la subdirección científica y técnica del Jardín Botánico de Bogotá, José Celestino Mutis por su apoyo con los mapas y rutas para poder realizar la presente investigación.

## Literatura Citada

1. Abd-Rabou, S., Badary, H. & Ahmed, N. (2012). Control measures of two soft scale insects (Hemiptera: Coccidae) infesting guava and mango trees in Egypt. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 65(1), 55–61. doi:10.1016/j.jobaz.2012.04.003
2. Agrios, G. N. (2005). Plant pathology (5a Ed.). San Diego: Elsevier Academic Press.
3. Aryal, N. R. (2011). Point Pattern Analysis. The University of York UK.
4. Avila-Olesen, G. A. (2007). Evaluación física y espacial de los principales problemas sanitarios del arbolado del parque metropolitano de Santiago - Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias forestales. Recuperado de: [http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/avila\\_g/sources/avila\\_g.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/avila_g/sources/avila_g.pdf)
5. Awmack, C. S. & Leather, S. R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 817–44. doi:10.1146/annurev.ento.47.091201.145300
6. Baddeley, A. (2010). Analysing spatial point patterns in R. Perth.
7. Becerra, V., González, M., Herrera, M. E. & Miano, J. L. (2006). Dinámica poblacional de *Planococcus ficus* Sign. *Revista FCA UNCuyo*, 38(1), 1–6.
8. Bohan, D. A., Bohan, A. C., Glen, D. M., Symondson, W. O. C., Wiltshire, C. W. & Hughes, L. (2000). Spatial dynamics of predation by carabid beetles on slugs. *Journal of Animal Ecology*, 69(3), 367–379. doi:10.1046/j.1365-2656.2000.00399.x
9. Dhingra, O. D. & Sinclair, J. B. (1995). Basic plant pathology methods (Second edi.). Lewis publishers.
10. Francl, L. J. (2001). The Disease Triangle: A Plant Pathological Paradigm Revisited. *The Plant Health Instructor*. doi:10.1094/PHI-T-2001-0517-01
11. Fuchs, M., Marsella-Herrick, P., Loeb, G. M., Martinson, T. E. & Hoch, H. C. (2009). Diversity of ampeloviruses in mealybug and soft scale vectors and in grapevine hosts from leafroll-affected vineyards. *Phytopathology*, 99(10), 1177–84. doi:10.1094/PHYTO-99-10-1177
12. González Ramírez, J. & Poveda Álvarez, L. (2003). Dos nuevas especies de *Croton* (Euphorbiaceae) en el neotrópico. *Lankesteriana*, 8(3), 7–12.
13. Grantz, D. A., Garner, J. H. B. & Johnson, D. W. (2003). Ecological effects of particulate matter. *Environment International*, 29(2-3), 213–39. doi:10.1016/S0160-4120(02)00181-2
14. Hanks, L. M. & Denno, R. F. (1993). Natural enemies and plant water relations influence the distribution of an armored scale insect. *Ecology*, 74(4), 1081–1091.
15. Hanks, L. M., & Denno, R. F. (1994). Local adaptation in the armored scale insect *Pseudaulacapsis pentagona* (Homoptera: Diaspididae). *Ecology*, 75(8), 2301–2310.

16. Hoelscher, C. E. (1967). Wind dispersal of brown soft scale crawlers, *Coccus hesperidum* (Homoptera: Coccidae), and Texas citrus mites, *Eutetranychus banksi* (Acarina: Tetranychidae) from Texas citrus. *Annals of the Entomological Society of America*, 60(3), 673–678.
17. Hugh, S. & Cowles, R. (2009). Scale Insect Pests of Connecticut Trees and Ornamentals. University of Connecticut, Integrated Pest Management. Recuperado de: [http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/fact\\_sheets/entomology/scale\\_insect\\_pests\\_of\\_connecticut\\_trees\\_and\\_ornamentals.pdf](http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/fact_sheets/entomology/scale_insect_pests_of_connecticut_trees_and_ornamentals.pdf)
18. Jaimes, E. & Arellano G, R. (1998). Homogeneidad edáfica relacionada con la biomasa herbácea. Subcuenca baja del río Castan, Estado Trujillo, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 48(3), 305–333. Recuperado de: [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/AgronomiaTropical/at4803/arti/jaimes\\_e.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/AgronomiaTropical/at4803/arti/jaimes_e.htm)
19. Jin, J. & Jiang, C. (2002). Spatial variability of soil nutrients and site-specific nutrient management in the P.R. China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2-3), 165–172. doi:10.1016/S0168-1699(02)00099-6
20. Lampson, L. J. & Morse, J. G. (1993). Impact of insect growth regulators on black scale, *Saissetia oleae* (Olivier)(Homoptera:Coccidae) and inter-tree dispersal. *Journal of Agricultural Entomology*, 9(3), 199–210.
21. Magura, T., Lövei, G. L. & Tóthmérész, B. (2008). Time-consistent rearrangement of carabid beetle assemblages by an urbanisation gradient in Hungary. *Acta Oecologica*, 34(2), 233–243. doi:10.1016/j.actao.2008.05.010.
22. Mahecha Vega, G. E., Sánchez Hurtado, F., Chaparro Guerra, J. A., Cadena Carreño, H. G., Tovar Corzo, G., Villota Ojeda, L. A., ... Quintero, M. A. (2010). Arbolado urbano de Bogotá. Identificación, descripción y bases para su manejo. (Primera ed.). Bogotá - Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, SDA - Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Recuperado de: [http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/Arbolado\\_Urbano\\_Bogota/Arbolado1.pdf](http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/Arbolado_Urbano_Bogota/Arbolado1.pdf)
23. Mandzak, J. M. & Moore, J. A. (1994). The role of nutrition in the health of inland western forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 2(1-2), 191–210. doi:10.1300/J091v02n01\_09
24. Marcano, R., Nienstaedt, B., Longa, S., & Malpica, T. (2006). Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo, fecundidad y fertilidad de la cochinilla rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Green), (Hemiptera: Pseudococcidae). *Entomotropica*, 21(1), 19–22.
25. Martelli, G. P., & Candresse, T. (2010). *Closteroviridae - Encyclopedia of Life Sciences*. New York: John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9780470015902.a0000747.pub2.
26. Martínez Gordillo, M. & Espinosa Matias, S. (2005). Tricomias foliares de *Croton* sección *Barhamia* (Euphorbiaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 72, 39–51.
27. Meineke, E. K., Dunn, R. R., Sexton, J. O. & Frank, S. D. (2013). Urban warming drives insect pest abundance on street trees. *PLoS One*, 8(3), e59687. doi:10.1371/journal.pone.0059687
28. Murillo-A, J. (2004). Las Euphorbiaceae de Colombia. *Biota Colombiana*, 5(2), 183–200.
29. Nuñez-Arévalo, L., Moreno-Murillo, B., Quijano-Celis, C. E. & Pino, J. A. (2010). Composition of the essential oil from leaves of *Croton bogotanus* Cuatrec Grown in Colombia. *Journal of Essential Oil Research*, 22(6), 486–487. doi:10.1080/10412905.2010.9700378
30. O'Rourke, M. E. & Jones, L. E. (2011). Analysis of landscape-scale insect pest dynamics and pesticide use: an empirical and modeling study. *Ecological Applications*, 21(8), 3199–3210. doi:10.1890/10-1180.1
31. Posada, R. H. & Forigua Acosta, L. (2008). Eficacia de dos hongos entomopatógenos para el control de *Pseudococcus* spp. *Perez Arbelaezia*, 19, 139–149.
32. Posada, R. H. & Ramos-Montaño, C. (2012). Efecto de la precipitación en la distribución de insectos plaga y síntomas de enfermedades en el arbolado urbano de Bogotá. In *Primer congreso latinoamericano de ecología Urbana* (p. 14). Buenos Aires - Argentina: Universidad Nacional de General Sarmiento.
33. Quevedo, R., Nuñez, L. & Moreno Murillo, B. (2007). Contribución al estudio químico y de bioactividad de dos especies nativas: (*Croton bogotanus*. Cuatr. y *Croton funkianus*. Cuatr.) Euphorbiaceae. *Scientia et Technica Año XIII*, 13(33), 391–393.
34. Ramos-Montaño, C. (2012). Flujo vehicular y respuestas eco-fisiológicas del arbolado urbano de Bogotá D.C. In *Primer Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana* (p. 8). Buenos Aires - Argentina: Universidad Nacional de General Sarmiento.
35. Raupp, M. J., Shrewsbury, P. M. & Herms, D. A. (2010). Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. *Annual Review of Entomology*, 55, 19–38. doi:10.1146/annurev-ento-112408-085351
36. Retuerto, R., Fernandez-Lema, B., Rodríguez, R., & Obeso, J. R. (2004). Increased photosynthetic performance in holly trees infested by scale insects. *Functional Ecology*, 18, 664–669.
37. Ryan, P. G., Ortmann, H. E. & Herian, K. (2014). Cascading effects of introduced scale insects on Nesospiza finches at the Tristan da Cunha archipelago. *Biological Conservation*, 176, 48–53. doi:10.1016/j.biocon.2014.05.020
38. Schlather, M., Ribeiro, P. & Diggle, P. (2004). Detecting dependence between marks and locations of marked point processes. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*(66), 79–83.
39. Schmidt, C., Fronza, M., Goettert, M., Geller, F., Luik, S., Flores, E. M., ... Merfort, I. (2009). Biological studies on Brazilian plants used in wound healing. *Journal of Ethnopharmacology*, 122(3), 523–532. doi:10.1016/j.jep.2009.01.022
40. Sharov, A. A. & Liebhold, A. M. (1998). Bioeconomics of managing the spread of exotic pest species with barrier zones. *Ecological Applications*, 8(3), 833–845. doi:10.1890/1051-0761(1998)008[0833:BOMTSO]2.0.CO;2.

41. Sotherton, N. W. (1985). The distribution and abundance of predatory Coleoptera overwintering in field boundaries. *Annals of Applied Biology*, 106(1), 17–21. doi:10.1111/j.1744-7348.1985.tb03089.x
42. Speight, M. R., Hails, R. S., Gilbert, M. & Foggo, A. (1998). Horse chesnut scale (*Pulvinaria regalis*)(Homoptera: Coccidae) and urban host tree environment. *Ecology*, 79(5), 1503–1513.
43. Vu, N. T., Eastwood, R., Nguyen, C. thi & Pham, L. Van. (2006). The fig wax scale *Ceroplastes rusci* (Linnaeus) (Homoptera: Coccidae) in south-east Vietnam: Pest status, life history and biocontrol trials with *Eublemma amabilis* Moore (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomological Research*, 36(4), 196–201.
44. Vurro, M., Bonciani, B. & Vannacci, G. (2010). Emerging infectious diseases of crop plants in developing countries: impact on agriculture and socio-economic consequences. *Food Security*, 2(2), 113–132. doi:10.1007/s12571-010-0062-7
45. Wang, C., Li, D., Hu, Y., Wu, X. & Qi, Y. (2009). Research of spatio-temporal analysis of agricultural pest. *Proceedings of SPIE*, 7492, 74923A–1–74923A–7. doi:10.1117/12.838413
46. Wells, J. D. (1991). *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) has reached the continental United States: review of its biology, pest status, and spread around the world. *Journal of Medical Entomology*, 28(3), 471–473.
47. Yingping, X., Xianquian, L., Jingping, L. & Min, T. (1995). The effect of urban air pollution on populations of *Eulecanium gigantea* (Shinji)(Coccidae) in Taiyuan city, China. *Israel Journal of Entomology*, 29, 165–168.
48. Zamora, J. E. G., Martínez, N. L., Guerrero, M. A., Fuentes-Guerra, J. M. & Hernández, C. A. (2015). *Superfamilia Coccoidea*. *Open Course Ware. Sanidad Vegetal*. Recuperado de: [http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/sanidad-vegetal/Sanidad\\_vegetal/Tema10\\_HTML/page\\_16.htm](http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/sanidad-vegetal/Sanidad_vegetal/Tema10_HTML/page_16.htm).

#### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 13 de octubre de 2015

Aceptado: 03 de noviembre de 2015

# Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia

## Erosivity of the rain in the coffee region of Risaralda, Colombia

### *Erosividade da chuva na região cafeeira do estado de Risaralda, Colômbia*

<sup>1</sup>Luz Adriana Lince Salazar,<sup>2</sup>Wadi Andrey Castaño Castaño,  
<sup>3</sup>Andres Felipe Castro Quintero & <sup>4</sup>Fabio Alexis Torres Angarita

<sup>1</sup>Geóloga, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. <sup>2,3</sup>Ingeniero Agrónomo. <sup>4</sup>Ingeniero Agrónomo, Especialista en Manejo Sostenible del Sistema Suelo-Agua-Planta En El Trópico

<sup>1,2,3,4</sup>Centro Nacional de Investigaciones de Café- CENICAFE. Manizales. Colombia.

<sup>1</sup>luz.lince@cafedecolombia.com, <sup>2</sup>wadi.castano@cafedecolombia.com,  
<sup>3</sup>andres.castro@cafedecolombia.com, <sup>4</sup>fabio.torres@cafedecolombia.com

### Resumen

La erosión hídrica es considerada como el mayor proceso de pérdida de suelo cultivable en el mundo, y se estima que dicha pérdida es de 10 millones ha por año. Con el objetivo de determinar el grado de erosividad y la distribución de las lluvias en la región cafetera del departamento de Risaralda, Colombia, se estudiaron los datos de precipitación diaria de los registros climáticos de 18 estaciones de Cenicafé – FNC, en el período de 1997 a 2011. Se calculó el índice de erosividad anual histórico (R), mediante un modelo validado para la región cafetera central de Colombia, el cual emplea el índice modificado de Fournier (IMF); se calculó la variabilidad temporal de la distribución de las lluvias mediante el índice de concentración de las precipitaciones interanual (ICP). El 93% de las observaciones presentaron IMF mayor a 160, indicando que la región estuvo expuesta a una muy alta erosividad; los valores anuales de R se encontraron entre 6417 y 11762 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>, correspondientes a erosividad moderada a muy alta, y el ICP indicó que la distribución de las precipitaciones es de uniforme a moderadamente estacional,

con valores entre 9,7 y 10,3. La región cafetera del departamento de Risaralda entre los años 1999 y 2011 se vio afectada por una fuerte erosividad, con incrementos en los meses de abril – mayo y octubre – noviembre.

**Palabras clave:** Índice de Fournier, Índice modificado de Fournier, Índice de concentración de las precipitaciones,  $I_{30}$ .

### Abstract

The water erosion is considered as the biggest process of loss of cultivable land in the world and it is estimated that the loss is 10 million ha per year. In order to determine the climatic aggressiveness grade and the rain distribution in the coffee region of Risaralda, Colombia, a study using historic data of daily precipitation recorded in 18 stations at Cenicafé - FNC from 1997 to 2011 was carried out. The index of annual rainfall erosivity (R) was estimated using a validated model for the Central Coffee Region of Colombia, which uses the modified Fournier index

(MFI). The temporary variability of rainfall distribution was also calculated for every year through the index of precipitation concentration (IPC). 93% of the observations presented MFI higher to 160, indicating that the region was exposed to a very high erosivity. The annual values of R were between 6417 and 11762 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>, corresponding to moderate, high and very high erosivity. ICP indicated that the rainfall distribution is uniform to moderately seasonal, with values between 9,7 and 10,3. The coffee region of Risaralda between 1999 and 2011 was affected by a strong climatic aggressiveness, with increases in April to May and October to November.

**Keywords:** Fournier index, modified Fournier index, precipitation concentration index,  $I_{30}$ .

## Resumo

A erosão hídrica considera-se o maior processo de perda de solo cultivável no mundo, e estima-se que a perda é de 10 milhões de hectares por ano. Com o objetivo de determinar o grau de erosividade e distribuição das chuvas na região cafeeira de Risaralda,

Colômbia, foram estudados os dados de precipitação diária dos registros climáticos de 18 estações de Cenicafé-FNC, no período de 1997 a 2011. Foi calculado o índice de erosividade anual histórico (R), usando um modelo que foi validado para a região cafeeira central da Colômbia, ele usa o índice de Fournier modificado (IFM); foi calculada a variabilidade temporal da distribuição das chuvas usando-se o índice de concentração das precipitações interanual (ICP). O 93% das observações apresentaram IFM maior a 160, indicando que a região foi exposta a alta erosividade; os valores anuais de R estiveram entre 6417 e 11762 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>, correspondendo a erosividade moderada para muito alta e o ICP indicou que a distribuição das precipitações é de uniforme a moderadamente estacional, com valores entre 9,7 y 10,3. A região de Risaralda entre 1999 e 2011 foi afetada por uma forte erosividade, incrementando nos meses de abril – maio e outubro – novembro.

**Palavras-chave:** Índice de Fournier, Índice de Fournier modificado, Índice de concentração das precipitações,  $I_{30}$ .

## Introducción

La erosión hídrica es considerada como el mayor proceso de pérdida de suelo cultivable en el mundo y se estima que es de 10 millones ha por año (Pimentel, 2006), que según Mabit & Bernard (2007) es la forma más generalizada y sería de degradación del suelo.

La erosividad se cuantifica mediante modelos de simulación matemática que se alimentan de datos de precipitación en series de segundos, minutos, días e incluso hasta meses, y pueden arrojar resultados con errores que van desde el 0,55 % hasta el 68,0 % (Xie *et al.*, 2016). Uno de los primeros estudios enfocados en la cuantificación de la erosividad fue desarrollado por Wischmeier (1959), el cual demostró la importancia de la energía cinética de la gota de lluvia en la degradación del suelo y su relación con el índice de erosividad –  $I_{30}$ , que a su vez se refieren a la erosividad de la lluvia (R); posteriormente, se destacan las

investigaciones alrededor del factor R propuestos por Wischmeier & Smith (1978) en Los Estados Unidos; del índice de Fournier (IF) propuesto por Fournier (1960), desarrollado para la costa oeste de África; del índice modificado de Fournier (IMF), planteado por Arnoldus (1977); la propuestas de correlaciones entre el IFM y el factor R, para regiones con datos deficientes, presentada por Renard & Freimund (1994); y por último, el del índice de concentración de las precipitaciones (ICP) desarrollado por De Luis *et al.* (1997) y Oliver (1980).

Con base en los anteriores índices, se han reportado estudios de erosividad de la lluvia y su distribución para África (Mannaerts & Gabriels, 2000; Vrieling, Sterk & de Jong, 2010), Europa (Panagos *et al.*, 2015), Los Estados Unidos (Wang *et al.*, 2002; Nearing *et al.*, 2015; Hoomehr, Schwartz & Yoder, 2016), Colombia

(Hoyos *et al.*, 2005), Perú (Romero *et al.*, 2007), Brasil (Oliveira *et al.*, 2012; Mello *et al.*, 2013), Italia (Capolongo *et al.*, 2008), España (Angulo-Martínez & Beguería, 2009), China (Zhang *et al.*, 2010), Corea (Lee & Heo, 2011), Chile (Bonilla & Vidal, 2011), China (Xie *et al.*, 2016; Lai *et al.*, 2016) y Grecia (Panagos *et al.*, 2016).

Para la región cafetera central de Colombia, Rivera (1990) propuso un modelo entre el IMF y el  $I_{30}$ , para los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, aplicado por Ramírez, Hincapié, Sadeghian & Pérez (2007) para la región cafetera de Caldas. Echeverri & Obando (2010) calcularon la erosividad y la variación temporal de las lluvias, mediante los índices de Fournier Anual (IFA), Modificado de Fournier (IMF) y Concentración de las Precipitaciones (ICP) para la región centro – sur del mismo departamento, al igual que Lince & Castro (2015) para la región cafetera del departamento del Quindío. En el estado del arte no se hallaron estudios de erosividad en la zona cafetera del departamento de Risaralda, por tal motivo se realizó un estudio cuyo objetivo fuera determinar la erosividad de dicha región.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó para la región cafetera del departamento de Risaralda, ubicada entre 05° 32' – 04° 39' N y 75° 23' – 76° 18' W, en el flanco occidental de la cordillera central de Colombia. Políticamente el departamento está dividido en 14 municipios, todos con potencial cafetero, ubicados en los ecotopos 102A, 106B, 107B, 108B, 206A, 207A y 209A. La lluvia anual histórica va desde 944 mm hasta 4173 mm en un régimen bimodal, con picos en los meses de abril y octubre.

La información de lluvia se tomó de 18 estaciones de la Red Climática Cafetera – FNC (Figura 1), de las cuales se emplearon los registros de precipitación diaria de los años 1997 a 2011. Para algunas estaciones y en determinados años, los registros estaban incompletos, lo que generó series entre 15 y 8 años (Tabla 1).

**Tabla 1.** Localización de las estaciones climáticas de la Red Climática Cafetera – FNC y períodos empleados.

Estación climática	Municipio	Latitud (N)	Longitud (W)	Altura	Históricos	
				(msnm)	Años	Periodos
La Tribuna	Balboa	4° 57'	75° 58'	1580	15	1997-2011
La Elvira	Belén Umbría	5° 12'	75° 52'	1540	15	1997-2011
Los Cábmulos	Belén Umbría	5° 9'	75° 53'	1400	12	1997-2002, 2006-2011
Buenos Aires	Guática	5° 18'	75° 49'	1814	15	1997-2011
Ospirma	Guática	5° 20'	75° 49'	1661	15	1997-2011
La Palmera	Marsella	05° 00'	75° 45'	1450	12	1999-2008, 2010-2011
El Barranco	Mistrató	5° 20'	75° 53'	1580	12	1997-2001, 2003-2009
Combia	Pereira	4° 51'	75° 47'	1173	9	1997-1999, 2003-2007, 2009
El Cedral	Pereira	4° 42'	75° 32'	2120	15	1997-2011
La Catalina	Pereira	4° 45'	75° 44'	1321	15	1997-2011
La Playa	Pereira	4° 50'	76° 46°	1290	13	1997-1999, 2001-2011
La Renta	Pereira	4° 47'	75° 47'	1194	15	1997-2011
Los Cábmulos	Pereira	5° 9'	75° 53'	1189	12	1998-1999, 2001-2010
Planta de Tto.	Pereira	4° 48'	75° 40'	1487	14	1997-2009, 2011
El Diamante	Quinchía	5° 19'	75° 42'	1150	11	1997-1999, 2002, 2004-2006
La Oriental	Quinchía	5° 22'	75° 43'	1730	14	1997-2010
Los Naranjos	Santuario	5° 03'	76° 00'	1580	8	1997-1998, 2001, 2007-2011
El Jazmín	Sta. Rosa de C.	4° 55'	75° 38'	1635	15	1997-2011



**Tabla 2.** Clasificación de la erosividad anual de las lluvias

Clase	Erosividad R (MJ. mm.ha-1)	Clasificación
1	<1000	Natural
2	1000 – 5000	Muy baja
3	2500 – 5000	Baja
4	5000 – 7500	Moderada
5	7500 – 10000	Alta
6	10000 – 15000	Muy Alta
7	15000 – 20000	Severa
8	>20000	Extremadamente severa

Fuente: Rivera &amp; Gómez, 1991.

**Tabla 3.** Clasificación del índice modificado de Fournier - IFM

Clases	Rango	Clasificación
1	< 60	Muy baja
2	60 – 90	Baja
3	90 – 120	Moderada
4	120 – 160	Alta
5	> 160	Muy alta

Fuente: Apaydin et al., 2006.

**Tabla 4.** Clasificación del índice de concentración de las precipitaciones

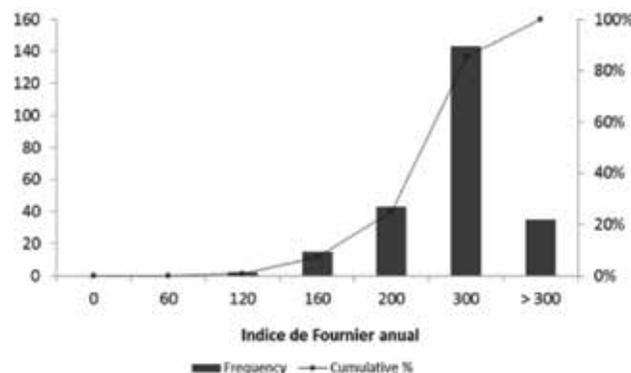
Rango	Clasificación
0,8 – 10	Uniforme
10 – 15	Moderadamente estacional
15 – 20	Estacional
20 – 50	Altamente estacional
50 – 100	Irregular

Fuente: Oliver, 1980.

La espacialización del factor R, se logró por el método de autocorrelación espacial del peso inverso de la distancia (IDW), en el que se utilizaron los 18 registros de erosividad. El software empleado fue ArcGis 10.2 extensión geostatistical analyst (2013). No se empleó un método geoestadístico, debido a que los pares de datos fueron inferiores a 32 que es el mínimo recomendado para dicho proceso (Goovaerts, 2000).

## Resultados y discusión

Índice Modificado de **Fournier (IMF)**. De los 238 promedios anuales analizados, el 93% presentaron índice de Fournier mayor a 160 (Figura 2), lo cual indica que desde el año 1999 hasta el 2011 la región cafetera del departamento de Risaralda estuvo expuesta a una muy alta agresividad climática por la lluvia.

**Figura 2.** Histograma de distribución de frecuencia del índice anual de Fournier para 18 estaciones climáticas en los años 1999 a 2011.

Los valores de los promedios del índice de erosividad de la lluvia "IMF" estuvieron entre 158,27 en la estación El Barranco en el municipio de Mistrató ubicado al occidente del departamento, y 297,48 en la estación Los Naranjos en el municipio de Santuario, ubicado en el centro del departamento (Tabla 5). Dichos valores, según la clasificación de Apaydin, Erpul, Bayramin & Gabriels (2006) corresponden a una clasificación alta (120 – 160) y muy alta (>160) en cuanto a la fuerza de degradación se refiere.

Los valores de IFM indican que los suelos de la zona se ven afectados por una fuerte agresividad climática con la lluvia como agente fuertemente erosivo, lo cual

concuera con lo reportado por Rivera (1990), Hoyos, Waylen & Jaramillo (2005), Ramírez *et al.* (2007) y Lince & Castro (2015) para los Andes colombianos.

**Tabla 5.** Valores promedio de Índice Modificado de Fournier (IFM), Erosividad anual (R), Índice de concentración de las precipitaciones (ICP) y sus clasificaciones para cada una de las estaciones climáticas.

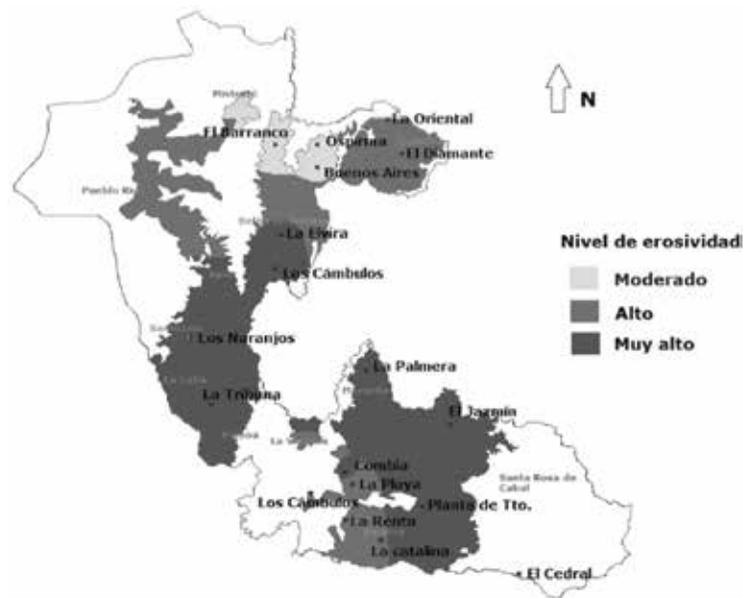
Estación	Municipio	IFM		Erosividad anual		ICP	
		Promedio	Clasificación	Promedio (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> )	Clasificación	Promedio (%)	Clasificación*
Buenos Aires	Guática	180,35	Muy alto	7264,89	Moderada	9,92	U
Combia	Pereira	255,08	Muy alto	10136,05	Muy alta	10,39	M.E*
El Barranco	Mistrató	158,27	Alto	6417,86	Moderada	9,81	U
El Cedral	Pereira	289,34	Muy alto	11450,16	Muy alta	10,73	M.E*
El Diamante	Quinchía	229,06	Muy alto	9135,34	Alta	10,24	M.E*
El Jazmín	Sta. Rosa de C.	283,07	Muy alto	11209,43	Muy alta	9,70	U
La Catalina	Pereira	252,20	Muy alto	10023,71	Muy alta	10,23	M.E*
La Elvira	Belén Umbría	262,96	Muy alto	10437,13	Muy alta	10,30	M.E*
La Oriental	Quinchía	231,36	Muy alto	9223,85	Alta	9,91	U
La Palmera	Marsella	283,82	Muy alto	11238,38	Muy alta	9,89	U
La Playa	Pereira	249,17	Muy alto	9907,87	Alta	10,93	M.E*
La Renta	Pereira	219,96	Muy alto	8785,96	Alta	10,33	M.E*
La Tribuna	Balboa	274,56	Muy alto	10882,74	Muy alta	10,20	U
Los Cámbulos	Pereira	217,91	Muy alto	8707,40	Alta	10,37	U
Los Cámbulos BU	Belén Umbría	262,64	Muy alto	10425,07	Muy alta	10,48	M.E*
Los Naranjos	Santuario	297,48	Muy alto	11762,88	Muy alta	10,74	M.E*
Ospirma	Guática	174,38	Muy alto	7034,87	Moderada	9,76	U
Planta de Tto.	Pereira	282,99	Muy alto	11206,53	Muy alta	9,90	U

\* U: uniforme; M.E: Moderadamente estacional

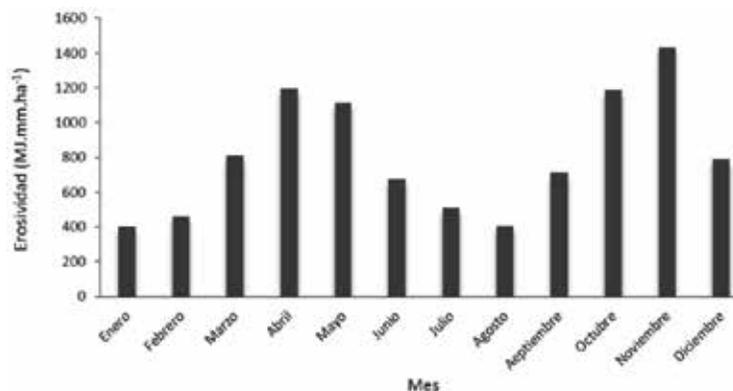
**Erosividad (R).** De manera general, la zona de estudio presentó valores anuales de R entre 6417 y 11762 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>, correspondientes, según la clasificación de Rivera & Gómez (1991), a niveles de erosividad moderada a muy alta, respectivamente. Las estaciones El Barranco, Ospirma y Buenos Aires, ubicadas en la región norte del departamento (Figura 3) presentaron valores de R moderados (5000 – 7500 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>); las estaciones La Renta, La Playa y Los Cábmulos ubicadas al sur, al igual que El Diamante y La Oriental ubicadas al norte tuvieron valores de R altos (7500 – 10000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>), y las 10 estaciones restantes (Tabla 5) exhibieron valores de R muy altos (10000 -15000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>).

El análisis mensual de erosividad (Figura 4) indica que los meses de abril – mayo y octubre - noviembre son las épocas del año en las que el suelo se ve más expuesto a la agresividad climática y, por ende, las pérdidas por erosión hídrica se pueden ver incrementadas.

Los resultados descritos están acordes con los de otras investigaciones realizadas en la región cafetera central de Colombia, entre ellos Ramírez *et al.*, (2007) y Echeverri & Obando (2010) para el departamento de Caldas, y Lince & Castro (2015) para el departamento del Quindío y se explican en que la región se encuentra ubicada en la zona de convergencia intertropical.



**Figura 3.** Mapa de distribución espacial de la erosividad anual en la región cafetera del departamento de Risaralda.



**Figura 4.** Distribución mensual de la erosividad en la región cafetera del departamento de Risaralda en los años 1997 - 2011.

**Índice de concentración de las precipitaciones (ICP).** Los índices calculados presentaron valores mínimo y máximo de 9,7 y 10,3 respectivamente, correspondientes a las clases uniforme y moderadamente estacional según Oliver (1980). Pese a que para la zona de estudio se presentaron dos clases, ambas están muy cercanas al límite entre uniforme y moderadamente estacional, por lo cual se puede asumir que la zona presentó un índice uniforme.

El ICP calculado concuerda con los valores reportados por Echeverri & Obando (2010) para el departamento de Caldas y con los de Lince & Castro (2015) para el departamento de Quindío.

## Conclusiones

Para el periodo evaluado la erosividad, tanto con IFM como R, sugiere que la región cafetera del departamento de Risaralda generalmente se ve afectada por una fuerte agresividad climática por parte de la lluvia, la cual aumenta en los meses de abril – mayo, y octubre – noviembre.

La erosividad de la lluvia presentó una regionalización, con predominio de moderada y alta en la zona norte, y muy alta en la zona centro – sur.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la ONG Solidaridad Andes, especialmente al Ing. Carlos Isaza por el apoyo en la investigación, al Comité Departamental de Cafeteros de Risaralda, y a las disciplinas de suelos y agroclimatología de Cenicafé.

## Literatura citada

1. Angulo-Martínez, M. & Beguería, S. (2009). Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). *Journal of Hydrology*, 379(1), 111-121.
2. Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I. & Gabriels, D. (2006). Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey. *Journal of Hydrology*, 328(3), 726-732.
3. Arnoldus, H.M.J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletins* (FAO).
4. Bonilla, C.A. & Vidal, K.L. (2011). Rainfall erosivity in central Chile. *Journal of Hydrology*, 410(1), 126-133.
5. Capolongo, D., Diodato, N., Mannaerts, C.M., Piccarreta, M. & Strobl, R.O. (2008). Analyzing temporal changes in climate erosivity using a simplified rainfall erosivity model in Basilicata (southern Italy). *Journal of Hydrology*, 356(1), 119-130.
6. De Luis M, González-Hidalgo J.C., Raventós J., Sánchez J.R. & Cortina, J. (1997). Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana. *Cuatrenario y Geomorfología*, 11:33-44
7. Echeverri, L. & Obando, F. (2010). Erosividad de las Lluvias en la Región Centro-Sur del Departamento de Caldas, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin* 63(1): 5307-5318.
8. Fournier, F. (1960). Climat et érosion; la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. (First edition) Presses Universitaires de France, Paris.
9. Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of hydrology*, 228(1), 113-129.
10. Hoyos, N., Waylen, P.R. & Jaramillo, Á. (2005). Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. *Journal of hydrology*, 314(1), 177-191.
11. Hoomehr, S., Schwartz, J.S. & Yoder, D.C. (2016). Potential changes in rainfall erosivity under GCM climate change scenarios for the southern Appalachian region, USA. *Catena*, 136, 141-151.
12. Lai, C., Chen, X., Wang, Z., Wu, X., Zhao, S., Wu, X. & Bai, W. (2016). Spatio-temporal variation in rainfall erosivity during 1960–2012 in the Pearl River Basin, China. *CATENA*, 137, 382-391.
13. Lee, J.H. & Heo, J.H. (2011). Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *Journal of Hydrology*, 409(1), 30-48.
14. Lince, L.A. & Castro, A.F. (2015). Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío, Colombia. *Revista Cenicafé* 66(1): 25-31.
15. Mabit, L. & Bernard, C. (2007). Assessment of spatial distribution of fallout radionuclides through geostatistics concept. *Journal of Environmental Radioactivity*, 97(2), 206-219.
16. Mannaerts, C.M. & Gabriels, D. (2000). Rainfall erosivity in Cape Verde. *Soil and Tillage Research*, 55(3), 207-212.
17. Mello, C.D., Viola, M.R., Beskow, S. & Norton, L.D. (2013). Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. *Geoderma*, 202, 88-102.

18. Nearing, M.A., Unkrich, C.L., Goodrich, D.C., Nichols, M.H. & Keefer, T.O. (2015). Temporal and elevation trends in rainfall erosivity on a 149km<sup>2</sup> watershed in a semi-arid region of the American Southwest. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 77-8
19. Oliveira, P.T., Rodrigues, D.B., Sobrinho, T.A., Carvalho, D.F.D. & Panachuki, E. (2012). Spatial variability of the rainfall erosive potential in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Engenharia Agrícola*, 32(1), 69-79.
20. Oliver, J.E. (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index. *The Professional Geographer*, 32(3), 300-309.
21. Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., ... & Aalto, J. (2015). Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511, 801-814.
22. Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P. & Meusburger, K. (2016). Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density in Greece. *Catena*, 137, 161-172.
23. Pimentel, D. (2006). Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment, development and sustainability*, 8(1), 119-137.
24. Ramírez, F., Hincapié, E., Sadeghian, S. & Pérez, U. (2007). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del departamento de Caldas. *Cenicafé (Colombia)*, 58(1):40-52.
25. Renard, K.G. & Freimud, J.R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287 - 306.
26. Rivera, J.H. (1990). Determinación de los índices de erosividad, erodabilidad y erosión potencial en la zona cafetera central colombiana (Caldas, Quindío y Risaralda). Palmira (Colombia), (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 310 p.
27. Rivera, J.H. & Gómez, A.A. (1991). Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central colombiana (Caldas, Quindío y Risaralda). *Cenicafé*, 42(2), 37-52.
28. Romero, C.C., Baigorria, G.A. & Stroosnijder, L. (2007). Changes of erosive rainfall for El Niño and La Niña years in the northern Andean highlands of Peru. *Climatic Change*, 85(3-4), 343-356.
29. Vrieling, A., Sterk, G. & de Jong, S.M. (2010). Satellite-based estimation of rainfall erosivity for Africa. *Journal of hydrology*, 395(3), 235-241.
30. Wang, G., Gertner, G., Singh, V., Shinkareva, S., Parysow, P. & Anderson, A. (2002). Spatial and temporal prediction and uncertainty of soil loss using the revised universal soil loss equation: a case study of the rainfall-runoff erosivity "R" factor. *Ecological Modelling*, 153(1), 143-155.
31. Wischmeier, W.H. (1959). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, 23(3), 246-249.
32. Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. Agric. Hbk 537. U.S.D.A.-Sci. and Educ. Admin., Washington, DC.
33. Xie, Y., Yin, S.Q., Liu, B.Y., Nearing, M.A. & Zhao, Y. (2016). Models for estimating daily rainfall erosivity in China. *Journal of Hydrology*, 535, 547-558.
34. Zhang, Y.G., Nearing, M.A., Zhang, X.C., Xie, Y. & Wei, H. (2010). Projected rainfall erosivity changes under climate change from multimodel and multiscenario projections in Northeast China. *Journal of hydrology*, 384(1), 97-106.

#### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 16 de junio de 2015  
**Aceptado:** 08 de julio de 2015



# Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde

## Evaluation of the agroecological leachate as a soil conditioner in cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) variety crepe Green

### *Avaliação do lixiviado agroecológico como condicionador do solo na cultura de alface (Lactuca sativa) variedade crespa verde*

**<sup>1</sup>Carlos Arturo Granada Torres & <sup>2</sup>Yolvi Prada Millán**

<sup>1</sup>Bacteriólogo, Especialista en Microbiología Industrial, Magíster en Administración de Salud Pública, Candidato a Doctor en Biotecnología y Bioprocesos Industriales. <sup>2</sup>Ingeniera Agrónoma, Candidata Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la Universidad de Manizales, Colombia.

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo – CIMAD. <sup>1,2</sup>Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Universidad de Manizales, Manizales Colombia.

<sup>1</sup>cgranada@umanizales.edu.co, <sup>2</sup>yolmillan@hotmail.com

### Resumen

La producción limpia en los últimos años ha alcanzado gran interés a nivel mundial, cada día los consumidores se preocupan más por la salud y han optado por el consumo de hortalizas que estén libres de agroquímicos y que no hayan sido regadas con aguas servidas. Los productores colombianos con el fin de lograr altos rendimientos y minimización de problemas fitosanitarios se han dedicado a realizar aplicaciones e incorporación de fertilizantes de síntesis química, alterando las dosis y utilizando aguas que no son aptas para riego, obteniendo como producto final cultivos con altas trazas de agroquímicos, metales pesados y microorganismos perjudiciales para la salud humana. Metodológicamente, se evaluó en campo el lixiviado agroecológico del cultivo de lechuga tomando en cuenta las variables: peso y tamaño de la cabeza de lechuga. Se encontró que el tratamiento con microorganismos eficientes presenta mayor peso y diámetro de cabeza de lechuga.

Se concluye que el cultivo presenta mejores condiciones fitosanitarias y vigorosidad.

**Palabras claves:** residuos orgánicos, agroecológico, rendimiento, microorganismo, fitosanitario, biofertilizante.

### Abstract

The clean production in recent years has reached great interest at the global level, each day consumers are more concerned about the health and have opted for the consumption of vegetables which are free of agrochemicals and which have not been irrigated with wastewater. Colombian producers with the aim of achieving high yields and minimization of phytosanitary problems have been dedicated to making applications and incorporation of fertilizers of chemical synthesis, altering the dose and using waters that are not suitable for irrigation, obtaining as final product crops with high traces of agrochemicals,

heavy metals and microorganisms harmful to human health. Methodologically, was evaluated in field the leachate agroecology in the lettuce crop taking into account the variables: weight and size of the head of lettuce. It was found that the treatment with efficient micro-organisms presents greater weight and diameter of head of lettuce. It was concluded that the culture presents best phytosanitary conditions and vigorous.

**Key-words:** Organic waste, agroecology, yield, microorganism, phytosanitary, biofertilizer.

## Resumo

A produção limpa tem atingido nos últimos anos grande interesse no mundo, os consumidores preocupam-se cada dia mais pela saúde e tem se decidido pelo consumo de legumes que sejam livres de agroquímicos e sem rego com águas residuais. Os produtores colombianos com a finalidade de

conseguir alto rendimento e minimização dos problemas fitossanitários têm se dedicado a realizar aplicações e incorporação de fertilizantes de síntese química, mudando a dose e utilizando águas que não são adequadas para o rego, obtendo como produto final culturas com altos teores de agroquímicos, metais pesados e micro-organismos prejudiciais para a saúde humana. Metodologicamente foi avaliado em campo, o lixiviado agroecológico da cultura de alface considerando as variáveis: peso e tamanho da cabeça da alface. Foi encontrado que o tratamento com micro-organismos eficientes apresentou maior peso e diâmetro da cabeça da alface. Foi concluído que a cultura apresenta melhores condições fitossanitárias e vigorosas.

**Palavras-chave:** resíduos orgânicos, agroecológico, rendimento, micro-organismo, fitossanitário, biofertilizante

## Introducción

De acuerdo con la Corporación Colombia Internacional, el cultivo de hortalizas ha presentado escasa transformación, por cuanto su producción depende de economías esencialmente campesinas y el alcance de su oferta es principalmente regional (CCI, 2006, p. 57). Para el 2010, se dedicaron 100.286 ha al cultivo de hortalizas y se produjeron 1.696.174 t bajo el sistema de producción convencional, que incluye aplicaciones de agroquímicos, tanto pesticidas como fertilizantes, y que ha venido en aumento ante el creciente desequilibrio que se ha causado por las repetidas y constantes aplicaciones realizadas para el control de plagas y enfermedades y el mejoramiento de la producción. Estos insumos son esenciales en la agricultura moderna para controlar las plagas y enfermedades e incrementar la productividad de los cultivos (Cortés *et al.*, 2006; Cooper & Dobson, 2007). En la sabana de Bogotá, Colombia, se observa la preferencia de los agricultores para descansar, rotar o recibir un ingreso económico a corto plazo con el establecimiento de un cultivo de lechuga, debido al ciclo corto, la facilidad de manejo en campo y la alta demanda en el mercado. En esta

región, generalmente se siembra bajo el sistema convencional lo cual es un riesgo elevado para los consumidores por ser un producto de consumo directo y en fresco, el cual tiende a presentar residualidad de los productos químicos utilizados en el cultivo.

Con base en lo anterior, actualmente toma gran fuerza la alternativa de producción agroecológica que plantea la disminución de la utilización de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades y la fertilización con productos orgánicos que sean amigables con el medio ambiente. La creciente preocupación por el impacto negativo de la agricultura moderna sobre el medio ambiente y la salud del consumidor, aunado al contundente rechazo del consumidor a los alimentos transgénicos, está conduciendo a un número creciente de agricultores y consumidores hacia la denominada agricultura orgánica o sustentable, por ser ésta más saludable y más benigna, tanto para con los seres humanos como para con el medio ambiente (Ruiz, 2004). Por ello la agricultura convencional se ha convertido en una constante preocupación de los productores,

por la posibilidad de que sus productos exportables sean devueltos por contener residuos de plaguicidas, para evitar esto se plantean políticas de inocuidad y una tendencia al uso de compuestos con menor persistencia y residualidad (Moreno & López, 2005), que garanticen la calidad establecida en los mercados, ya que los consumidores esperan un suministro constante de alimentos limpios, de alta calidad, sanos y seguros (Atreya, 2006). Por tanto, la demanda de productos orgánicos se ha convertido en un mercado promisorio, donde el valor de las ventas mundiales pasó de 11 billones de dólares, a finales de la década de los noventa, a 55 billones de dólares para el año 2009 (Willer, 2011).

Con base en lo expuesto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en el cultivo de lechuga en el municipio de Madrid, Cundinamarca, Colombia, a partir de la prueba de eficacia en campo como alternativa de producción agroecológica para los productores, que se dedican al establecimiento de cultivos libre de químicos y deben recurrir a diferentes técnicas para suplir las necesidades nutricionales y problemas fitosanitarios en cultivo.

La alternativa de producción agroecológica contempla como punto fundamental la adición de compost y/o biofertilizantes al suelo y a la planta constituyéndose en uno de los principales pasos que se deben tener en cuenta para iniciar el proceso de búsqueda del equilibrio con el medio ambiente. El proceso de compostaje, toma un valor incalculable como herramienta para la producción agroecológica, constituyéndose como una enmienda y/o biofertilizante para la recuperación de suelos y un medio para mejorar el desarrollo vegetal de los cultivos. De forma general, la adición de enmiendas orgánicas puede influir positivamente en las propiedades físicas del suelo (Stevenson, 1982; Roldán *et al.*, 2003), así como de manera química y microbiológica. El primer efecto es sobre las propiedades físicas del suelo, aumenta la porosidad del suelo, interviene en la estructura del suelo, indudablemente en la retención de agua en el suelo, así mismo influye positivamente sobre la formación y estabilidad de los agregados en el suelo (Lax *et al.*, 1994). El efecto sobre las

propiedades físico-químicas del suelo, se ve reflejado en el momento de incorporar el compost, éste ejerce un efecto tampón debido a la presencia de iones  $Ca^{+2}$  y de sales básicas (Hernando, 1988). La capacidad de cambio catiónica aumenta en suelos tratados con materiales orgánicos. Cualquier enmienda que potencie la formación de humus, producirá un aumento significativo de ésta ya que el humus posee una capacidad de cambio catiónica que es 3 a 6 veces superior a la de las arcillas del suelo (Moreno *et al.*, 2008). Según Schnitzer (1978) del 20 al 70% de la capacidad de cambio catiónica de muchos suelos es causada por el humus. Se debe tener en cuenta que algunas enmiendas orgánicas pueden contener cantidades apreciables de sales lo cual repercute en la posible salinización del suelo.

Adani & Tambone (2005) indicaron que la incorporación de compost de residuos sólidos urbanos tiende a aumentar ligeramente el contenido de huminas y de ácidos húmicos de un suelo pardo, disminuyendo el contenido de ácidos fúlvicos. Hernando (1988) observó que estos materiales, incorporados en el suelo, incrementaban ligeramente los porcentajes de nitrógeno e hidrógeno de los ácidos húmicos, así como su relación E4/E6, lo que implicaría su menor tamaño de partícula y de peso molecular. Los residuos orgánicos urbanos aumentan los contenidos en macro y micronutrientes del suelo, debido a que éstos se presentan en cantidades importantes en los citados residuos (Ayuso *et al.*, 1996). Estos materiales aportan el nitrógeno y fósforo mayoritariamente en forma orgánica mientras que el resto de macronutrientes son aportados en forma inorgánica. La eficacia de estos residuos como fertilizantes depende de diversos factores tales como el tipo de suelo y de cultivo, existiendo una gran controversia respecto a esto (Gallardo-Lara & Nogales, 1987). A pesar de ello, estos autores mantienen que las enmiendas orgánicas suponen una ventaja de los residuos orgánicos frente a los fertilizantes inorgánicos al ser una fuente gradual de nutrientes.

Algunos de los metabolitos liberados por los microorganismos (tipo vitaminas y/o aminoácidos) o moléculas de bajo peso molecular procedentes de la mineralización de la materia orgánica pueden

influir de forma positiva y directa sobre el crecimiento vegetal. También es importante indicar que parte de estas enzimas quedarán protegidas de la degradación e inactivación, al quedar inmovilizadas por la fracción húmica de la materia orgánica incorporada, mediante formación de complejos tipo enzima-humus (Dick & Tabatabai, 1992; Ceccanti & García, 1994). Sin embargo, un aspecto a tener presente es que dichos aportes no deben suponer desde ningún punto de vista, ni por supuesto, a lo largo del tiempo pos-aplicación, un riesgo para la biodiversidad microbiana del suelo (Klammer *et al.*, 2008); dicho riesgo podía venir motivado por las sustancias tóxicas que puedan incorporarse al suelo y que afecten negativamente a una serie determinada de microorganismos, o que alienten un desequilibrio microbiano debido al hecho de introducir ciertos sustratos implicados exclusivamente en un determinado proceso (Bastida *et al.*, 2007, 2008).

Así mismo se debe resaltar que la utilización de materia orgánica como enmienda natural beneficia tanto al suelo como a la planta, reflejando de cierta manera un aspecto saludable y vigoroso en el crecimiento y desarrollo de ésta. Algunos autores comentan la capacidad que tienen las enmiendas orgánicas de aportar un cierto efecto biocontrol (o biopesticida), debido a que intervienen sobre algunos microorganismos patógenos del suelo (Bernal-Vicente *et al.*, 2008; Cayuela *et al.*, 2008). Uno de los extractos de compost más utilizados en la actualidad, es el que se conoce con el nombre de lixiviado de compost, el cual es producto de la extracción de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el material sólido. Este producto al ser aplicado a las plantas de manera foliar, tiene un efecto más rápido y efectivo que el propio compost (Menderzkycki, 2001).

El té de compost, solución resultante de la fermentación aeróbica de composta en agua, puede utilizarse como fertilizante, debido a que contiene nutrientes solubles y microorganismos benéficos (Ingham, 2005). El té de compost se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersión foliar (Ingham, 2005) como aplicado al sustrato (Scheuerell & Mahaffee, 2004). Además, la aplicación al suelo induce

la actividad microbiana en la rizosfera, proporciona una gran cantidad de nutrientes solubles y estimula una respuesta positiva en la planta (Salter, 2004). Los lixiviados se producen directamente de las pilas de compost, los cuales son ricos en sustancias nutritivas y contienen altos porcentajes de microorganismos, que se diferencian en las diferentes etapas del proceso de compostaje, con el transcurrir del tiempo o la maduración del compost éste va adquiriendo un color negruzco lo cual indica que ya está listo para su uso. Los extractos o lixiviados han sido considerados tradicionalmente como un fertilizante líquido orgánico. Recientemente, estos materiales están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades; por lo que se han realizado estudios para conocer los componentes responsables de su capacidad de combatir patógenos. En este sentido, investigaciones realizadas en Estados Unidos, Alemania y Japón, utilizando diferentes lixiviados de compost, han demostrado su potencial en la protección de cultivos para un amplio rango de enfermedades, como es el tizón de la papa o del tomate, el mildiu polvoso y el *Fusarium* en manzano (Larco, 2004).

## Metodología

Esta investigación se realizó en el municipio de Madrid, Cundinamarca, Colombia, en la finca Huertos Verdes, predio dedicado a la producción de hortalizas agroecológicas con una trayectoria de alrededor cinco años y que no se sembraba desde 1997 con productos agroquímicos, la especie utilizada es la lechuga crespa verde variedad Vera. Se realizó el montaje de un Diseño de Bloques Completos al Azar (D.B.C.A) con un testigo absoluto, tres (3) tratamientos y tres (3) bloques (Tabla 1), se efectuó una aleatorización de los tratamientos en el bloque y se trabajó con un análisis de varianza (ANAVA), desarrollando adicionalmente las pruebas de comparación de medias. Se realizó un muestreo semanal para determinar la incidencia de plagas y enfermedades en los tratamientos y en el testigo. Se realizó la evaluación únicamente del lixiviado agroecológico en campo, puesto que es un predio que está en proceso de certificación y no se pueden

realizar aplicaciones de agentes externos al cultivo. Para el desarrollo del proyecto de investigación se contó con una unidad experimental de 1 m<sup>2</sup> de cama, equivalente a la siembra de 24 plantas.

**Tabla 1.** *Tratamientos diseño experimental*

TESTIGO	Sin Lixiviado ni E.M.
T1	LIXIVIADO 5cc
T2	LIXIVIADO 10cc
T3	LIXIVIADO 5cc + E.M 5cc

Con los datos obtenidos se verificó el supuesto de normalidad mediante los test Kolmogorov -Smirnov, Durbin-Watson, Breusch-Pagan. Una vez procesados los datos y obtenidos los resultados de los test de normalidad se determinó si se era pertinente un ANAVA paramétrico o era adecuado el desarrollo por la vía alterna a efectuar un ANAVA no paramétrica.

Los datos obtenidos de la fase de campo fueron sistematizados mediante el programa estadístico R-project en el cual se calcularon parámetros estadísticos básicos como media, sumas de cuadrados y cuadrados medios del análisis de varianza para las variables estudiadas que en este caso fueron peso y diámetro de cabeza de la lechuga. Adicional a lo anterior, se realizó la comparación de medias entre los tratamientos en concordancia con el análisis de varianza ANAVA. Se probó la hipótesis:

Ho: T1 = T2 = T3=Testigo (Hipótesis nula)

H1: Uno o más pares de medias son diferentes (Hipótesis alterna)

En los casos donde se presentaron diferencias significativas entre alguna de las medias de los tratamientos, se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey con nivel de significancia 5%, para la evaluación de tres dosis de lixiviado sobre el desarrollo vegetativo y productivo de la lechuga (*Lactuca sativum*).

## Resultados y Discusión

Prueba de eficacia en campo análisis Estadístico: una vez culminada la prueba en campo se procesaron los datos de las variables evaluadas: peso y diámetro de cabeza de la lechuga, por tratamiento y bloque.

### Variable peso de cabeza de lechuga

Se recolectaron veinticuatro (24) datos por tratamiento, en tres (3) tratamientos y el testigo, en tres (3) bloques, para una total de doscientos ochenta y ocho (288) datos procesados.

Se desarrolló el análisis de varianza en el programa R project versión de software libre el cual arrojó los resultados mostrados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** *Analisis de Varianza variable peso de cabeza de lechuga*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	17888.90	8944.45	2.34	0.1776
Tratamiento	3	561373.18	187124.39	48.89	0.0001
Errores experimentales	6	22963.69	3827.28		
Errores observacionales	276	470663.21	1705.30		

$$R^2=0,54$$

Se encontraron diferencias significativas en la variable peso de cabeza de la lechuga, se desarrollaron pruebas de verificación de los supuestos de normalidad, mediante los test de Levene varianza

constante y Kolmogorov Smirnov como prueba confirmatoria de normalidad, obteniéndose los resultados de la Tabla 3.

**Tabla 3. Test de Normalidad**

Test de Levene	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	17605.82	5868.61	8.87	0.0000
Residuals	284	187994.68	661.95		
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Exp					
D = 0.20676, p-value = 0.2097					
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Obser					
D = 0.060622, p-value = 0.01587					

Con lo cual se concluye que no se cumple con los supuestos de normalidad, se aplicó la transformación de Box-Cox, obteniendo similares resultado para los Supuestos de Normalidad, en este orden de ideas se procedió a desarrollar el test no paramétrico de Friedman.

Usando como criterio el p valor, para un nivel de significancia del 5% (0,05), no se acepta los supuestos de normalidad, por tanto se procedió a desarrollar un test de Friedman como ANAVA no paramétrica aplicado al diseño de bloques completos al azar (Tabla 4).

**Tabla 4. Test de Friedman**

Test de Friedman
data: cbind(Peso, Tratamiento, Bloque)
Friedman chi-squared = 470.4, df = 2, p-value >2.2e-16

En el procesamiento por el test de Friedman se constata con el criterio del p valor, que las medianas de los tratamientos presentan una diferencia altamente significativa, por tanto como método de

comparación de medianas, de los tratamientos se utilizó comparaciones por pares usando la suma de rangos con signo de wilcoxon, con la aplicación de este método se obtuvo la Tabla 5.

**Tabla 5. Comparaciones suma de rangos con signo de Wilcoxon**

Tratamiento	T1	T2	T3
. T2	1.7e-09	-	-
. T3	1.1e-08	1.5e-12	-
. Testigo	7.1e-05	3.8e-05	4.2e-12
. P value adjustment method: holm			

Al analizar la matriz de comparación de medianas, con el criterio de p valor y una significancia de 5% (0,05) se determina que las medianas de los tratamientos entre si y de los tratamientos con el testigo presentan diferencias en su comportamiento. Con

base en lo obtenido en la Tabla 6 se muestran las medidas de tendencia central por tratamiento para constatar que existen diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

**Tabla 6.** Resumen de medidas de tendencia central por tratamiento

T1	T2	T3	Testigo
Min. :136.0	Min. : 80.0	Min. :200.0	Min. :145.0
1st Qu.:195.8	1st Qu.:134.8	1st Qu.:276.0	1st Qu.:183.8
Median :237.5	Median :162.5	Median :290.0	Median :200.0
Mean :237.4	Mean :168.8	Mean :288.6	Mean :203.9
3rd Qu.:278.0	3rd Qu.:200.0	3rd Qu.:302.2	3rd Qu.:220.2
Max. :390.0	Max. :305.0	Max. :390.0	Max. :288.0

Se desarrolló la obtención de las medias, medianas y cuartiles, por cada uno de los tratamientos en el programa R Project y la representación gráfica que es el box plot de los pesos de cabeza de lechuga se presenta en la Figura 1, esto indica que el tratamiento T3 presenta una alta diferencia con respecto a los otros tratamientos evaluados. En términos de medianas el mejor tratamiento es T3, pero se resalta que el tratamiento T2 estuvo por debajo del testigo; dado que los tratamientos T1 y T3 tuvieron una dosis de aplicación de lixiviado de 5 cc/l mostrando rendimiento superior en comparación al testigo y al tratamiento, este incremento en la concentración de lixiviado en el caso del tratamiento T2 puede estar generando reacciones adversas de la planta, en la raíz y en las hojas, posiblemente por un bloqueo de adsorción de nutrientes; contraria a esta situación en el caso de los tratamientos T1 y T3, la dilución de 5cc/l hace que la asimilación del lixiviado por vía edáfica y foliar sea óptima, y en el caso concreto del tratamiento T3 se observa un efecto sinérgico con adición de EM, este producto es una multi-cepa a base de bacterias fototróficas, ácido-lácticas y levaduras; estos microorganismos aceleran la tasa de asimilación de los nutrientes del lixiviado y en el caso concreto de las bacterias ácido-lácticas garantiza la sanitización de la aplicación.

De acuerdo al grupo de investigadores científicos de Fundases (2007) el EM ayuda al proceso de

descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica, suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y desechos animales. Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo: las bacterias ácido lácticas, que son importantes microorganismos en el EM, suprimen microbios patogénicos indirectamente por la producción de actinomicetos. También se conoce que el efecto antioxidante del EM mejora el sistema inmunológico de plantas y animales, por lo cual se puede establecer que el tratamiento T3 presenta una alta significancia en los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta las propiedades físicas y químicas del suelo que se favorecen por la incorporación de materia orgánica, de igual manera redundan en aumento de la población microbiana, que se traduce en el incremento de las enzimas y metabolitos del suelo. La enmienda orgánica crea un micro-hábitat muy adecuado para el desarrollo de diversas poblaciones microbianas, y de su actividad (Ros *et al.*, 2008). Una vez se ocasione el incremento de microorganismos hay una relación directa con el incremento de nutrientes, la asimilación y disponibilidad de estos para las plantas.

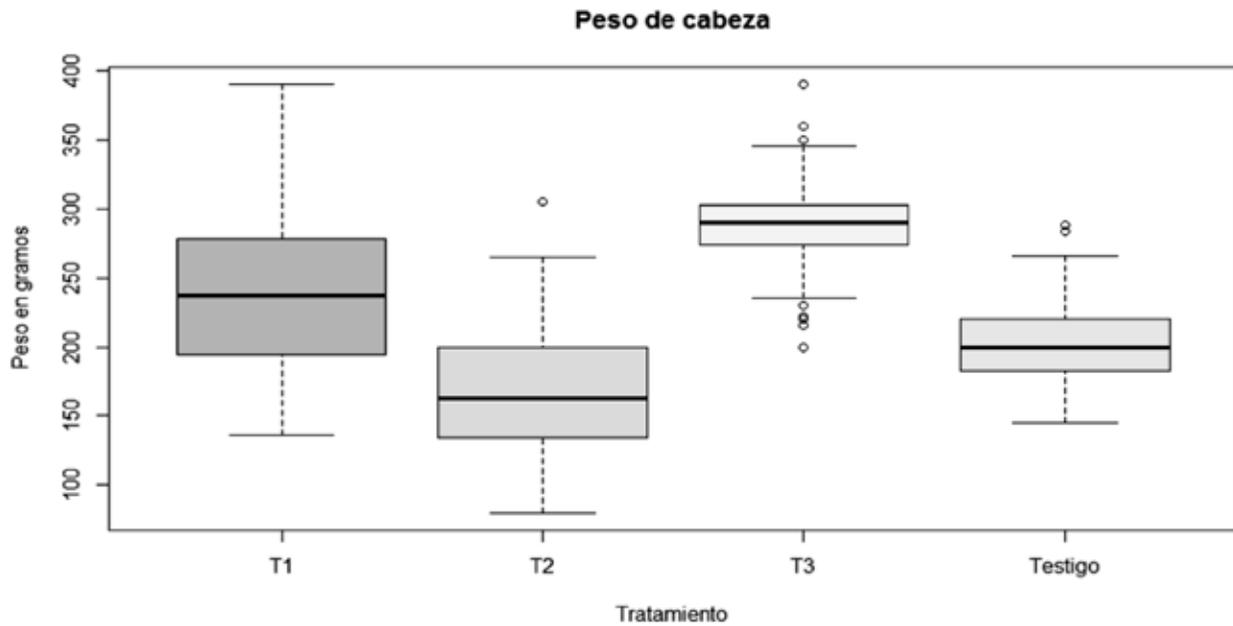


Figura 1. Comportamiento de la variable peso de cabeza de lechuga.

#### Variable diámetro de cabeza de lechuga

Se realizó un muestreo por tratamiento recolectando cinco (5) datos por tratamiento, en tres Se

desarrolló el análisis de varianza en el programa R project versión de software libre el cual arroja los resultados de la Tabla 7.

Tabla 7. Analisis de varianza de la variable diámetro de cabeza de lechuga

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	2	5.00	2.50	0.42	0.6729
Tratamiento	3	573.93	191.31	32.40	0.0004
Error experimental	6	35.43	5.90		
Error observacional	48	326.60	6.80		

Se constata con el criterio de p valor y una significancia de 5% (0.05) que existe una diferencia significativa en el comportamiento de los tratamientos aplicados y cuantificados en la variable diámetro de cabeza. Posterior al desarrollo del análisis de varianza se validarán los supuestos normalidad del

modelo, mediante los test de Durbin Watson autocorrelación de errores, Breusch Pagan varianza constante y Kolmorov Smirnov como prueba confirmatoria de normalidad, obteniéndose los resultados de la Tabla 8.

**Tabla 8.** Test de Normalidad variable diámetro de cabeza de lechuga

Test de Levene	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	4.33	1.44	0.61	0.6140
Residuals	56	133.42	2.38		
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Exp					
D = 0.17109, p-value = 0.4912					
Test Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) Error Obser					
D = 0.082456, p-value = 0.5707					

En este caso se confirma con criterio p valor y una significancia del 5% (0,05) que el modelo cumple con los supuestos para normalidad de los test de Levene y Kolmogorov Smirnov, concordancia con lo anterior se procede a desarrollar el test de comparación de medias de Tuckey, mostrado en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Test comparación de medias de Tuckey variable diámetro de cabeza de lechuga

Tratamiento	Diametro	std	r	Min	Max
. T1	29.12000	2.625752	15	25.0	33.5
. T2	22.31333	2.778969	15	19.0	27.5
. T3	29.04000	2.079079	15	25.0	32.5
. TESTIGO	23.61333	2.697583	15	19.5	30.0
. Tratamiento	means	M			
. T1	29.12000	a			
. T3	29.04000	a			
. TESTIGO	23.61333	b			
. T2	22.31333	b			

Se determina que hay una diferencia estadística entre los tratamientos T1 y T3 y de estos tratamientos con relación al tratamiento T2. El tratamiento de menor diámetro fue el tratamiento T2 que estuvo por debajo del testigo, esto se puede evidenciar en el gráfico box plot que se observa en la Figura 2, ésta presenta el mismo efecto que la variable peso de cabeza de la lechuga, donde se observa que afecta totalmente a la planta y esto se expresa en una disminución de peso y tamaño de la cabeza cosechada, aquí se confirma también este efecto deletéreo cuando se compara con el testigo.

Al comparar los resultados de las dos variables se puede observar que el tratamiento T3, presentó datos significativos tanto en peso como en el diámetro de la cabeza de la lechuga por lo cual se puede estimar que la mezcla de estos dos componentes permite una sinergia y una expresión de las cualidades de calidad para un producto hortícola. Así mismo otros estudios realizados demuestran que los extractos de compost poseen componentes

activos de bacterias (*Bacillus*), fermentos (*Sporobolomyces* y *Cryptococcus*) y hongos, además de antagonistas químicos como fenoles y aminoácidos, los cuales tienen efectos positivos sobre el crecimiento y condiciones sanitarias de las plantas (Mendzvcki, 2001).

Según estudios realizados por Chávez (2008) y Ochoa *et al.* (2009), es evidente que la concentración de nutrientes en el té de compost depende del origen de éste, el contenido nutricional, entre otros factores, además del complemento de nutrientes con fuentes externas; por otra parte se menciona que existe un rendimiento significativo con la utilización del té de compost, sustratos a base de composta y lixiviado, con respecto al testigo que no contiene ninguna aplicación; retomando estos datos y analizando el comportamiento de las plantas con aplicaciones de alguna sustancia procedente de compost se concluye que con respecto al testigo se logra aumentar el rendimiento del cultivo de lechuga, el caso de la presente investigación.

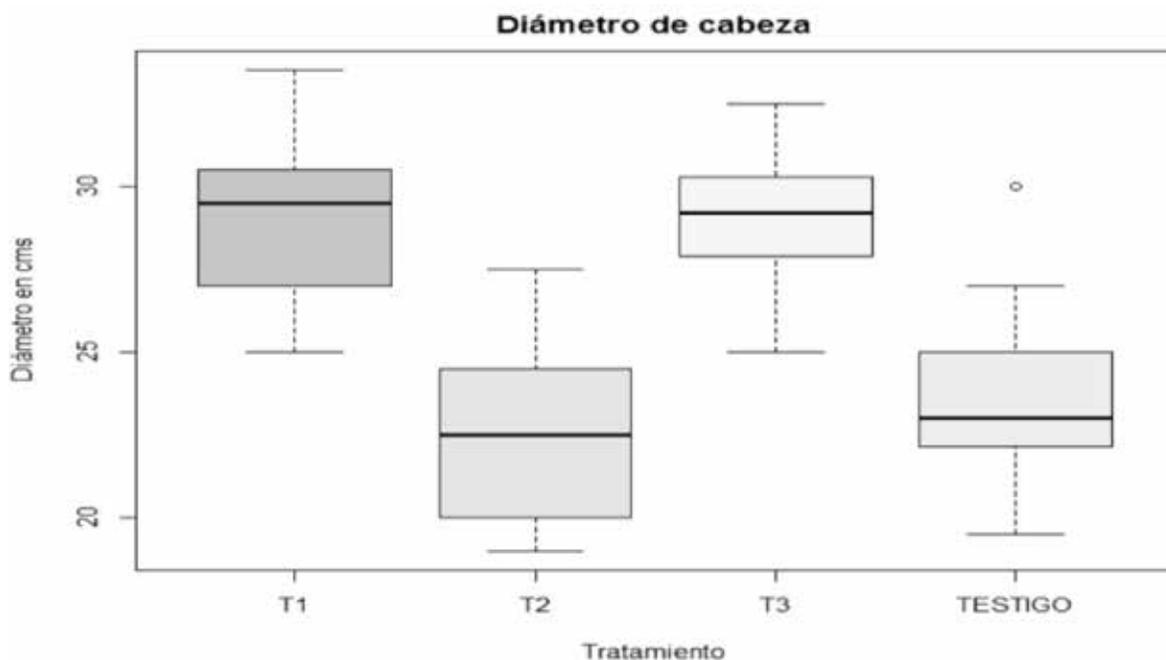


Figura 2. Comportamiento de la variable diámetro de cabeza de lechuga

## Conclusiones

El análisis del comportamiento en la producción de lechuga con los tratamientos T3 y T1 muestra una diferencia significativa en el peso y el diámetro de la cabeza de lechuga, con respecto al testigo, esto se atribuye a las aplicaciones que se realizaron con el lixiviado agroecológico a una dosis similar de 5 cc/l, encontrando que el tratamiento T3 presentó valores superiores al T1, esta diferencia se atribuye a la interacción existente entre los microorganismos que se encuentran en el lixiviado y los microorganismos eficientes del producto comercial; posiblemente se potencializa la mezcla generando un mejor aprovechamiento por parte de la planta y la disponibilidad de los nutrientes tanto en suelo como en la absorción de las hojas.

Al realizar aplicaciones del lixiviado agroecológico con la dosis sugerida según lo establecido por Fundases para productos agroecológicos, se puede apreciar un incremento en el peso de la lechuga, caso contrario si se sobredosisa ya que el efecto

es negativo puesto que disminuye el peso por debajo del promedio sin aplicaciones del lixiviado, lo cual se puede explicar porque el incremento de la dosis puede afectar la asimilación de algunos nutrientes por la aplicación tanto edáfica como foliar.

Se presenta una sinergia entre el lixiviado agroecológico y la adición de EM que permite una mejor asimilación de los nutrientes, esto se evidencia en el peso y la vigorosidad que presentan las cabezas de lechuga.

Se observa que hay disminución en el ataque de plagas al cultivo con respecto a las otras camas, se podría atribuir a que hay una repelencia con el uso de los lixiviados.

La aplicación del lixiviado agroecológico permite que la tonalidad de las plantas se intensifique, lo cual es llamativo para el consumidor y podría ser una de las razones por las cuales los insectos plaga disminuyen.

## Literatura Citada

1. Atreya, N. (2006). Chemophobia—pesticide residues in food. *Outlooks on Pest Management* 17, 242.
2. Ayuso, L.M. (1995). Utilización de residuos urbanos como enmiendas orgánicas sólidas y líquidas: Valoración agronómica y efectividad frente a enmiendas tradicionales. (Tesis Doctoral). CEBAS-CSIC. Murcia.
3. Bastida, F., Moreno, J.L., Hernandez, T. & Garcia, C. (2007). Microbial activity in non-agricultural degraded soil exposed to semiarid climate. *Sci. Total Environ.* 378: 183-186
4. Bernal-Vicente, A., Ros, M., Titarelli, F., Intrigliolo, F. & Pascual, J.A. (2008). Citrus compost and its water extract for cultivation of melon plants in greenhouse nurseries. evaluation of nutriactive and biocontrol effects. *Bioresource Technology* doi:10.1016/j.biortech.2008.04.019.
5. Cooper, J. & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Prot.* 26, 13371348.
6. Corporación Colombia Internacional CCI. (2006). Plan Hortícola Nacional. Bogotá: CCI. Recuperado de: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_28\\_PHN.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf)
7. Corporación Colombiana Internacional CCI. (2010). Análisis internacional del sector Hortofrutícola para Colombia. 1ª ed. Bogotá, 389 p.
8. Cortés, J., Sánchez, R., Díaz-Plaza E., Villen, J. & Vázquez, A. (2006). Large volume GC Injection for the analysis of organophosphorus pesticides in vegetables using the through oven transfer adsorption desorption (TOTAD) Interface. *J. Agric. Food Chem.* 54, 1997-2002.
9. Chávez, C.J. (2008). Alternativas de fertilización para el cultivo de tomate en invernadero. (Tesis Maestría). Ciencias en Suelos. Instituto Tecnológico de Torreón.
10. Fundases. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces elaborado por el Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú, investigadores científicos de Fundases.
11. Ingham, R. E. (2005). The Compost Tea Brewing Manual. 5th Edition. Soil Food web Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.
12. Larco, E. (2004). Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) en plátano. (Tesis de Maestría). Escuela de Posgraduados, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
13. Lax A., S. Rubistein & Breisbart, H. (1994). Epidermal growth factor induces acrosomal exocytosis in bovine sperm. *FEBS Letters* 339: 234–238
14. Moreno M. J. A. & López L. M. G. (2005). Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el Valle de Mexicali. *Estudios Fronterizos* 6, 119-153.
15. Moreno, J.L., F. Bastida, C. Garcia & Hernandez, T. (2008). Relationship between the agricultural management of a brócoli crop and the microbial activity of a semiarid soil. *Com Soil Plant Anal.* 39: 421-439.
16. Ochoa, M. E., Figueroa, V. U., Cano, R. P., Preciado, R. P., Moreno, R. A. & Rodríguez, D. N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(3): 245-250.
17. Ros, M., Goberna, M., Pascual, J. A., Klammer, S. & Insam, H. (2008). rDNA analysis reveals low microbial diversity in community level physiological profile assays. *Journal of Microbiological Methods*, 72:221–226.
18. Ruiz, F. J. (2004). Por qué los organismos Genéticamente Modificados (transgénicos) no se utilizan en Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo. Consejo Nacional regulador de Agricultura Orgánica. A. C.
19. Salter, C. (2004). Compost Tea – Rebuildingsoil & plant Biological health. New México Recycling Coalition conference.
20. Schnitzer, M. (1978). Humic substances and reactions. En: Soil Organic matter. M. Schnitzer, S.U. Khan (Ed). New York.
21. Scheurel, S. & Mahaffee, W.F. (2004). Compost tea as a container media drench for suppressing seedling damping-off caused by pythium ultimum. *Phytopathology*. 94: 1156-1163
22. Stevenson, F. J. (1982). Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions. Wiley Interscience Publications. John Wiley and Sons, New York. Chapter 2, p. 26-54
23. Willer, H. (2011). The world of organic agricultura. (2012). Summary. In: The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2011. IFOAM, Bonn and FiBL, Frick. 288p.

### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 14 de junio de 2015

Aceptado: 10 de agosto de 2015



# Componentes trofodinámicos de la alimentación de corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) en el Pacífico colombiano

## Trophodynamic components of corvine feeding (*Cynoscion phoxocephalus*) in the Colombian Pacific

### *Componentes trofodinâmicos da alimentação de corvina (Cynoscion phoxocephalus) no Pacífico colombiano*

<sup>1</sup>Olga Lucía Rosero Alpala, <sup>2</sup>Giovanly Orlando Gómez Cerón & <sup>3</sup>Roger Stiven Moran

<sup>1</sup>Zootecnista, Magister en Ciencias Agrarias, énfasis en Producción Animal, Doctora en Agricultura del Trópico y Subtrópico con énfasis en Producción Animal. <sup>2</sup>Biólogo. <sup>3</sup>Estudiante Programa de Tecnología en Acuicultura. <sup>1,2,3</sup>Programa de Tecnología en Acuicultura. Universidad del Pacífico. Colombia.

<sup>1</sup>luciabiotec@yahoo.com, <sup>2</sup>geobiol@yahoo.com, <sup>3</sup>rogerstiven@hotmail.com

#### Resumen

Se realizó esta investigación con la especie *Cynoscion phoxocephalus* la cual es abundante en el Pacífico colombiano. Aunque se han hecho estudios de identificación y algunos censos poblacionales referentes a las capturas artesanal e industrial, no existen reportes sobre los hábitos alimenticios, factor indispensable en la determinación de los requerimientos nutricionales de la especie y su proceso de cría en cautiverio. Se planteó como objetivo identificar hábitos alimenticios específicos mediante un análisis trofodinámico de la alimentación de la corvina o pelada blanca. El estudio se adelantó en el corregimiento de Punta Soldado, Buenaventura, Colombia, con capturas o muestreos durante un periodo de dos años; se hizo un seguimiento mensual en las diferentes capturas con una muestra de 890 especies en estudio. Se estableció porcentaje (%) de estómagos vacíos (EV), encontrándose mayoría de estómagos vacíos (81%), probablemente por una alta tasa de digestión reflejada en la escasez de alimento en el medio lo cual se visualiza en un porcentaje alto del coeficiente de vacuidad. En el

análisis cuantitativo del espectro trófico, a través de los métodos cuantitativos como el método numérico (N%:100 que corresponde a peces y el resto al camarón el 12%), método gravimétrico (G% 78 corresponde a peces y 22% al camarón) y método de frecuencia de aparición (FA% 41 que corresponde peces y el resto de muestras 12,4% a camarón). Aportes proximales en la nutrición de *C. Phoxocephalus* confirman su hábito carnívoro con un requerimiento de 51 % de proteína.

**Palabras clave:** dieta, hábito, Pacífico colombiano, corvina

#### Abstract

This research was realized with the species *Cynoscion phoxocephalus* which is abundant in the Colombian Pacific Ocean. Although there have been done studies of identification and any population censuses regarding the handmade and industrial apprehensions, reports do not exist on the nutritive habits, indispensable factor in the determination of

the nutritional requests of the species and its baby's process in captivity. It considered like target to identify specific nutritive habits by means of an analysis trofodinámico of the feeding of the sea bass or white haircut. Soldier moved forward the study in the Top corregimiento, Good luck, Colombia, with apprehensions or samplings during a period of two years; a monthly pursuit was done in the different apprehensions with a sample of 890 species in study. There established percentage (%) of empty stomachs (EV), being most of empty stomachs (81 %), probably for a high valuation of digestion reflected in the food scarcity in the way which is visualized in a high percentage of the coefficient of emptiness. In the quantitative analysis of the bogey trófico, across the quantitative methods as the numerical method (N %:100 that corresponds to fish and the rest to the shrimp 12 %), method gravimétrico (G % 78 corresponds to fish and 22 % to the shrimp) and method of frequency of appearance (FA % 41 that corresponds fish and the rest of samples 12,4 % to shrimp). Contributions proximales in the nutrition of *C. Phoxocephalus* confirms its carnivorous habit with a request of 51 % of protein.

**Palabras clave:** diet, habit, Colombian Pacific Ocean, sea bass.

## Resumo

Realizou-se esta pesquisa com a espécie *Cynoscion phoxocephalus* que é muito abundante no litoral Pacífico da Colômbia. Embora tem sido feitos

estudos de identificação e algumas contagens populacionais no que refere-se a captura artesanal e industrial, não existem reportes sobre hábitos alimentares, um fator importante na determinação dos requerimentos nutricionais da espécie e o processo de criação em cativeiro. O objetivo do estudo foi identificar os hábitos alimentares específicos usando-se uma análises trofodinâmica da alimentação da corvina ou “pelada blanca”. O estudo foi conduzido no local Punta Soldado, Buenaventura, Colômbia, com captura e amostragem alongo de um período de dois anos; foi feito um seguimento mensal nas capturas com uma amostragem de 890 espécies estudadas. Foi estabelecida a porcentagem (%) de estômagos vazios (EV), encontrando-se maior porcentagem deles (81%), provavelmente devido à taxa alta de digestão que foi reflexada na falta de alimento no meio, o que foi visto como um percentual alto do coeficiente de vacuidade. Na análise quantitativa do espectro trófico, usaram-se os métodos quantitativos como (N%:100 que corresponde a peixes e o resto ao camarão 12%), método gravimétrico (G% 78 corresponde a peixes e 22% ao camarão) e método de frequência de aparição (FA% 41 que corresponde a peixes e o resto de amostras 12,4% a camarão). Aportes proximais na nutrição de *C. Phoxocephalus* confirmam seu hábito carnívoro com requerimento de 51 % de proteína.

**Palavras-chave:** dieta, hábito, litoral Pacífico colombiano, corvina

## Introducción

Los estudios ícticos en el Pacífico colombiano no han avanzado a la par con la creciente necesidad de conocer y utilizar sosteniblemente el recurso pesquero; esto es particularmente preocupante debido al escaso conocimiento biológico de las especies en la región Pacífico y a la vulnerabilidad frente a una situación de sobrepesca de este recurso. En el litoral pacífico colombiano, el municipio con mayor importancia en desembarcos de pesca artesanal está representado por Buenaventura con el 53,33 %

de los volúmenes durante el periodo enero-agosto de 2013, le siguen en orden de importancia Tuma-co (34,79%) y Bahía Solano (7,9%) estos resultados fueron reportados por boletín SEPEC (2014). Así, mismo el mismo boletín, reporta que el 80,37% de los desembarcos son contribuidos por los peces óseos, de los cuales los mayores aportes fueron la sierra (*Scomberomorus sierra*) con 26%, el pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) con 12% y Pelada blanca (*Cynoscion phoxocephalus*) con 8%.

Debido a la importancia mundial y la distribución en regiones templadas y tropicales del mundo (Cárdenas, 2012; Barreto & Borda, 2008; Díaz (1997), se consideró pertinente para este estudio las especies del género *Cynoscion phoxocephalus* (Jordan & Gilbert, 1882), la cual tiene estudios generales adelantados por Fisher *et al.* (1995), quienes, reportan que su hábitat son las zonas costeras y que incluso los juveniles alcanzan a penetrar en estuarios, pero algunas alcanzan a vivir hasta en 800 m de profundidad. Además, se reportan algunos datos de las capturadas durante el año 2007 se reportaron 122.4 t. Históricamente las capturas han variado entre 13 y 100 t reportadas por INCODER (2010). SEPEC (2014) encontró desembarcos totales de *Cynoscion phoxocephalus* (enero - agosto de 2013) de 121.508 kg. SEPEC (2015) encontró 48.880 kg entre noviembre y diciembre de 2014 como resultado de la pesca comercial y artesanal.

Sin embargo, la especie *Cynoscion phoxocephalus*, se ha estudiado muy poco respecto a los aspectos de su biología, a pesar de la importancia económica y alimenticia en la región del Pacífico colombiano (Gómez, 1996). Además, en los últimos 10 años el impacto sobre los ecosistemas de manglar (Castellanos & Krumme, 2013), se ve reflejado en la población y se requiere conocer sus hábitos alimenticios, y establecer un régimen alimenticio adecuado para su potencial cría en cautiverio.

## Materiales y métodos

### Localización

El estudio se realizó en la zona del corregimiento de Punta Soldado, ubicada a 15 km de la Bahía de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia (Figura 1).



Figura 1. Localización del área de estudio

### Muestras

Datos morfológicos y biométricos de la corvina (*Cynoscion phoxocephalus*)

Se trabajó con material biológico que fue colectado

cada mes, desde octubre de 2013 a noviembre de 2015, un total de 890 ejemplares, los cuales permitieron establecer parámetros de comportamiento y completar un ciclo anual.

Las colectas fueron el resultado de la captura de la pesca artesanal de la localidad de Punta Soldado. Los organismos colectados fueron mantenidos en hielo hasta su traslado al laboratorio en neveras portátiles (9,5 l, marca Rubbermaid), las muestras se colocaron en frío, para evitar que los contenidos estomacales continúen el proceso de digestión. En el laboratorio se identificaron características taxonómicas mediante las claves establecidas en la guía para la identificación de especies con fines de Pesca, FAO (Fischer *et al.*, 1995).

Para las medidas biométricas se siguieron los criterios de Caillet, Love & Ebelling (1986), con la ayuda de la Tabla para medición de peces Pickett 24<sup>M</sup>/60 cm, se determinó, la Longitud Total (LT), Longitud Standar (LP) en mm. La proporción de sexos se estableció en los ejemplares muestreados, estableciendo el porcentaje de hembras y machos capturados. Posteriormente fueron pesados en una balanza digital de plataforma Pesola 3000g +/- 0,2g y también se registró el peso de la cabeza y el diámetro de apertura de la boca. Para cada individuo se elaboró una ficha que contenía toda la información y se construyeron las matrices de resultados.

Se determinó el factor de condición, el cual se define como la condición fisiológica del animal que está determinado por factores bióticos y abióticos. Las variaciones en este estado pueden ser expresadas a través del factor de condición expresado mediante la ecuación 1.

$$K = W/Lt^3 * 100 \quad (1)$$

Donde W= Peso total (kg)

Lt= Longitud total del pez (mm)

Un cambio en el peso a una longitud particular o un cambio sin el correspondiente cambio en peso alteran K (Bauchot & Bauchot, 1978).

### **Biología trófica**

Estimación de los hábitos alimenticios de la corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) zona del corregimiento de Punta Soldado

Se llevó a cabo el análisis cualitativo del contenido estomacal sin tener en cuenta el resto del tracto digestivo (apéndice pilórico e intestino). Se seleccionó, como mínimo una muestra de hasta 40 individuos que representara a todas las clases de tallas de cada uno de los sitios; en el caso de que los individuos no sumaran 40, se seleccionaron todos los individuos capturados.

#### **a. Análisis Porcentual o Coeficiente de Vacuidad Tracto Gastrointestinal**

Se separó todo el tracto gastro-intestinal, desde el nivel de las branquias hasta el final del intestino, el cual se pesó completo.

Coeficiente de Vacuidad: representa el porcentaje de estómagos vacíos (EV), en relación al número total (n) de estómagos examinados (ecuación 2).

$$CV = EV/n * 100 \quad (2)$$

#### **b. Análisis cualitativo del contenido estomacal**

Con equipo de disección se abrieron los estómagos para extraer el contenido, el cuál fue vaciado a cajas de Petri, y para hacer el análisis del contenido gástrico se utilizó un microscopio estereoscópico. Para estimar el gremio trófico y la amplitud de dieta se identificaron cada uno de los componentes alimentarios hasta el menor taxón posible dependiendo del estado de digestión de las presas.

- **Peces:** en un estado mínimo de digestión se utilizaron las claves de Allen & Robertson (1994), Fisher *et al.* (1995) y Vásquez, Rodríguez, Abitia & Galván (2008). Para peces con un avanzado estado de digestión, donde sus características vertebrales fueran evidentes, se utilizaron claves de identificación de Clotier (1950), Monod (1968) y Miller & Jorgensen (1973) citados por Vásquez *et al.* (2008).
- **Cefalópodos:** su identificación taxonómica se realizó a partir de sus aparatos mandibulares usando las claves de Wolff (1982, 1984) y Clarke (1986) citados por Vega (2011); Montaña, Cedeño-Figueroa & Galván-Magaña (2009)

- **Crustáceos:** se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, mediante el uso de las claves mejoradas por Pérez–Farfante, (1970); Pérez–Farfante & Kensley (1997).

### c. Cuantificación del espectro trófico.

El contenido del tracto se extiende lo más homogéneamente posible sobre una superficie de 10 X 10 cuadros (cada cuadro representó un área de 0.96 mm<sup>2</sup>). El número total de cuadros ocupados representaron el 100% de la dieta de cada individuo. Este método determina la cantidad de alimento ingerido y ofrece información referente al comportamiento de la especie (Mar Silva, Hernández & Medina, 2014).

Una vez identificadas taxonómicamente la totalidad de las presas, y con la finalidad de conocer cuáles son los componentes tróficos más importantes en la dieta de la corvina en términos de abundancia, biomasa y frecuencia de aparición se aplican métodos cuantitativos como el método numérico (N%), método gravimétrico (G%) y método de frecuencia de aparición (FA%) de acuerdo a las ecuaciones 3, 4 y 5.

Método de frecuencia de aparición (FA%) según Caillet *et al.* (1986).

$$FA\% = n/N * 100 \quad (3)$$

Dónde:

FA%= Método de frecuencia de aparición en porcentaje

n= Número de estómago con una misma presa.

N= Número total de estómagos analizados.

Método numérico (N%)

$$N\% = n/NT * 100 \quad (4)$$

Dónde:

N%= Método numérico en porcentaje

n= Número de un determinado ítem presa

NT= Número total de todos los ítem presa

Método gravimétrico (G%). Para la obtención de estos pesos se usó una balanza digital de bolsillo peso hasta 1000g +/-0,1g.

$$G\% = p/PT * 100 \quad (5)$$

Dónde:

G%= Método gravimétrico en porcentaje

p= Peso de un determinado ítem presa

PT= Peso total de todos los ítem presa

### d. Análisis de laboratorio.

Para la determinación de la composición nutricional de las presas se realizó un análisis bromatológico de Weende y energía. Estableciéndose las concentraciones de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, carbohidratos y ceniza. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de nutrición animal, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.

Para la presente investigación las pruebas estadísticas se llevaron a cabo en el programa computacional STATISTICA 5.1.

## Resultados y discusión

### Datos morfológicos y biométricos de la corvina (*Cynoscion phoxocephalus*)

- a. Características taxonómicas: Los peces capturados se identificaron mediante las claves establecidas en la guía para la identificación de especies con fines de Pesca, FAO (Fischer, 1995). Se estableció que el 73 % (890 ejemplares) de la población total de corvinas corresponden a la especie *Cynoscion phoxocephalus*. Del Orden: Perciformes; Suborden: Percoidei; Familia: Sciaenidae; Genero: Cynoscion; Especie: Phoxocephalus.



a) *Cynoscion phoxocephalus*

**Figura 1.** Descripción según Fisher, 1995. Boca dirigida hacia arriba, su extremo anterior situado por encima de una línea horizontal a través del centro del ojo



**Figura 2.** Comparación Cabeza (Fuente: Rosero, 2004)



**Figura 3.** Comparación aleta caudal recta (Fuente: Rosero, 2014)

Sin embargo existen especies de este género que son producto solamente de la captura, de las cuales se conoce muy poco, por lo tanto fue importante la información indicada por Fisher *et al.* (1995), quien describe aspectos específicos de la especie *Cynoscion Phoxocephalus*, permitiendo descartar posibles confusiones con las especies *Cynoscion stolzmanni*, *Cynoscion squamipinnis*, *Cynoscion reticulatus*, *Cynoscion albus*, de amplia distribución en el Pacífico oriental. Estudios adelantados por Aguirre & Shervette (2005) quienes encontraron cinco especies de *Cynoscion* (*C. albus*, *C. analis*, *C. phoxocephalus*, *C. squamipinnis*, and *Isopisthus remifer*) en el golfo de Guayaquil. De los cuales es necesario tener claro que no hay confusiones, pues las especies que se encuentran en la composición de las capturas predominan *Cynoscion albus*, corvina amarilla (72%); seguido de *Cynoscion squamipinnis*,

ayanque (14%) *Cynoscion phoxocephalus*, anton (11%) y en menor proporción *Cynoscion stolzmanni*, corvina plateada (3%)

También se verificó con información actual de la familia *Sciaenidae*, sobre la cual existen numerosos estudios sobre su taxonomía tal como los presenta ARAP (2011), quien indica que estos peces son alargados a ovalados, con la base de la aleta dorsal muy larga y una hendidura (o completamente separada en algunas pocas especies) entre las secciones espinosa y suave de esa aleta, Otras características generales incluyen un hocico relativamente romo en la mayoría de las especies; poros muy conspicuos en el hocico y en la mandíbula inferior, una faldeta ósea arriba del opérculo; canales cavernosos sensoriales grandes en la cabeza (Aguirre & Shervette, 2005).

Con estas orientaciones se enfoca la identificación del género *Cynoscion*, el cual se reporta con aproximadamente ocho especies caracterizadas por su cuerpo elongado y fusiforme, con una altura de más de un cuarto (1/4) de la longitud total; mandíbula superior presenta grandes dientes semejantes a caninos, a menudo pareados y curvados; su mandíbula inferior presenta dientes pequeños (Rubio, 1988). Sin embargo estudios en bahía Málaga de la costa

Pacífica adelantados por Castellanos *et al.* (2006) indican una gran presencia poblacional de 27 especies de la familia *Sciaenidae*.

#### Datos biométricos

Se registraron, los datos biométricos durante los 5 semestres comprendidos desde inicios del año 2013 hasta el segundo semestre de 2015 y se obtuvo la información de la Tabla 1.

**Tabla 1.** Datos biométricos (promedio de cinco semestres de muestreos desde 2013 a 2015)

Muestreo	Total	Sexo									
Semestres	Población	M <sup>1</sup>	H <sup>2</sup>	LTM <sup>3</sup>	LTH <sup>4</sup>	LSM <sup>5</sup>	LSH <sup>6</sup>	WTM <sup>7</sup>	WTH <sup>8</sup>	WEM <sup>9</sup>	WEH <sup>10</sup>
oct-dic2013	210	60	150	37	34,8	32,2	30,6	387,5	441,1	361,7	387,5
en-jun2014	170	70	100	29,4	31,0	25,6	27,3	274,8	350,4	253,6	312,1
jul-dic-2014	160	50	110	40,8	42,1	35,5	37,0	306,4	373,8	276,0	318,0
En-jun2015	180	60	120	31,7	34	26,5	29,8	346,7	374,3	283,4	337,6
Jul-dic-2015	170	40	130	37,8	32,1	32,8	28,3	410,1	403,8	362,3	348,9

<sup>1</sup>M: machos; <sup>2</sup>H: hembras; <sup>3</sup>LTM: Longitud Total Machos; <sup>4</sup>LTH: Longitud Total Hembras; <sup>5</sup>LSM: Longitud Estándar Machos; <sup>6</sup>LSH: Longitud Estándar Hembras; <sup>7</sup>WTM: Peso total macho; <sup>8</sup>WTH: Peso total macho; <sup>9</sup>WEM: Peso Eviscerado machos; <sup>10</sup>WEH: Peso Eviscerado hembras.

#### b. Longitud

De esta selección se obtuvieron 890 ejemplares, a los cuales se les establecieron las medidas biométricas según Caillet *et al.* (1986) tal como se describe en la Tabla 1. Inicialmente se estableció la longitud y al mismo tiempo se determinó el sexo de los ejemplares. La población muestra estuvo representada por el 69 % hembras y el 31 % de machos. Se estableció una longitud total máxima de 40,8 cm en los machos y para las hembras 42,1 cm; según Fischer (1995) la máxima talla que alcanza esta especie es de 60 cm. Gómez (1996) reporta una longitud máxima de 75.64 cm con un seguimiento de un año. Otros autores como Barreto & Borda (2009) encontraron la estructura de tallas, la cual estuvo distribuida en la frecuencia comprendida entre 25 y 52 cm LT. (n = 3785), con una talla media de captura de 40 cm LT, que comparada con la talla media de

madurez sexual estimada de 35, 3 cm LT (n =280 machos) indica que se están capturando tallas menores a la primera madurez sexual lo que pone en riesgo la biomasa reproductiva de la especie.

#### c. Peso

Se estableció en promedio el peso de 310,75g ± 1,5 (D.E) en los machos y 362,35 g ± 1,5 (D.E) para hembras para el primer periodo de evaluación, en el segundo periodo de evaluación se encontró peso de 368 g ± 5 (D.E) en los machos y 406,2 g ± 8 (D.E) para hembras. En la investigación realizada por Gómez (1996) evaluó 792 ejemplares con pesos que variaron entre 14,4 g (11,5 cm) a 4470g (72, 0 cm). Está claro que la época comprendida entre los semestres de julio a diciembre los ejemplares alcanzaron mayores pesos que en el periodo comprendido entre enero y junio.

**d. Aspectos generales del factor de condición**

La condición fisiológica del animal se expresó a través del factor de condición que para los machos tuvo un valor de  $K=0,78$  y para las hembras de  $K= 0,82$  presentado una diferencia significativa entre machos y hembras ( $P<.05$ ). Un cambio en el peso a una longitud particular o un cambio sin el correspondiente cambio en peso alteran  $K$  (Bauchot & Bauchot, 1978). Que es visible al obtener el factor condición con el peso eviscerado de  $K= 0,81$  hembras y  $K= 0,70$  en los machos.

**Biología trófica**

Estimación de los hábitos alimenticios de la corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) del corregimiento de

Punta Soldado. Es de gran importancia la interacción de la especie predatora y su presa, pues tiene un rol determinante de la estructura y función de los ecosistemas (Wuenschel, Kenneth, Vasslides & Byrne, 2014).

**a. Análisis Porcentual o Coeficiente de Vacuidad Tracto Gastrointestinal**

De acuerdo a la ecuación 2, representa el porcentaje de estómagos vacíos (EV), en relación al número total (n) de estómagos examinados (Tabla 2).

**Tabla 2. Coeficiente de Vacuidad de la Corvina**

Muestreros	II sem 2013	I sem 2014	II sem 2014	I sem 2015	II sem 2015
EV	171	100	122	146	131
N	210	170	160	180	170
%CV	81	59	76	81	77

La mayoría presentaron los estómagos vacíos, lo cual refleja dos hipótesis una alta tasa de digestión reflejada en el porcentaje alto del coeficiente de vacuidad o la escasez de alimento.

**b. Análisis cualitativo del contenido estomacal**

Del resumen de la colección de muestras 2013-2015 en Punta Soldado, de 890 peces colectados se establecieron variables como estómagos analizados, y estómagos con presa. Se estimó el gremio trófico y la amplitud de dieta, se identificaron cada uno de los componentes alimentarios hasta el menor taxón posible dependiendo del estado de digestión de las presas. Durante el análisis de contenido estomacal para conocer la dieta (componentes alimenticios) fueron identificados los niveles taxonómicos de la presa, mediante las claves de Allen & Robertson (1994), Fisher *et al.* (1995) y Vásquez *et al.* (2008).

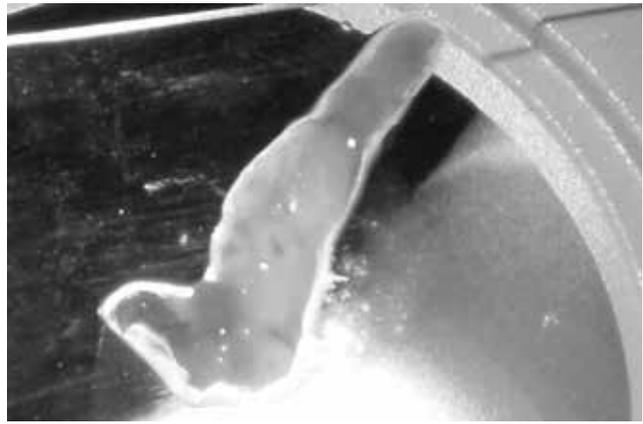
- **Peces:** Tal como se muestra en la Figura 4, la principal presa encontrada fue de peces, y el mayor de los porcentajes encontrados fue de 41,2% del total.



**Figura 4. Pez en proceso de digestión**  
(Fuente: Rosero, 2014)

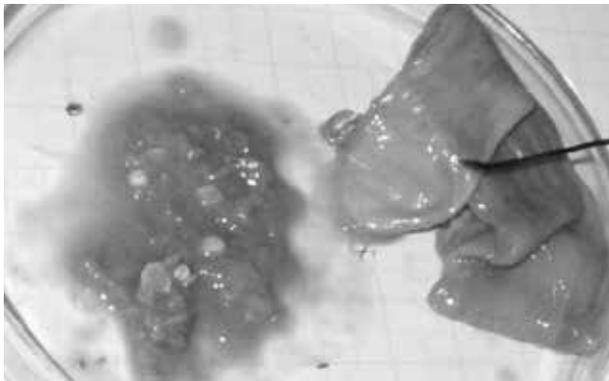


**Figura 5.** Pez en proceso de digestión  
(Fuente: Rosero, 2014)

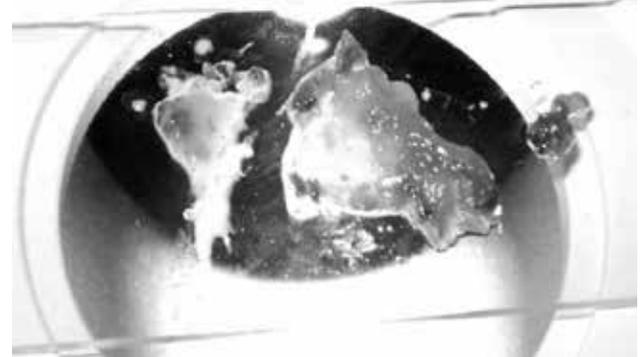


**Figura 7.** Camarón en proceso de digestión  
(Fuente: Rosero, 2014)

En el caso de las presas de pez que estuvieron en avanzado estado de digestión, se utilizaron claves de identificación de Clotier (1950), Monod (1968) y Miller & Jorgensen (1973) citados por Vásquez *et al.* (2008).



**Figura 6.** Pez altamente digerido (Fuente: Rosero, 2014)

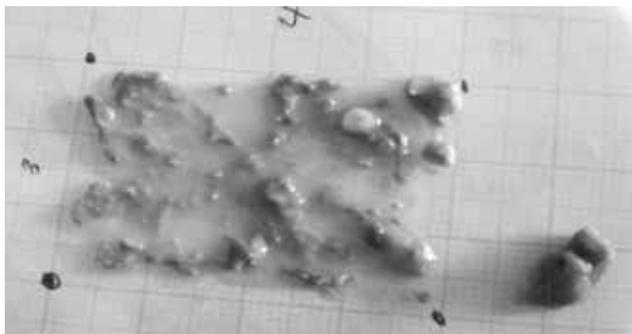


**Figura 8.** Camarón en proceso semi-digestión y digerido  
(Fuente: Rosero, 2014)

- **Cefalópodos:** su identificación taxonómica se realizó a partir de sus aparatos mandibulares usando las claves de Wolff (1982, 1984) y Clarke (1986) citados por Vega *et al.* (2011); Montaña, Cedeño-Figueroa & Galván (2009). Sin embargo en los contenidos analizados no se encontró resto de ellos en los estómagos analizados.
- **Crustáceos:** se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, mediante el uso de las claves de Garth & Stephenson (1966) y Brusca (1980). Sin embargo en los contenidos analizados se encontraron restos de ellos en los estómagos analizados, lo cual representó el 12,4%. En las Figuras 7 y 8 se muestran algunos ejemplares digeridos y semi-digeridos de camarón.

### c. Análisis cuantitativo del espectro trófico.

El análisis cualitativo permitió identificar las presas, con un porcentaje general de existencias. Sin embargo para lograr obtener información con más claridad se cuantificaron los hallazgos, el contenido del tracto se extendió lo más homogéneamente posible sobre la superficie de 6 x 8 cuadros (cada cuadro representó un área de 0.96 mm<sup>2</sup>). El número total de cuadros ocupados representaron el 100% de la dieta de cada individuo (Figura 9). Este método determinó la cantidad de alimento ingerido y ofreció la información referente al comportamiento de la especie (Mar Silva *et al.*, 2014).



**Figura 9.** Numero de recuadros ocupados por el alimento ingerido

Una vez se identificó taxonómicamente la totalidad de las presas, y con la finalidad de conocer cuáles de los componentes tróficos eran más importantes en la dieta de la corvina en términos de abundancia,

biomasa y frecuencia de aparición se aplicaron métodos cuantitativos como el método numérico (N%), método gravimétrico (G%) y método de frecuencia de aparición (FA%). Se muestran en la Tablas 3, 4 y 5 los resultados encontrados.

En la Tabla 3 se observa que la FA% fue inferior al 41,2%, no se pueden precisar las razones de tan bajo número de presas, a pesar de la gran cantidad de peces que se capturan, se puede mencionar que la región donde se extrajo la muestra fue donde inicia la profundización de la ruta de las buques de diversos calados al Puerto de Buenaventura. En estudios realizados por Castellanos & Krumme (2013), mencionan que los desastres ambientales a nivel de manglar desestabilizan el ecosistema y la cadena trófica.

**Tabla 3.** Método de frecuencia de aparición en porcentaje

	II sem 2013	I sem 2014	II sem 2014	I sem 2015	II sem 2015
n= Número de estómago con una misma presa: camarón	26	0	0	0	0
n= Número de estómago con una misma presa: Peces	13	70	38	34	39
N= Número total de estómagos analizados.	210	170	160	180	170
<b>Crustáceos FA%</b>	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Peces FA%</b>	6,2	41,2	23,8	18,9	22,9

Fuente: Método de frecuencia de aparición (FA%) según Caillet *et al.*, (1986)

Respecto al método numérico (Tabla 4) se encontró que la mayor cantidad de presas corresponde a pescado de la especie carduma o sardina *Opisthema medirrastrre* (Rubio, 1988)

**Tabla 4.** Método numérico

	II sem 2013	I sem 2014	II sem 2014	I sem 2015	II sem 2015
<b>n= Número de un determinado ítem camarón</b>	26	0	0	0	0
<b>n= Número de un determinado ítem pescado</b>	13	70	38	34	39
<b>NT= Número total de todos los ítem presa</b>	39	70	38	34	39
	67	0	0	0	0
<b>Método numérico (N%)</b>	33	100,00	100,00	100,00	100,00

Respecto al método gravimétrico (Tabla 5) el peso encontrado fue superior en las presas del tipo pescado, debido al gran tamaño que alcanza de adulto esta especie de carduma *Opisthema medirrastrae* que llega a pesar aproximadamente 200 g. Además por la facilidad de reproducción y la población forma

cardúmenes extensos y densos. La otra característica importante de este pez que favorece la disponibilidad, es el medio en el cual crece, se encuentran sobre fondos fangosos o arenoso-fangosos, cerca de las desembocaduras de los ríos.

**Tabla 5. Método gravimétrico en porcentaje**

	II sem 2013	I sem 2014	II sem 2014	I sem 2015	II sem 2015
<b>p= Peso promedio camarón</b>	2,75	0	0		0
<b>p= Peso promedio peces</b>	10	8,4	7,912	10,8	0,96
<b>PT= Peso total de todos los ítem presa</b>	<b>12,75</b>	<b>8,4</b>	<b>7,912</b>	<b>10,8</b>	<b>0,96</b>
<b>Camarón G%</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Peces G%</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**d. Análisis nutricional de la muestra de contenido estomacal de la corvina (*Cynoscion phoxocephalus*)**

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos en el análisis bromatológico del contenido estomacal.

**Tabla 6. Análisis bromatológico del contenido estomacal de corvina**

Determinación (%)	Contenido estomacal Corvina
<b>Materia Seca</b>	28,1
<b>Proteína</b>	51,08
<b>Extracto etéreo</b>	28,81
<b>Carbohidratos</b>	0,85
<b>Cenizas</b>	19,25
<b>Energía Bruta Cal/g. MS</b>	5389

Fuente: Laboratorio de nutrición animal de la Universidad Nacional de Colombia

Estos resultados muestran los resultados proximales de los requerimientos de la especie *Cynoscion phoxocephalus* en estado adulto, resaltando que es mayor el requerimiento de proteína (51,09%) que en otros géneros como *Cynoscion othonopterus*, la cual requiere 46 % (Pérez *et al.*, 2014). Y también va acorde a su hábito carnívoro, tal como lo indica ARAP (2011) quien afirma que gran cantidad de especies del género *Cynoscion* son generalmente

carnívoras, y se alimentan de una variedad de peces pequeños y de invertebrados bentónicos.

Haciendo una discusión final sobre la biología de la corvina *Cynoscion phoxocephalus* la cual presenta parámetros similares a muchas otras que pertenecen su género y el potencial que tiene para ser cultivada en cautiverio se basa en trabajos adelantados en la corvina del género *Cynoscion*, las cuales han alcanzado el nivel de cría comercial tal como la corvina pintada (*C. Nebulosus*), la corvina golfina (*C. othonoptreus*), la corvinata real (*C. regalis*), la corvina boquinaranja (*C. xanthulus*) (Cárdenas, 2012).

## Conclusiones

La biología de la corvina *Cynoscion phoxocephalus*, la cual tiene como hábitat el área de Punta Soldado, en el Pacífico colombiano, presentó hábitos carnívoro y como presas principales se encontraron peces y camarones. Todos estos aspectos de la biología son necesarios para comprender el papel fundamental de la alimentación y la nutrición de la especie con gran potencial de cultivo en cautiverio en el Pacífico Colombiano. Se recomienda estudiar a fondo los aportes nutricionales de la dieta y determinar así requerimientos nutricionales de la especie.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Oficina de Investigaciones de la Universidad del Pacífico por la financiación del proyecto.

## Literatura Citada

1. Aguirrea, W. & Shervette, V. (2005). Morphological diversity of the *Cynoscion* group (Perciformes: Sciaenidae) in the Gulf of Guayaquil region, Ecuador: A comparative approach. *Environmental Biology of Fishes*. 73: 403–413.
2. Cárdenas, S. (2012). Biología y acuicultura de corvinas en el mundo. *Revista AquaTIC, n° 37*, pp. 1-13. Año 2012. ISSN 1578-4541
3. Allen, G.R. & Robertson, D.R. (1994). Fishes of the tropical eastern Pacific. University of Hawaii Press, EU. 332 p.
4. ARAP. (2011). Guía de peces para la identificación de Especies Comerciales. Dirección de Investigación y Desarrollo. Documento Técnico de Pesca. Ciudad de Panamá, Panamá. 93 p. ISBN 978-9962-8994-1-9.
5. Barreto, C.G. & Borda, C.A. (2008). Evaluación de recursos pesqueros colombianos. Boletín técnico. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA - . 131 p.
6. Bauchot, R. & Bauchot, M. L. (1978). Coefficient de condition et indice pondéral chez les Téléostéens. *Cybiu*. 3 (4): 3- 16
7. Brusca, R. C. (1980). Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Univ. Arizona Press, 2a. Edition. Tucson. 513 p.
8. Caillet G. M., M. S. Love & Ebeling, A.W. (1986). Fishes: A field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Wadsworth Publishing Co., Belmont, California. 194 p.
9. Castellanos Galindo, G. A., Caicedo Pantoja, J. A., Mejía Ladino, L. M. & Rubio, E. (2006). Peces marinos y estuarinos de Bahía Málaga, Valle del Cauca, Pacífico colombiano. *Biota Colombiana* 7 (2) 263 – 282.
10. Castellanos-Galindo, G.A. & Krumme, U. (2013). Tidal, diel and seasonal effects on intertidal mangrove fish in a high-rainfall area of the Tropical Eastern Pacific. *Mar Ecol Prog Ser* 494:249-265
11. Díaz Ochoa, J. (1997). Aspecto biológico –pesqueros de dos especies de *Cynoscion* con anotaciones sobre la ictiofauna acompañante en la pesca del camarón de aguas someras en la ensenada de Tumaco, pacífico colombiano. *DAHLIA -Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* 2: 79-83.
12. Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, K.E., Carpenter K.E. & Niem, V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro –Oriental. Volumen III, Vertebrados-Parte 2. FAO ISBN 92-5-303675-3. 624 p.
13. Garth, J. & Stephenson, W. (1966). Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha: Portunidae. Allan Hancock Monogr. *Mar. Biol.* 1-154.1:
14. Gómez, G. (1996). Estudio preliminar sobre la biología poblacional de *Cynoscion phoxocephalus* (Pisces: Sciaenidae) en el Golfo de Tortugas – Pacífico colombiano. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Cali – Colombia. 105p.
15. INCODER. (2010). Documento técnico de cuotas de pesca.
16. Jordan, D. S. & Gilbert, C.H. (1882). List of a collection of fishes made by Mr. L. Belding near Cape San Lucas, Lower California. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 5: 378-381.
17. Mar Silva V., Hernández Morales, R. & Medina Nava, M. (2014). Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces. *Biológicas*, Diciembre, 16(2): 13 – 16.
18. Montaña, C., Cedeno-Figueroa, L. G. & Galván-Magaña, F. (2009). Hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) (Chondrichthyes) en el Pacífico ecuatoriano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(2): 379-386.
19. Pérez Farfante, I. (1970) Claves ilustradas para la identificación de los camarones de la América Latina. *Inst. Nal. Invest. Pesq. Ser. Divulgación* (3): 1–50.
20. Pérez Farfante I. & Kensley B. (1997.) Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world: keys and diagnoses for the families and genera. *Mémoires du Muséum National d' Histoire Naturelle* 175: 1–233.
21. Pérez Velázquez, M., Urquidez Bejarano, P., González Félix, M. L. & Minjarez-Osorio, C. (2014). Evidence of Euryhalinity of the Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*). SHORT COMMUNICATION. *Physiol. Res.* 63: 659-666
22. Rubio, E. (1988). Peces de importancia comercial del Pacífico colombiano. Centro de Investigaciones Marinas y Estuarinas de la Universidad del Valle, 499pp.
23. SEPEC (2014). Boletín estadístico. Enero – agosto de 2013. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. 40 p
24. SEPEC, (2015). Boletín estadístico. Enero – agosto de 2014. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. 40 p
25. Vázquez, R., Rodríguez, J., Abitia, L. & Galván, F. (2008). Hábitos alimenticios del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) (Percoidae: Lutjanidae) en la Bahía de La Paz, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(2): 295-302.
26. Vega, M. A. (2011). Uso de la morfometría de las mandíbulas de cefalópodos en estudios de contenido estomacal. *Lat. Am. J. Aquat. Res. [online]. 2011, vol.39, n.3, pp. 600-606. ISSN 0718-560X.*
27. Wuenschel, M., Kenneth, A., Vasslides, J. & Byrne, D. (2014). Habitat and diet overlap of 4 piscivorous fishes: variation on the inner continental shelf off New Jersey. *Fishery Bulletin* 111(4): 352–369.

### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 23 de mayo de 2015  
Aceptado: 29 de julio de 2015

# Producción de café (*Coffea arabica* L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia

## Production of coffee (*Coffea arabica* L.) depending on soil properties, in two localities of Quindío, Colombia

### *Produção de café (Coffea arabica L.) em função das propriedades do solo, de duas localidades em Quindío, Colômbia*

<sup>1</sup>Luz Adriana Lince Salazar & <sup>2</sup>Siavosh Sadeghian Khalajabadi

<sup>1</sup>Geóloga, Estudiante de maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente en la Universidad de Manizales, Colombia. <sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Agrarias énfasis Suelos, Doctor en Ciencias Agropecuarias énfasis Fisiología Vegetal.

<sup>1,2</sup>Centro Nacional de Investigaciones de Café- CENICAFE. Manizales. Colombia.

<sup>1</sup>luz.lince@cafedecolombia.com, <sup>2</sup>siavosh.sadeghian@cafedecolombia.com

#### Resumen

La producción agrícola es afectada por los componentes suelo, clima y manejo del sistema, los cuales al interactuar originan más de 50 factores que influyen de diferente forma en el cultivo. Con el objetivo de identificar las propiedades del suelo que determinan en mayor grado la producción de café, se realizó una investigación en dos localidades del departamento del Quindío, Colombia, entre los años 2011 y 2012, en lotes de café de 1,0 ha, plantados con variedad Castillo® de tres años de edad y fertilizados según los análisis de suelos. Se tomaron muestras de suelo cada 10 m en forma de retícula, a una profundidad de 0 a 20 cm y se analizaron 31 propiedades físicas y químicas. Cada muestra estaba conformada por cuatro muestras simples, tomadas en el plato de los árboles colindantes, a los que se les registró la producción de café cereza durante 21 meses. En general, la producción fue explicada entre 17,89% y 41,16%, por pocas propiedades, entre ellas porosidad, textura, profundidad del horizonte A, y contenidos de materia orgánica, S, B y Mn.

**Palabras clave:** porosidad, humedad gravimétrica, boro, materia orgánica.

#### Abstract

Agricultural production is affected by the climate, soil, and crop management components. Which interacting to originate the more than 50 factors that influencing differently in the crop. With the objective of identifying the variables of the soil that determine to a greater degree coffee production, a study was developed in the Department of Quindío, between 2011 and 2012, in three-year old Castillo® variety coffee plantations, handled in conventional way, and fertilized according to soil analysis. Were taken Soil sample every 10 m crosshair at a depth of 0 to 20 cm, and were analyzed 31 physical and chemical properties. Each sample was made up of four simple samples, taken on the plate of the neighboring trees, to which were recorded cherry coffee production for 21 months. In general, was explained the production between 17,89% and 41,16%, by a few

properties, including porosity, texture, depth of horizon A, and content of organic matter, S, B and Mn.

**Key-words:** Porosity, gravimetric moisture, organic matter, boron

## Resumo

A produção agrícola é afetada pelos componentes solo, clima e manejo do sistema, quando eles interagem dão origem a mais de 50 fatores que influenciam de forma diferente nas culturas. Com o objetivo de identificar as propriedades do solo que determinam maiormente a produção de café, foi realizada uma pesquisa em duas localidades do estado de Quindío, Colômbia, entre 2011 e 2012, em

parcelas de café de 1,0 hectare, plantados com a variedade Castillo® de três anos de idade e fertilizados segundo as análises de solo. Foram coletadas amostras de solo cada 10 m na forma de retícula, a profundidade foi de 0 a 20 cm e analisaram-se 31 propriedades físicas e químicas. Cada amostra consistiu de quatro amostras simples, coletadas na placa de árvores adjacentes, com produção de café cereja registrada durante 21 meses. De forma geral, a produção foi explicada entre 17,89% e 41,16%, por poucas propriedades, entre elas porosidade, textura, profundidade do horizonte A, y conteúdos de matéria orgânica, S, B y Mn.

**Palavras-chave:** porosidade, umidade gravimétrica, boro, matéria orgânica.

## Introducción

La producción agrícola es afectada por los componentes suelo, clima y manejo del cultivo, los cuales interactúan y originan más de 50 factores que influyen en ella de diferente forma (Havlin, Beaton, Tisdale & Nelson, 2004). Dichos componentes presentan variabilidad espacial y temporal, la cual en muchas ocasiones se ve también reflejada en la producción.

Entre estos factores, el suelo es el que presenta la variabilidad más estable (Xia, Zhao, Hao & Zhang, 2015); es decir sus propiedades químicas y físicas no varían en el corto tiempo (horas, días, meses), a no ser que se vean afectadas por el manejo. Esta variabilidad se da a largas y cortas distancias, en virtud del material parental y la topografía, que son contempladas como factores limitantes de la producción (de Moraes *et al.* 2016; Silva *et al.*, 2015; Munkholm, Heck, & Deen, 2013; Jin *et al.*, 2011). A pesar de lo anterior, en la mayoría de investigaciones enfocadas a la variabilidad de la producción, no se incluye la variabilidad edáfica (Stadler *et al.*, 2015), debido a que genera altos costos en análisis y demanda más tiempo a causa del muestreo (Heil & Schminhalter, 2012). Sin embargo, hoy en día se adelantan estudios de las propiedades de la

superficie del suelo por métodos de sensoramiento geofísico no invasivo, que tienden a disminuir los costos y el tiempo de evaluación (Sudduth, Kitchen, Myers & Drummond, 2010; Abdu, Robinson, Seyfried & Jones, 2008; Corwin & Lesch, 2005), lo cual puede llevar a que se incrementen los estudios de variabilidad del suelo a una escala más detallada.

Entre las formas de evaluar la influencia de la variabilidad de las propiedades del suelo en la producción están los modelos de rendimiento espacial (Rosenzweig *et al.*, 2013); en estos se evalúan el área foliar, la materia seca y/o la producción de frutos (Hakojärvi, Hautala, Ristolainen & Alakukku, 2013; Stadler *et al.*, 2015) en función de indicadores, tales como contenidos de elementos nutritivos en el suelo (Tahvanainen y Rytönen, 1999; Kersebaum *et al.*, 2005) y conductividad eléctrica (Stadler *et al.*, 2015). Sin embargo, algunos autores como Stadler *et al.* (2015) y Hakojärvi *et al.* (2013) indican que es difícil predecir la acumulación de biomasa a partir de las propiedades del suelo, ya que es difícil separar la influencia de otros factores como clima, enfermedades, manejo y pendiente del terreno, y para Mirschel *et al.* (2014) estos modelos deben utilizarse con precaución, ya que la extrapolación de los

datos es riesgosa y presenta incertidumbre, especialmente cuando se aplican a condiciones para las que no fueron calibrados.

Para la producción de café y su relación con las propiedades del suelo, Castro-Tanzi *et al.* (2012) identificaron los contenidos de N, K, P y Mg como los de mayor influencia; Sadeghian (2008) halló relaciones entre los contenidos de N, K y P del suelo y la producción de café; Valencia (1999) propuso la densidad aparente como uno de los factores determinantes de la producción de café en Colombia, y Salamanca & Sadeghian (2005) encontraron, para etapa de almacigo, que esta propiedad influye en la producción de biomasa; DaMatta & Ramalho (2006) determinaron que el estrés hídrico puede disminuir la producción del cultivo hasta en un 80%; lo cual tiene relación con el reporte de Suárez (1996) al indicar que un volumen poroso reducido impide que el sistema radical se desarrolle y que se puedan absorber la cantidad de agua y nutrientes necesarios, especialmente en épocas secas. Bermúdez (1954) encontró una relación directa entre el desarrollo de las raíces y la porosidad del suelo, al igual que con profundidad del horizonte A, textura, humedad y aireación, además indicó que el sistema radical tiene forma de cono invertido, cuya extensión y diámetro dependen del tipo de suelo, lo que hace que la planta de café no tenga un sistema de raíces típico, sino uno modificado según el tipo de suelo.

A pesar de que se han realizado investigaciones en torno a la influencia de las propiedades del suelo en la producción de café, no se encuentran reportes de la influencia de los elementos menores ni de la mayoría de propiedades físicas, por tal razón se investigó en la identificación de más variables del suelo que limiten la producción de café a nivel de lote.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en dos fincas de vocación cafetera, Buenos Aires y El Cortijo, ubicadas en la región central del departamento de Quindío, Colombia a 4°29'01"N, 75°42'00" W y 4°34'50" N, 75°38'43" W, respectivamente. Entre los años 2011

y 2012, según los registros de precipitación (3528 mm/año en 2011 y 2685 mm/año 2012, medidos en la estación meteorológica La Pradera – Federación Nacional de Cafeteros de Colombia), estuvieron afectados por el fenómeno de La Niña. Las unidades cartográficas de suelo correspondieron a Chinchiná y Quindío (*Typic Melanudands* y *Typic Hapludands* respectivamente), según la denominación de la FNC.

Los lotes seleccionados en las fincas Buenos Aires y El Cortijo, cada uno de 1,0 ha, estaban plantados con café variedad Castillo®, con edades de 26 y 36 meses y densidades de siembra de 7.700 y 7.000 plantas/ha, respectivamente, a plena exposición solar y manejo agronómico recomendado por Cenicafe, en el cual se incluía la fertilización definida por el análisis de suelos (Tabla 1) y las recomendaciones a nivel nacional (Sadeghian, 2010), con el fin de suplir las necesidades de elementos mayores y corrección de acidez.

Los lotes fueron georreferenciados mediante un sistema en retícula de 10 m x 10 m y en cada punto se colectó una muestra compuesta a partir de cuatro muestras simples tomadas a una profundidad de 0 a 20 cm. En total, se muestrearon 92 puntos en la Finca Buenos Aires y 96 en El Cortijo. Las propiedades químicas evaluadas fueron pH, MO, P, K, Ca, Mg, S, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, B y capacidad de intercambio catiónico (CIC) según las metodologías descritas por Carillo (1985) y las físicas fueron textura, densidad aparente (Da), densidad real (Dr), estabilidad de agregados en húmedo (Ea), resistencia a la penetración (Rp), conductividad hidráulica (Ch), retención de humedad (Rh) a 0,33 y 15 atm, distribución de agregados en seco (Das) y profundidad del horizonte A (PHA), según las metodologías descritas por IGAC; además, se calculó la saturación de K, Ca, Mg, Al y las porosidades macro, meso, micro y total, a partir de las retenciones de humedad en relación con las densidades.

Como variable de respuesta se registró la producción de café cereza de los cuatro árboles colindantes a los puntos georreferenciados, de abril de 2011 a diciembre de 2012. Se realizó un análisis de

estadística descriptiva, análisis de regresión lineal múltiple con confianza del 95% entre las propiedades del suelo y las producciones de los años 2011, 2012 y la total; además se realizó un análisis de correlación entre las propiedades del suelo con una confianza del 95%. El software utilizado fue Statgraphics Centurion 15.2.11.0.

**Tabla 1.** Dosis de nutrientes y cal aplicadas en los lotes evaluados.

Nutriente	Dosis kg/ha/año	
	Finca Buenos Aires (n=92)	Finca El Cortijo (n=96)
Nitrógeno – N	300	260
Fósforo – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40	40
Potasio – K	300	180
Magnesio – MgO	60	40
Azufre – S	0	50
Cal	1000	400

## Resultados y discusión

Según lo establecido para el cultivo del café en Colombia (Sadeghian, 2008), el pH del suelo en las fincas estuvo en rango intermedio, y en promedio la finca Buenos Aires presentó contenidos bajos de MO y K, medios de Ca y Mg, y altos de P y S; mientras que la finca El Cortijo registró contenidos bajos de Ca, Mg, P y S, y medios de MO y K. La descripción estadística de las 31 propiedades evaluadas se presenta en Tabla 2.

La producción registrada en la finca Buenos Aires durante el año 2011 fue de 1601,2 kg (en 368 plantas) con un valor mínimo de 9,3 kg/4 plantas, máximo de 27,0 kg/4 plantas y promedio de 17,4 kg/4 plantas; y con resultados similares, la finca El Cortijo tuvo una producción total de 1703,4 kg (en 400 plantas), valor mínimo de 9,2 kg/4 plantas, máximo de 32,7 kg/4 plantas y promedio de 17,1 kg/4 plantas. En ambas localidades la distribución de la producción fue normal (Figura 1), con sitios de mayor producción en

el centro de los lotes (Figura 2), y coeficientes de variación de 23,1 % y 25,9 % para las fincas Buenos Aires y El Cortijo, respectivamente.

La producción en las dos localidades se explicó mediante modelos lineales; para la Finca Buenos Aires la producción correspondiente al año 2011 se explicó en 24,37 % con uno que incluyó de forma directa P, contenido de Ar y macroporosidad (Map) (Tabla 3), la correspondiente al año 2012 en 23,68 % por Mn y Ar de forma directa, y por PHA de forma inversa, y la total (2011 – 2012) en 17,89 % por P, Ar y Map de forma directa. En la finca El Cortijo la producción para el año 2011 se explicó en 33,47 % por arena y B de forma directa, y Da y HG de forma inversa; la producción del 2012 en 38,96 % por B de forma directa y por MO, S, Da y HG de forma inversa; y finalmente la total (2011 – 2012) en 41,16 % por B y arena de forma directa, y Da y HG de forma inversa. Estos resultados indican que para la producción de café, fuera de las propiedades ya mencionadas por Sadeghian, García, & Montoya (2006) y Castro-Tanzi *et al.* (2012), hay otras que también la afectan, como son algunos elementos menores y propiedades físicas.

Entre las propiedades químicas que explicaron la producción en la finca Buenos Aires se encuentran P y Mn. El P fue una de las que mayor peso tuvo, a pesar de que más del 50% de los datos presentaron valores altos según los requerimientos del cultivo de café (Sadeghian, 2008), esta respuesta se puede atribuir a la alta variabilidad del elemento en el suelo, ya que a pesar de que se trató de controlar la respuesta al elemento mediante aplicación de fertilizantes, la dosis de 40 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> pudo haber sido insuficiente para aquellos sitios que reportaron valores por debajo de 10 mg.kg<sup>-1</sup> del elemento. Para Mn, al igual que P, los valores en el suelo fueron altos (según la clasificación de Lora, 1991), por lo cual, su influencia en la producción puede estar relacionada con las correlaciones directas con K, Ca y Mg, e inversa con Al, que en altas concentraciones puede ser tóxico para el cultivo.

En cuanto a las propiedades físicas que explicaron la producción en la finca Buenos Aires, el contenido de Ar fue incluido de forma positiva, lo que es probablemente atribuido a la correlación significativa

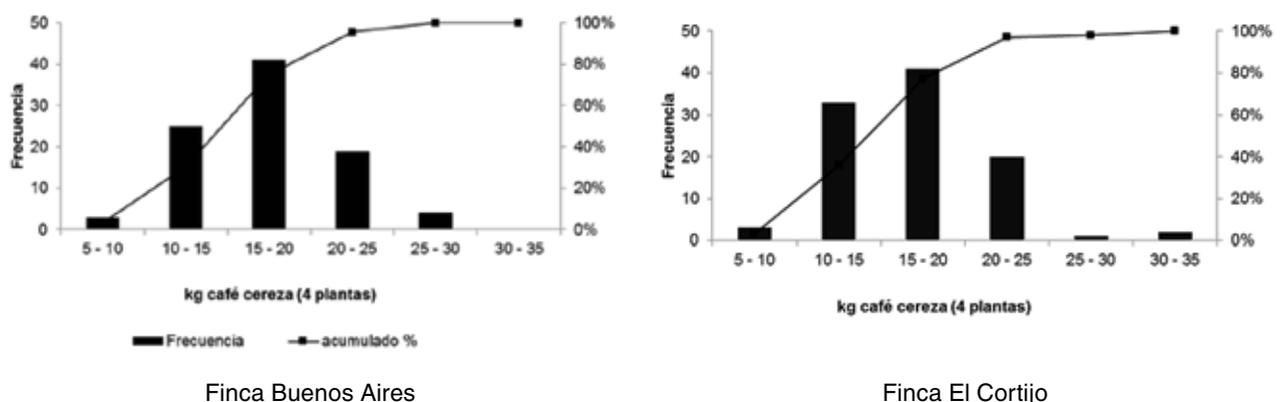
con CIC y MO (Tablas 4 y 5), debido a que las Ar hacen parte de la fracción coloidal del suelo, la cual es considerada como el mayor reservorio de cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ ) aprovechables por las plantas (Sadeghian, 2012). Otra variable física que influyó de forma directa en la producción fue Map, posiblemente atribuido a su función de rápido drenaje de los suelos, y favorecimiento de la circulación de oxígeno y agua, para la nutrición de la planta y desarrollo de raíces. Y finalmente la PHA intervino de forma inversa, lo que se puede explicar dadas sus correlaciones con la Rp y la Ch; la Rp se correlaciona de manera positiva, es decir las capas más profundas de suelo presenta mayor Rp, lo que es negativo para el desarrollo de las raíces, y con respecto a la Ch, ésta se correlacionó de manera negativa, por lo tanto a mayor profundidad, menor Ch, lo que es perjudicial para la planta ya que limita la dinámica de agua en el suelo y con ello la distribución de los nutrientes.

La producción en la finca El Cortijo se explicó con modelos que indicaron una influencia positiva de B, posiblemente explicada por la alta variabilidad del elemento en el suelo, con valores que van de 0,11 a 2,79  $\text{mg.kg}^{-1}$ , los cuales según la clasificación de Lora (1991) abarcan tanto los rangos bajos ( $<0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) como altos ( $>0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ ); y la relación entre las demás propiedades incluidas en los modelos (Tabla 3), correspondientes a HG, A, Da, MO y S, presentan correlaciones entre ellas (Tablas 6 y 7). Todas las variables incluidas en los modelos, probablemente, explican la producción en respuesta a la dinámica del agua en el suelo, ya que los años

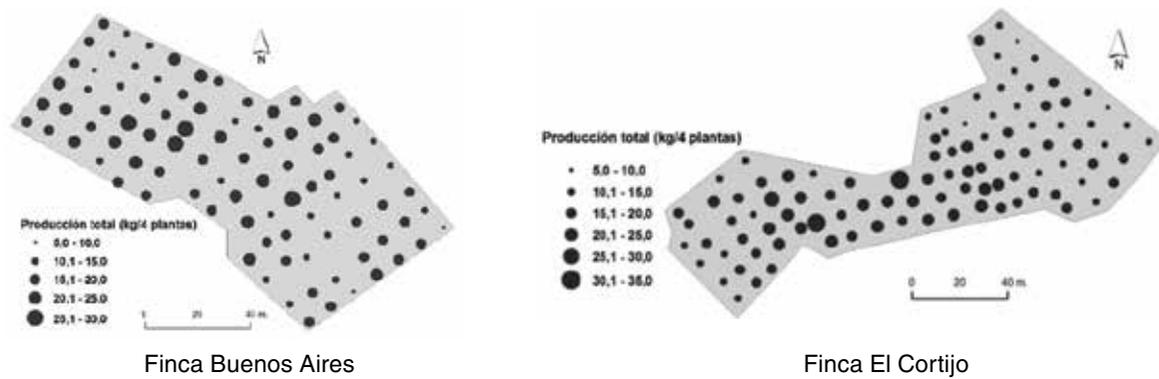
2011 y 2012 tuvieron la influencia del fenómeno de La Niña.

Los tres modelos para la finca El Cortijo, indicaron que HG influyó de manera negativa en la producción, por consiguiente, da indicios de que el suelo estaba muy húmedo o incluso saturado, en los sitios de menor producción. Sumado a lo anterior, en los modelos se incluyeron Da, A y MO, propiedades que se relacionan con la cantidad de agua en el suelo; para la primera se tienen que a mayor Da menor es el espacio de mesoporos en el suelo, lo que conlleva a un deficiente continuo hídrico a través del perfil, en el que se favorece el encharcamiento y la disminución de la difusión del oxígeno en el suelo, lo que concuerda con Bermúdez (1954) en la importancia de la Da en la producción de café. La relación directa con el contenido de arenas, se explica en que a mayor cantidad de arenas la porosidad aumenta y el drenaje se ve facilitado; y para MO, que intervino de forma inversa en la producción, posiblemente se explica en que al aumentar el contenido de MO, aumenta la capacidad de retención de agua (Salamanca & Sadeghian, 2005), condición poco conveniente para el cultivo en épocas de fuertes precipitaciones, como la presentada en el desarrollo del experimento.

El hecho de que los modelos para cada localidad incluyeran variables diferentes, concuerda con lo expuesto por Hakojärvi *et al.* (2013), Mirschel *et al.* (2014) y Stadler *et al.* (2015), al indicar que los modelos son sensibles a cambios climáticos y de manejo; además de que varían según las localidades.



**Figura 1.** Histograma de distribución de producción de café cereza para los lotes de las fincas Buenos Aires y El Cortijo.



**Figura 2.** Variabilidad espacial de la producción de café cereza para los años 2011 a 2012, en los lotes de las fincas Buenos Aires y El Cortijo.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos para las propiedades físico-químicas de los suelos evaluados.

Propiedad	Finca Buenos Aires (n = 92)					Finca El Cortijo (n = 96)				
	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	CV (%)	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	CV (%)
pH	5,23	5,20	6,70	4,60	6,0	5,07	5,10	6,20	4,70	4,0
MO, %	6,41	6,40	16,10	2,10	24,0	12,03	12,00	18,10	5,50	16,0
K, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,26	0,22	0,69	0,07	55,0	0,42	0,39	1,08	0,19	39,0
Ca, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	2,35	2,12	14,80	0,36	83,0	1,32	1,06	9,30	0,39	84,0
Mg, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,74	0,61	2,99	0,16	67,0	0,41	0,35	1,43	0,15	54,0
Na, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,04	0,01	41,0	0,02	0,02	0,10	0,01	58,0
Al, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,71	0,65	1,60	0,10	56,0	1,06	1,00	2,10	0,10	36,0
CIC, cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	18,50	18,00	29,00	9,00	18,0	24,41	24,00	37,00	14,00	15,0
P, mg.kg <sup>-1</sup>	66,85	54,00	253,00	8,00	75,0	15,03	14,00	40,00	6,00	39,0
Fe, mg.kg <sup>-1</sup>	116,49	114,00	319,00	57,00	29,0	111,32	106,00	226,00	50,00	27,0
Mn, mg. kg <sup>-1</sup>	13,88	13,50	22,00	8,00	25,0	17,59	17,00	34,00	5,00	34,0
Zn, mg. kg <sup>-1</sup>	5,15	4,80	11,20	2,60	35,0	3,34	3,15	9,70	1,40	39,0
Cu, mg.kg <sup>-1</sup>	13,55	11,75	60,10	1,40	64,0	2,13	1,90	10,20	1,00	54,0
S, mg.kg <sup>-1</sup>	22,92	22,30	55,50	1,60	52,0	4,41	3,60	29,70	0,10	108,0
B, mg.kg <sup>-1</sup>	0,41	0,39	1,22	0,11	51,0	0,46	0,36	2,79	0,11	85,0
Sat. K, %	1,47	1,22	4,36	0,39	59,0	1,74	1,62	4,39	0,73	40,0
Sat. Ca, %	4,62	3,35	18,37	0,57	79,0	8,87	7,74	31,00	2,80	57,0
Sat. Mg, %	0,65	0,56	2,99	0,12	68,0	0,41	0,33	2,86	0,16	81,0
Sat. Al, %	23,64	19,09	71,43	0,59	77,0	36,01	36,31	67,52	0,86	49,0
Ar, %	15,54	16,00	21,00	7,00	16,0	19,93	20,00	22,00	16,00	7,0
L, %	18,41	18,00	24,00	14,00	12,0	22,91	21,00	30,00	17,00	15,0
A, %	66,12	66,50	75,00	58,00	5,0	57,19	58,50	65,00	50,00	7,0
Da, gr.cm <sup>-3</sup>	0,96	0,95	1,25	0,63	9,0	0,73	0,72	0,91	0,63	8,0
Dr, gr.cm <sup>-3</sup>	2,47	2,49	2,61	2,32	3,0	2,33	2,32	2,47	2,18	3,0
HG, %	35,12	35,14	49,98	21,14	14,0	65,02	67,50	87,49	37,85	17,0
Ch, cm.h <sup>-1</sup>	0,75	0,66	2,51	0,17	54,0	0,15	0,08	1,72	0,01	144,0
Ea (DMP), mm	2,83	2,89	3,12	1,84	7,0	3,05	3,07	3,21	2,38	4,0
Das (DMP), mm	1,63	1,62	2,79	0,79	26,0	3,24	3,29	5,00	2,24	16,0
Rp, MPa	0,46	0,47	0,69	0,27	16,0	0,64	0,63	1,00	0,41	20,0
PHA, cm	38,87	40,00	40,00	20,00	8,0	38,15	40,00	40,00	14,00	11,0
RH 0,3 Atm, %	30,41	29,35	43,28	16,62	19,0	48,32	48,02	68,44	31,75	14,7
RH 15 Atm, %	18,14	19,02	25,28	7,71	22,0	32,28	31,52	45,26	19,66	16,8
PT, %	61,13	61,13	75,34	51,42	5,16	68,62	69,05	72,76	58,53	3,59
Map, %	32,09	31,66	56,99	19,77	19,11	19,76	21,27	35,90	2,06	34,17
Mep, %	11,79	12,16	18,62	4,68	30,88	16,04	15,43	29,06	7,67	28,60
Mip, %	17,24	18,10	22,91	8,57	18,73	32,33	31,52	45,26	19,66	16,78

Ar: arcilla; L: limo; A: arena; DA: densidad aparente; Dr: densidad real; HG: humedad gravimétrica; Ch: conductividad hidráulica; Ea: estabilidad de agregados al agua; Das: distribución de agregados en seco; Rp: resistencia a la penetración; PHA: profundidad del horizonte A; Rh: retención de humedad; Pt: porosidad total; Map: macroporos; Mep: mesoporos; Mip: microporos.

**Tabla 3.** Modelos de regresión lineal para la producción de café cereza en función de las propiedades químicas y físicas del suelo en los lotes evaluados.

AÑO	MODELO	R <sup>2</sup>
<b>Lote finca Buenos Aires (n = 92)</b>		
2011	Prod = -4,042 + 0,035 <sup>***</sup> P + 0,455 <sup>**</sup> Ar + 0,134 <sup>**</sup> Map	24,37
2012	Prod = 10,887 <sup>***</sup> + 0,151 <sup>**</sup> Mn + 0,149 <sup>*</sup> Ar - 0,195 <sup>***</sup> PHA	23,68
<b>Total</b>	<b>Prod = 0,551 + 0,039<sup>***</sup>P + 0,599<sup>**</sup>Ar + 0,154<sup>*</sup>Map</b>	<b>17,89</b>
<b>Lote finca El Cortijo (n = 96)</b>		
2011	Prod = 23,019 <sup>**</sup> + 1,937 <sup>***</sup> B + 0,183 <sup>**</sup> A - 27,348 <sup>***</sup> DA - 0,131 <sup>***</sup> HG	33,47
2012	Prod = 42,319 <sup>***</sup> + 1,542 <sup>*</sup> B - 0,516 <sup>**</sup> MO - 0,223 <sup>***</sup> S - 19,834 <sup>*</sup> DA - 0,157 <sup>**</sup> HG	38,96
<b>Total</b>	<b>Prod = 41,847<sup>**</sup> + 3,165<sup>***</sup>B + 0,477<sup>***</sup>A - 47,718<sup>***</sup>DA - 0,288<sup>***</sup>HG</b>	<b>41,16</b>

Prod: producción de café cereza; total: 2011 – 2012; A: arena; Ar: arcilla; Map: macroporosidad; PHA: profundidad del horizonte A; Da: densidad aparente; HG: humedad gravimétrica.

**Tabla 4.** Correlación entre las propiedades químicas del suelo para el lote de la finca Buenos Aires

Finca Buenos Aires	MO	K	Ca	Mg	Al	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	S	B
pH	-0,25 <sup>*</sup>	0,62 <sup>***</sup>	0,84 <sup>***</sup>	0,68 <sup>***</sup>	-0,84 <sup>***</sup>	-0,22 <sup>*</sup>	0,49 <sup>***</sup>		0,33 <sup>**</sup>	0,39 <sup>***</sup>	0,23 <sup>*</sup>	-0,39 <sup>***</sup>	
MO					0,31 <sup>**</sup>	0,70 <sup>***</sup>	-0,38 <sup>***</sup>						
K			0,55 <sup>***</sup>	0,66 <sup>***</sup>	-0,59 <sup>***</sup>		0,33 <sup>**</sup>		0,28 <sup>**</sup>	0,56 <sup>***</sup>		-0,35 <sup>**</sup>	
Ca				0,75 <sup>***</sup>	-0,70 <sup>***</sup>		0,41 <sup>***</sup>		0,49 <sup>***</sup>	0,48 <sup>***</sup>	0,24 <sup>*</sup>	-0,26 <sup>*</sup>	
Mg					-0,71 <sup>***</sup>		0,37 <sup>***</sup>		0,55 <sup>***</sup>	0,58 <sup>***</sup>	0,29 <sup>**</sup>		
Na					0,22 <sup>*</sup>								
Al							-0,42 <sup>***</sup>		-0,41 <sup>***</sup>	-0,34 <sup>***</sup>	-0,28 <sup>**</sup>	0,40 <sup>***</sup>	
CIC							-0,42 <sup>***</sup>		0,22 <sup>*</sup>	0,35 <sup>***</sup>			
P								0,21 <sup>*</sup>	0,23 <sup>*</sup>			-0,27 <sup>**</sup>	
Fe											0,28 <sup>**</sup>		
Mn										0,58 <sup>***</sup>			0,29 <sup>**</sup>
S													-0,25 <sup>*</sup>

**Tabla 5.** Correlación entre las propiedades físicas y químicas del suelo para el lote de la finca Buenos Aires.

Finca Buenos Aires	Ar	L	A	Da	Ch	Ea	Das	Rp	PHA	Pt	Map	Mep	Mip	HG
pH	-0,36***	0,27**		0,28**	0,24'	-0,35**	-0,37***	-0,33**		-0,24'			-0,37***	
MO	0,62***		-0,60***	-0,35**	-0,25'			0,26'	0,26'	0,31**			0,40***	0,49***
K		0,29**		0,21'		-0,26'	-0,21'	-0,29**						0,24'
Ca	-0,25'	0,44***				-0,25'		-0,21'						
Mg		0,39***						-0,24'						
Al	0,46***	-0,27**			-0,22'	0,22'	0,26'	0,40***			-0,26'	0,24'	0,32**	
CIC	0,62***	0,37***	-0,69***	-0,44***	-0,30**	0,21'	0,25'		0,28**	0,41***			0,53***	0,56***
P	-0,54***		0,45***	0,54***		-0,51***	-0,35***			-0,52***			-0,44***	-0,42***
Fe								0,23'						
Mn		0,31**												0,29**
Zn	0,26'	0,36***	-0,42***						0,23'					0,38**
Cu														0,26'
B												-0,23**		
Ar			-0,76***	-0,32**	-0,31**	0,21'	0,22'			0,24'	-0,30**	0,27'	0,51***	0,62***
L			-0,65***							0,25'				0,26'
A				0,34***	0,25'					-0,31**	0,24'	-0,21'	-0,52***	-0,65***
Da					0,24'	-0,39***	-0,34***	-0,21'		-0,94***	-0,44***	0,25'	-0,37***	-0,46***
Ch							-0,29**		-0,26'		0,22'		-0,47***	-0,33***
Ea							0,39***	0,21'		0,35***			0,44***	
Das								0,27**		0,29**			0,59***	
Rp									0,32**			-0,25'		
PHA												-0,23'		
Pt											0,58***	-0,36***	0,28**	0,38**
Map												-0,81***	-0,42***	
Mip														0,55***

**Tabla 6.** Correlación entre las propiedades químicas del suelo para el ote de la finca El Cortijo

Finca El Cortijo	MO	K	Ca	Mg	Al	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	S	B
pH	-0,23 <sup>*</sup>	0,62 <sup>***</sup>	0,76 <sup>***</sup>	0,64 <sup>***</sup>	-0,69 <sup>***</sup>	-0,29 <sup>**</sup>	0,22 <sup>*</sup>	-0,29 <sup>**</sup>	-0,29 <sup>**</sup>			-0,24 <sup>*</sup>	
MO					0,49 <sup>***</sup>	0,40 <sup>***</sup>		0,25 <sup>*</sup>		0,23 <sup>*</sup>	-0,20 <sup>*</sup>		0,22 <sup>*</sup>
K			0,47 <sup>***</sup>	0,40 <sup>***</sup>	-0,46 <sup>***</sup>		0,24 <sup>*</sup>					-0,25 <sup>*</sup>	
Ca				0,86 <sup>***</sup>	-0,63 <sup>***</sup>		0,51 <sup>***</sup>			0,27 <sup>**</sup>			
Mg					-0,65 <sup>***</sup>		0,52 <sup>***</sup>			0,21 <sup>*</sup>			
Na					0,23 <sup>*</sup>								
Al							-0,25 <sup>*</sup>	0,31 <sup>**</sup>					
CIC								0,32 <sup>***</sup>	0,34 <sup>***</sup>				-0,20 <sup>*</sup>
P								0,25 <sup>*</sup>		0,30 <sup>**</sup>	0,38 <sup>***</sup>		
Fe									0,58 <sup>***</sup>	0,35 <sup>***</sup>	0,33 <sup>***</sup>	0,26 <sup>**</sup>	
Mn										0,35 <sup>***</sup>		0,22 <sup>*</sup>	
Zn											0,29 <sup>**</sup>		
Cu												0,49 <sup>***</sup>	

**Tabla 7.** Correlación entre las propiedades físicas y químicas del suelo para el lote de la finca El Cortijo.

Finca El Cortijo	Ar	L	A	Da	Ch	Ea	Das	Rp	PHA	Pt	Map	Mep	Mip	HG
pH	-0,25 <sup>*</sup>	-0,24 <sup>*</sup>	0,31 <sup>**</sup>	0,37 <sup>***</sup>	0,30 <sup>**</sup>	-0,36 <sup>***</sup>		-0,40 <sup>***</sup>		-0,33 <sup>***</sup>				-0,37 <sup>***</sup>
MO	0,27 <sup>**</sup>	0,40 <sup>***</sup>	-0,46 <sup>***</sup>	-0,44 <sup>***</sup>			0,26 <sup>**</sup>		0,26 <sup>*</sup>	0,37 <sup>***</sup>	-0,36 <sup>***</sup>	0,31 <sup>**</sup>	0,36 <sup>***</sup>	0,36 <sup>***</sup>
K	-0,25 <sup>*</sup>			0,21 <sup>*</sup>				-0,25 <sup>*</sup>						-0,24 <sup>*</sup>
Ca					0,34 <sup>***</sup>	-0,39 <sup>***</sup>								
Mg					0,33 <sup>***</sup>									
Na											-0,24 <sup>*</sup>	0,29 <sup>**</sup>		
Al	0,37 <sup>***</sup>	0,26 <sup>**</sup>	-0,38 <sup>***</sup>	-0,35 <sup>***</sup>		0,22 <sup>*</sup>		0,38 <sup>***</sup>		0,35 <sup>***</sup>		0,29 <sup>**</sup>		0,38 <sup>***</sup>
CIC		0,39 <sup>***</sup>	-0,34 <sup>***</sup>	-0,31 <sup>**</sup>		0,21 <sup>*</sup>	0,26 <sup>*</sup>	0,23 <sup>*</sup>		0,22 <sup>*</sup>			0,20 <sup>*</sup>	0,27 <sup>**</sup>
P														
Fe	0,20 <sup>*</sup>	0,67 <sup>***</sup>	-0,68 <sup>***</sup>	-0,46 <sup>***</sup>				0,50 <sup>***</sup>	0,22 <sup>*</sup>	0,46 <sup>***</sup>		0,21 <sup>*</sup>		0,42 <sup>***</sup>
Mn	0,23 <sup>*</sup>	0,52 <sup>***</sup>	-0,52 <sup>***</sup>	-0,33 <sup>***</sup>				0,45 <sup>***</sup>		0,33 <sup>***</sup>		0,22 <sup>*</sup>		0,34 <sup>***</sup>
Zn				-0,20 <sup>*</sup>							-0,21 <sup>*</sup>			
Cu	0,23 <sup>*</sup>	0,22 <sup>*</sup>	-0,26 <sup>*</sup>	-0,27 <sup>**</sup>				0,25 <sup>*</sup>		0,21 <sup>*</sup>				0,29 <sup>**</sup>
S	0,34 <sup>***</sup>	0,29 <sup>**</sup>	-0,34 <sup>***</sup>	-0,27 <sup>**</sup>				0,21 <sup>*</sup>		0,24 <sup>*</sup>	-0,21 <sup>*</sup>	0,23 <sup>*</sup>		0,32 <sup>**</sup>
B	0,25 <sup>*</sup>													
Ar		0,22 <sup>*</sup>	-0,51 <sup>***</sup>	-0,35 <sup>***</sup>		0,24 <sup>*</sup>		0,32 <sup>***</sup>	0,20 <sup>*</sup>	0,33 <sup>***</sup>		0,31 <sup>**</sup>		0,36 <sup>***</sup>
L			-0,94 <sup>***</sup>	-0,59 <sup>***</sup>				0,46 <sup>***</sup>	0,31 <sup>**</sup>	0,57 <sup>***</sup>		0,41 <sup>***</sup>		0,57 <sup>***</sup>
A				0,64 <sup>***</sup>				-0,51 <sup>***</sup>	-0,34 <sup>***</sup>	-0,62 <sup>***</sup>		-0,45 <sup>***</sup>		-0,63 <sup>***</sup>
Da								-0,45 <sup>***</sup>	-0,39 <sup>***</sup>	-0,93 <sup>***</sup>		-0,30 <sup>**</sup>		-0,89 <sup>***</sup>
Das											-0,37 <sup>***</sup>		0,34 <sup>**</sup>	0,26 <sup>*</sup>
Rp										0,42 <sup>***</sup>				0,51 <sup>***</sup>
PHA										0,41 <sup>***</sup>				0,34 <sup>***</sup>
Pt												0,27 <sup>**</sup>		0,84 <sup>***</sup>
Map												-0,75 <sup>***</sup>	-0,75 <sup>***</sup>	
Mep										0,25 <sup>*</sup>	-0,58 <sup>***</sup>			0,38 <sup>***</sup>

## Conclusiones

La producción de café se explicó por propiedades edáficas diferentes a los elementos mayores (controlados con fertilización), de las cuales se resalta textura, distribución de poros, humedad gravimétrica y contenidos de S, Mn y B; relación que fue explicada por las condiciones de alta pluviosidad durante el experimento.

Dado que en cada lote la producción fue explicada por propiedades diferentes, se corrobora que ésta es sensible a cambios ambientales y de manejo.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, especialmente a los ingenieros Germán Huertas y Gloria Hincapié, a los colaboradores Anderson Artundua y Santiago Arango. A los caficultores propietarios y administradores de las fincas experimentales. A Cenicafé, a los investigadores científicos Hernán González y Alveiro Salamanca, al señor Arturo Gómez y a los colaboradores de la estación experimental Paraguacito.

## Literatura Citada

- Abdu, H., Robinson, D.A., Seyfried, M. & Jones, S.B. (2008). Geophysical imaging of watershed subsurface patterns and prediction of soil texture and water holding capacity. *Water resources research*, 44, WOOD18, doi: 10.1029/2008WR007043.
- Bermúdez, S. (1954). Distribución del sistema radicular del *Coffea arabica* var., *typica* en cinco tipos de suelo. Instituto interamericano de ciencias agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 66p.
- Carrillo, L (1985). Análisis de Arcillas en Rocas Sedimentarias mediante Difracción de rayos X. (Tesis de pregrado). Escuela de Química, UIS.
- Castro-Tanzi, S., Dietsch, T., Urena, N., Vindas, L. & Chandler, M. (2012). Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 155, 172-181.
- Corwin, D.L. & Lesch, S.M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 46(1), 11-43.
- DaMatta, F.M.; Ramalho, J.D.C. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.18, p. 55-81
- de Moraes, M.T., Debiassi, H., Carlesso, R., Franchini, J.C., da Silva, V.R. & da Luz, F.B. (2016). Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. *Soil and Tillage Research*, 155, 351-362.
- Hakojärvi, M., Hautala, M., Ristolainen, A. & Alakukku, L. (2013). Yield variation of spring cereals in relation to selected soil physical properties on three clay soil fields. *European Journal of Agronomy*, 49, 1-11.
- Havlin, J.L.; Beaton, J.D; Tisdale, S.L. & Nelson, W.R. (2004) Soil Fertility and Fertilizers, An introduction to Nutrient 7 edición Pearson. Management. Pearson Education/Prentice-Hall, New Jersey. 528 p.
- Heil, K. & Schmidhalter, U. (2012). Characterisation of soil texture variability using the apparent soil electrical conductivity at a highly variable site. *Computers & Geosciences*, 39, 98-110.
- Jin, H., Hongwen, L., Rasaily, R. G., Qingjie, W., Guohua, C., Su, Y., ... & Lijin, L. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming. *Soil & Tillage Research* 113, 48-54.
- Kersebaum, K.C., Lorenz, K., Reuter, H.I., Schwarz, J., Wegehenkel, M. & Wendroth, O. (2005). Operational use of agro-meteorological data and GIS to derive site specific nitrogen fertilizer recommendations based on the simulation of soil and crop growth processes. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 30(1), 59-67.
- Lora, R. (1991). Análisis de suelos para micronutrientes. En: Instituto Colombiano Agropecuario, (ICA). (1992). Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica, (25).
- Mirschel, W., Wieland, R., Wenkel, K.-O., Nendel, C., & Guddat, C. (2014). YIELDSTAT – A spatial yield model for agricultural crops. *European Journal of Agronomy* 52, 33-46.
- Munkholm, L. J., Heck, R. J., & Deen, B. (2013). Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research* 127, 85-91.
- Rosenzweig, C., Jones, J. W., Hatfield, J.L., Ruane, A.C., Boote, K. J., Thorburn, P., ... & Winter, J. M. (2013). The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP):. *Agricultural and Forest Meteorology* 170, 166-182.
- Sadeghian, S., García, J.C. & Montoya, E.C. (2006). Respuesta del cafeto a la fertilización con N, P, K y Mg en dos fincas del departamento del Quindío. *Cenicafé* 56(4):58-69.
- Sadeghian, S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Boletín técnico N° 32 Cenicafé.
- Sadeghian, S. (2010). Evaluación de la fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cultivos. Caso café. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo, Ecuador 17 – 19 noviembre.

20. Sadeghian, S. (2012). Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Medellín, Colombia. (Tesis de doctorado en Ciencias Agrarias). Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agropecuarias.
21. Salamaca, A. & Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. *Cenicafé* 56(4):381-397.
22. Silva, B.M., Oliveira, G.C., Serafim, M.E., Silva, É.A., Ferreira, M.M., Norton, L.D. & Curi, N. (2015). Critical soil moisture range for a coffee crop in an oxidic Latosol as affected by soil management. *Soil and Tillage Research*, 154, 103-113.
23. Stadler, A., Rudolph, S., Kupisch, M., Langensiepen, M., Van der Kruk, J. & Ewert, F. (2015). Quantifying the effects of soil variability on crop growth using apparent soil electrical conductivity measurements. *European Journal of Agronomy*, 64, 8-20.
24. Suárez, S. (1996). Relación entre las condiciones físicas de los suelos de la zona cafetera, la producción y la fertilización de café. Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Santa Marta, Colombia, octubre 2-5.
25. Sudduth, K. A., Kitchen, N. R., Myers, D.B. & Drummond, S.T. (2010). Mapping depth to argillic soil horizons using apparent electrical conductivity. *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, 15(3), 135-146.
26. Tahvanainen, L. & Rytönen, V.M. (1999). Biomass production of *Salix viminalis* in southern Finland and the effect of soil properties and climate conditions on its production and survival. *Biomass and Bioenergy*, 16(2), 103-117.
27. Valencia, G. (1999). Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Chinchiná, Cenicafé – Agroinsumos del café. 94p.
28. Xia, M., Zhao, B.Z., Hao, X.Y. & Zhang, J.B. (2015). Soil quality in relation to agricultural production in the North China Plain. *Pedosphere*. 25(4): 592–604
29. Zhang, B., Zhang, Y., Chen, D., White, R.E. & Li, Y. (2004). A quantitative evaluation system of soil productivity for intensive agriculture in China. *Geoderma*, 123(3), 319-331.

#### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 26 de julio de 2015

Aceptado: 02 de septiembre de 2015

# Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

## Resources and new options in the animal feeding: sachá inchi cake (*Plukenetia volubilis*)

### *Recursos e novas opções na alimentação animal: torta de sachá inchi (Plukenetia volubilis)*

<sup>1</sup>Juan Carlos Henao Zambrano & <sup>2</sup>Olga Teresa Barreto Cruz

<sup>1</sup>Médico Veterinario Zootecnista, Magister em Ciencia Animal.

<sup>2</sup>Médica Veterinaria Zootecnista, Magister en Zootecnia

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal. Universidad Cooperativa de Colombia. Ibagué, Tolima. Colombia.

<sup>2</sup>Producción Pecuaria. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Espinal, Tolima. Colombia.

<sup>1</sup>juan.henaoz@campusucc.edu.co,

<sup>2</sup>olgatbarreto@misena.edu.co

## Resumen

Dado el constante crecimiento demográfico a nivel mundial observado en el paso del tiempo, se ha percibido la necesidad de tener un esquema social donde la oferta de alimentos saludables sea constante y suficiente para solventar las insuficiencias existentes en la población humana. Ante esta situación, la eficiencia de los modelos pecuarios de producción animal se ha visto comprometida como consecuencia de la competencia de las especies animales por los recursos alimenticios que el hombre consume. Por tal motivo, la necesidad de reconocer y caracterizar nuevos alimentos que tengan potencial para su uso en la alimentación animal, se ha convertido en una prioridad y una responsabilidad de los países que poseen una gran biodiversidad. De la utilización de la semilla de la planta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) para la producción de aceite, se ha generado un nuevo elemento que promete contribuir con la suplementación proteica en animales, ofreciendo

una alternativa viable para países tropicales con condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la especie.

**Palabras clave:** alimentos, aceite, caracterizar, prioridad, semilla

## Abstract

Given the steady population growth at the global level observed in the passage of time, there has been perceived the need to have a social scheme where the offer of healthy food is constant and sufficient to settle the existing insufficiencies in the human population. Before this situation, the efficiency of the cattle models of animal production has turned out to be awkward as a result of the competition of the animal species for the nutritive resources that the man consumes. For such a motive, the need to recognize and to characterize new food that they have

potential for its use in the animal feeding, has turned into a priority and a responsibility of the countries that possess a big biodiversity. Of the use of the seed of the plant of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) for the oil production, there has been generated a new element that he promises to contribute with the protein suplementación in animals, offering a viable alternative for tropical countries with favorable climatic conditions for the development of the species.

**Key-words:** food, oil, characterize, priority, seed

### Resumo

Devido ao constante crescimento demográfico no mundo, observado ao longo do tempo, foi percebida a necessidade de ter um esquema social onde a oferta dos alimentos saudáveis seja constante e suficiente para ajudar nas insuficiências que existem

na população humana. Perante essa situação, a eficiência dos modelos pecuários de produção animal tem sido comprometida como consequência da competência das espécies animais pelos recursos alimentares que o homem consume. Por esse motivo, a necessidade de reconhecer e caracterizar alimentos novos que sejam potenciais para seu uso na alimentação animal tem-se convertido na prioridade e responsabilidade dos países que possuem uma grande biodiversidade. Da utilização da semente da planta “sacha inchi” (*Plukenetia volubilis*) para produção de óleo, há sido produzido também um novo elemento que promete contribuir com a suplementação proteica em animais, oferecendo uma alternativa viável para países tropicais com condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da espécie.

**Palavras-chave:** alimentos, óleo, caracterizar, prioridade, semente.

## Introducción

Las condiciones de seguridad alimentaria observadas alrededor del mundo han permitido entender que algunos países han mejorado en este aspecto, en tanto que, la realidad para otros donde el ingreso per cápita es reducido e influenciado directamente por las condiciones económicas globales y del comercio internacional, muestran un panorama desalentador (Harrison, 2002). Para el 2015 se reportaban aproximadamente 795 millones de personas subalimentadas en el mundo; 167 millones menos que lo reportado 10 años atrás y 216 millones menos que en 1990-92, siendo los países en desarrollo quienes mostraron el descenso más evidente, aun en función del crecimiento demográfico acelerado que se ha visto (FAO, FIDA y PMA, 2015).

Los alimentos funcionales, llamados también nutracéuticos, se han convertido en los últimos años en un elemento de gran interés para la alimentación, que se caracterizan por ofrecer beneficios nutricionales y terapéuticos a la salud humana. Algunos de estos aceites especiales acusan cantidades considerables de antioxidantes y ácidos grasos, además

de compuestos bioactivos (fosfolípidos y fitosteroles) con los efectos nutracéuticos deseados (Hernández, 2015). Sin embargo, cabe resaltar que, del procesamiento de algunos de estos alimentos funcionales, se generan co-productos con características que denotan potencialidades para su uso en nutrición animal.

La exigencia social por tener un modelo nutricional apropiado, ha exigido de los especialistas, el uso de alimentos que cumplan con las demandas nutricionales de la población; por tal motivo, es importante pensar que son necesarios también, recursos funcionales, novedosos y eficientes, que puedan ofrecer sus atributos para ser utilizados en la producción pecuaria.

### Exigencias nutricionales y alimentos en humanos

La población mundial siempre ha mostrado un crecimiento exponencial con el paso del tiempo. En proyecciones realizadas, se indicó que la población mundial mostrará un aumento de

aproximadamente un 50% para el año 2050 y que la gran mayoría de esa nueva población, estimada en cerca de tres mil millones de personas nacerá en países en vías de desarrollo. (Raskin *et al.*, 2006). Por lo anterior, se hace evidente la necesidad de ampliar la oferta de alimento y así cubrir la demanda generada a nivel global. El consumo de proteína se ha aumentado, en gran medida influenciado por factores como el constante crecimiento demográfico, la continua y creciente urbanización y el incremento del ingreso per cápita, Siendo que los países en desarrollo son los que presentaron el mayor incremento (OECD-FAO, 2015), lo que exige mejorar los indicadores productivos en la producción de alimento; involucrando los sectores agrícola y pecuario, que están estrechamente ligados a la premura por atender esta demanda. La calidad del alimento que se produce para alimentar a la población humana juega un papel fundamental, por encima de los hábitos que se tengan. Murakami & Livingstone (2016), estudiaron las asociaciones de comer frecuentemente, la frecuencia de comidas y la frecuencia de consumo de aperitivos con una dieta de alta calidad, encontrando que independientemente de la forma de consumo, están asociados a la calidad del alimento. En las últimas décadas del siglo XX ha quedado demostrada la importancia de un buen alimento y su impacto y positiva interrelación con la salud (Murakami & Livingstone, 2016), e incluso su influencia sobre personas de diferente género, encontrando respuestas diferentes, en función de su edad, estado fisiológico y ciclicidad ovárica, entre otros.

Hoy en día, el consumidor ha tomado la decisión de cambiar algunos de sus hábitos alimenticios, procurado mejorar su salud a través del consumo de alimentos que además de nutrirlo le ofrezcan beneficios, desde el punto de vista terapéutico. De acuerdo con Prasad, Gupta & Tyagi (2016) varios estudios han confirmado que personas con dietas ricas en frutas vegetales y tubérculos frescos, consideradas dietas antioxidantes, tienen un bajo riesgo de presentación de enfermedades crónicas, mortalidad y presencia de cáncer

hepático. La disminución en el riesgo de presentar enfermedades de tipo crónico está asociada al consumo de tomate, alimento rico en carotenoide licopeno; y en un experimento con ratones, al estimular la producción de malondialdehído, (indicador de la degradación oxidativa de la membrana en las células), se pudo observar una disminución del mismo, posterior a la administración de cacao. El concepto de alimentación, posee un nuevo enfoque donde además de ser contenedores de nutrientes, los alimentos deben garantizar la seguridad alimentaria, la inocuidad y sus efectos benéficos en la salud. Existe el interés de la comunidad médica por mejorar las condiciones de vida de las personas que experimentan procesos patológicos o de envejecimiento; experimentando con recursos biológicos que puedan ofrecer beneficios a la salud humana. Tal es el caso del hongo *Ganoderma lucidum*, reconocido como un hongo medicinal usado para mejorar las condiciones de salud y en el tratamiento de enfermedades infecciosas y crónicas (Bishop *et al.*, 2015).

Gupta & Prakash (2015), anotan que, las diez principales enfermedades responsables de alrededor de 50 millones de muertes en todo el mundo, son; la enfermedad isquémica del corazón (6,3 millones), accidentes cerebro-vasculares (4,4 millones), infección del tracto respiratorio inferior (4,3 millones), enfermedad diarreica (2,9 millones), desordenes perinatales (2,4 millones), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (2,2 millones), tuberculosis (2,0 millones), sarampión (1,1 millones) y cáncer de pulmón (0,9 millones) y sustentan que, en países desarrollados y en vías de desarrollo, la principal causante de esta situación es la enfermedad nutricional modificable. En función del desarrollo económico que presentan diversos países, además del interés en mejorar la calidad y el tiempo de vida en las diferentes comunidades, se ha notado un interés creciente en el tipo de alimentación en la población, estimulando el desarrollo de alimentos funcionales, los nutraceuticos y los alimentos con usos específicos en la salud en el mundo, siendo mayor en países con un sistema económico fuerte (Valenzuela, Valenzuela, Sanhueza & Morales, 2014).

### Qué son los nutraceuticos

Aunque siempre ha existido una controversia en relación a, si los nutraceuticos son alimentos o fármacos y si deben ser regulados (Bishop *et al.*, 2015), estos son definidos como alimentos que combinan el valor nutricional con beneficios en la salud, en donde esta condición se le atribuye a la presencia de metabolitos y elementos bio-activos de tipo natural en las plantas (Hoste *et al.*, 2015).

Alimentos que muestran en su composición un balance adecuado de ácidos grasos esenciales, se proyectan como alimentos funcionales que traen beneficios al organismo además de nutrirlo. Según Swanson, Block & Mousa (2012), los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA – AGPI), son grasas dietarias con una gran variedad de beneficios para la salud, con actividad antiinflamatoria, y de gran importancia para el tratamiento de varias enfermedades. Son componente importante de la membrana de las células y para el caso del ácido eicosapentanoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), es abundante en tejido cerebro y retina. Uno de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena corta es el ácido alfa-linolénico, encontrados en algunas plantas. Los EPA Y DHA, son considerados ácidos grasos altamente poliinsaturados, caracterizados por presentar 20 o más carbonos y 3 o más dobles enlaces, en su caso particular, su estructura química presenta 20 y 22 carbonos respectivamente (Flock, Harris & Kris-Etherton, 2013). Los efectos benéficos reportados en relación a la disminución generada en la producción de mediadores pro-inflamatorios como la reducción de radicales libres de oxígeno, entre otros (Rueda, Domingo & Mach, 2011), han permitido entender la relevancia de estos compuestos y sus efectos en la salud.

Los radicales libres son moléculas orgánicas o inorgánicas generalmente inestables. Existen los radicales libres primarios que son generados en los tejidos bajo condiciones de estrés oxidativo a nivel celular y que originan una cascada de radicales libres reactivos de tipo secundario, que

atacan el contenido el orgánico de los cúmulos celulares, mostrando primordial predilección por las proteínas allí contenidas. A partir de esta condición se conforman los peróxidos e hidroperóxidos semi-estables que dan inicio a un daño biológico (Gebicki, 2016). Se han documentado efectos deletéreos en el organismo que involucran el envejecimiento celular, consecuencia atribuida al estrés oxidativo, también causante de la presentación de enfermedades como el alzhéimer (Wojtunik-Kulesza, Oniszczyk, Oniszczyk & Waksmundzka-Hajnos, 2016) y el desarrollo de cáncer (Llacuna & Mach, 2012). Como respuesta a esta situación, se ha podido determinar que los ácidos grasos poliinsaturados como el omega 3 contrarrestan los efectos deletéreos de dichos radicales. De acuerdo con Caballero *et al.* (2006) en estudios de tipo clínico y epidemiológico donde se ha evaluado el efecto del consumo de aceites omega 3, fue observada una disminución en problemas cardiacos, reduciendo la mortalidad coronaria y por arritmias.

Después de ver esto, queda claro que es de suma importancia generar modelos adaptados de producción de alimento, direccionados por las necesidades del campo que los productores manifiestan y los conocimientos que necesitan ser aplicados al sector primario por el sector académico. La comunidad científica ha encaminado sus esfuerzos para comprender el papel de los factores inherentes al individuo, en términos de digestibilidad y desempeño animal y al alimento, como fuente de nutrientes que cubre las exigencias nutricionales de animales que requieren ser bien alimentados. No en vano, la visión de los investigadores ha evolucionado, modificando la ruta investigativa a seguir, para entender la interacción de estos dos componentes. El sector agropecuario ha estado siempre en el afán de encontrar recursos disponibles (productos y co-productos) que puedan ser utilizados en la alimentación animal, por sus cualidades nutricionales y el valor nutritivo que puedan ofrecer a un sistema productivo eficiente. Países tropicales,

ricos en recursos naturales, condiciones agroclimáticas y biodiversidad, tienen la oportunidad de una inmensa variedad de recursos vegetales disponibles (Sarukhán & Dirzo, 2013). Esta biodisponibilidad caracteriza dichos países como una cantera de valiosos materiales aún desconocidos, donde se puede encontrar una gran multiplicidad de elementos con muchos beneficios, a la espera de ser descubiertos, analizados e investigados, y que contribuirían con el desarrollo de los mismos. Pensando en esta situación y ante la necesidad de tener nuevos recursos alimenticios viables y útiles para la nutrición animal, los co-productos generados del procesamiento de alimentos son un recurso de gran interés para maximizar los costos de la producción.

#### **La torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)**

La semilla de la especie *Plukenetia volubilis*, también conocida como sachá inchi o maní peruano ha resultado muy atractiva por la riqueza de su aceite, lo que la convierte en una interesante opción nutricional, como alimento nutracéutico. De acuerdo con Chirinos *et al.* (2013), al analizar los ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles, fitosteroles, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de la semilla de 16 diferentes variedades de sachá inchi, encontraron significativas diferencias en los contenidos de aceites omegas 3 y 6, su capacidad antioxidante y otros compuestos fitoquímicos, concluyendo que su consumo puede ser considerado como una importante fuente dietaria de promotores fitoquímicos saludables.

Los ácidos grasos esenciales deben ser incluidos en la dieta, puesto que el organismo no consigue sintetizarlos. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega 6 se generan a partir del ácido linoleico, el cual se puede encontrar en verduras, frutos (verdes y secos) y algunos cereales y aceites; a partir del mismo se producen los ácidos linoléico y araquidónico. El (AGPI) omega 3 se genera a partir del ácido alfa-linolénico, que da

origen a los ácidos eicosapentaenóico - EPA y docosahexaenóico - DHA. Las principales fuentes del ácido alfa-linolénico son las nueces y algunos aceites vegetales como los de linaza, colza, soja y lino (Caballero *et al.*, 2006). Ahora bien, durante el proceso de incorporación en la porción lipídica de la membrana celular, los ácidos grasos omega 3 y 6 compiten por su esterificación, motivo por el cual, el segundo puede contrarrestar los efectos benéficos del primero. A raíz de esta situación, se ha buscado establecer un balance dietario donde dicha intervención ofrezca un equilibrio entre los ácidos grasos, que se refleje en el equilibrio por el interés competitivo existente por los ácidos grasos poli-insaturados (Bibus & Lands, 2015).

El balance entre los antioxidantes que componen un alimento en particular, es una característica de gran valor para generar un impacto positivo y benéfico, para una población interesada en consumir siempre productos de alto valor nutritivo y terapéutico. El aceite de sachá inchi es un producto de gran valor nutracéutico, que ha despertado el interés de muchos por su composición fitoquímica y el balance de ácidos grasos omega 3 y 6 que presenta. Maurer, Hatta-Sakoda, Pascual-Chagman & Rodríguez-Saona (2012), buscando caracterizar el aceite de sachá inchi como fuente de omega 3, se encontró con que la concentración de ácidos grasos esenciales poliinsaturados omega 3, es de 44%, siendo inferior a otras especies como el aceite de linaza que presenta un 53%, pero con una proporción de aproximadamente el doble de los ácidos omega 6 presentes en él. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por Gutiérrez, Rosada & Jiménez (2011), donde se puede observar que la composición de ácidos grasos del aceite, es rica en ácido alfa-linolénico, con un 50,8% y en ácido alfa-linoleico con un 33,4%, además de otros ácidos como el oleico, palmítico y esteárico, que se encuentran en menores cantidades.

**Tabla 1.** Composición de Ácidos Grasos en Crudo y en Fracciones de Lípidos of Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) Oil<sup>a,b</sup>.

Fatty acid	Crude Oil	Neutral Lipids	Free Fatty Acids	Phospholipids
Fractions (%)	100	97,2±0,9a	1,2±0,7b	0,8±0,4c
C16:0 (Palmitic)	4,4±0,02a	4,4±0,02a	5,2±0,2b	26,9±0,5c
C18:0 (Stearic)	2,4±0,02a	2,3±0,15a	3,0±0,1b	11,7±0,3c
C18:1 n-9 (Oleic)	9,1±0,01a	9,1±0,04a	9,4±0,08b	9,6±1,5c
C18:2 (Linoleic)	33,4±0,04a	32,9±0,02b	32,3±0,1c	40,3±2,7d
C18:3 ( $\alpha$ -Linolenic)	50,8±0,03a	51,2±0,10b	50,1±0,1c	11,5±1,3d

<sup>a</sup>Values are means  $\pm$  standard deviations of duplicate determinations. <sup>b</sup>Means in the same row followed by the same letter are not significantly different by LSD test. Fuente: Gutiérrez *et al.* (2011).

Por todas las características antes descritas de la semilla y el aceite producido de la torta de sachá inchi, el mercado se ha visto enriquecido con productos generados de la semilla, como es el caso del aceite, la torta producida por la extracción del aceite y la semilla procesada en forma de nuez. De acuerdo con Willer, Yussefi & Sorensen (2010), los productos generados del procesamiento de la semilla de sachá inchi tienen también otros mercados además del nutracéutico, como es el caso de los cosméticos. Además de esto, como muchas otras especies, la *Plukenetia volubilis* viene ganando un espacio en los suelos que eran tradicionalmente usados en la producción agrícola donde, según estadísticas, la agricultura orgánica, que se ha desarrollado rápidamente, está disponible en 154 países alrededor del mundo.

Gonzalez-Aspajo, Belkhelda, Haddioui-Hbabi, Bourdy & Deharo (2015) evaluaron el efecto bactericida del aceite de sachá inchi en la piel y su impacto sobre la línea celular de queratinocitos y el crecimiento y la capacidad de adherencia a la piel del *Staphylococcus aureus* (microorganismo asociado a muchas patologías de la piel como impétigo, foliulitis, la presencia de forúnculos y abscesos subcutáneos), encontrando que el producto es seguro en las células del tejido dérmico y eficiente en la adherencia del patógeno mencionado.

### Aspectos a tener en cuenta

Por su riqueza biológica hay un gran interés por parte de investigadores, productores y extensionistas en esta especie, no en tanto, el sector pecuario se proyecta como protagonista, proponiendo alternativas novedosas para el uso de uno de los productos generados en los procesos de extracción de aceite como lo es la torta de sachá inchi. La información generada hasta el momento es poca y existe un largo camino sobre su estudio y la comunidad académica es responsable de llenar esos vacíos. La composición de ácidos grasos contenidos en la semilla y la torta obtenida puede ofrecer en la nutrición animal más allá de una alta concentración de proteína un efecto benéfico en la salud. En trabajo realizado por Hurtado (2013), haciendo una evaluación de la semilla y la torta de sachá inchi de la especie *Plukenetia volubilis*, el perfil de aminoácidos obtenido en el análisis realizado permitió evidenciar la presencia de un importante grupo de aminoácidos, mostrados en la Tabla 2. Al ser comparados los valores obtenidos en este experimento, con el perfil de aminoácidos de otros alimentos, pudo concluirse que, de acuerdo a el contenido y la concentración de aminoácidos, la proteína determinada en el alimento, fue considerada de buena calidad, condición que mejora en función de la alta digestibilidad reportada (digestibilidad *in vitro* de 88.49 % para torta sin procesar y 88.49 % para torta calentada a 70°C por 2 horas).

**Tabla 2.** Perfil de Ácidos Grasos del Aceite de Sachá Inchi\*.

Ácido Graso	Presente estudio	Gutiérrez et al, 2011	Hamaker et al, 1992	Pascual et al, 2010	Follegati et al, 2009	Grasa Vegetal <sup>1</sup>			Grasa Animal <sup>2</sup>		
						Soya	Maní	Palma	Mantequilla	Grasa cerdo	
C16:0	Palmítico	4,2	4,4	4,5	5,61	4,24	9,4	9,3	8,7	25	25
C17:0	Margárico	0,091	NR	0			-	-	-	-	-
C18:0	Esteárico	2,89	2,3	3,2	2,23	2,5	-	-	-	10	50
C18:1	Oléico ( $\omega$ 9)	8,45	9,1	9,6	9,6	8,41	2,16	44,7	18,1	25	50
C18:2 n6	Linoléico ( $\omega$ 6)	35,3	33,4	36,8	36,99	34,08	55,2	35,8	2,9	5	6
C20:0	Araquidónico	0,08	NR	NR	NR	NR	-	-	-	-	-
C20:1	Eicosenóico	0,23	NR	NR	NR	NR	-	-	-	-	-
C18:3 n3	Linolénico ( $\omega$ 3)	47,7	50,8	45,2	43,75	50,41	9,4	-	-	-	-
C20:1	Gadoléico	0,23	NR	0	NR	0,16					

\* Composición en porcentaje.<sup>1</sup> (Romo S., 2006)<sup>2</sup> (Pariona N., 2008). Fuente: Hurtado (2013).

Ruiz, Díaz, Anaya & Rojas (2013), hicieron un estudio buscando determinar la composición bromatológica, el perfil de aminoácidos, el perfil de ácidos grasos y los factores antinutricionales de la semilla de sachá inchi de dos especies (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) y en la torta generada en el proceso de extracción del aceite de la semilla. Los resultados del experimento mostraron que la torta de las especies evaluadas tiene un porcentaje de proteína de 59% y 46% respectivamente; en tanto que, el perfil de ácidos grasos encontrado en la semilla y la torta de ambas especies, no mostró diferencias significativas entre ellos, destacando que el contenido de ácido linoleico (omega-6) fue mayor en *P. volubilis*, mientras que el ácido linolénico (omega-3) se encontró en una proporción mayor en *P. huayllabambana*. En relación a los factores antinutricionales, se anunció la presencia de taninos y saponinas en la torta. La presencia de factores antinutricionales en un alimento representa una limitante para su uso en la nutrición animal; sin embargo, las diferencias existentes en la fisiología digestiva de las especies domésticas de producción, ofrece nuevas alternativas para el uso del recurso alimenticio en cuestión.

Hurtado-Ramírez, Paredes-López & Robles-Huaynate (2015), midiendo el efecto de la inclusión de torta de sachá inchi en la dieta de aves de postura de la línea Hy Line Brown, encontraron una disminución del lumen de los espacios sinusoides de los hepatocitos, además de un efecto sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina, evidenciando un efecto hepatotóxico en las aves estudiadas. Inga, López & Huaynate (2015) también lograron determinar un efecto hepatotóxico en pollos de la línea Cobb 500 por el consumo de dietas con inclusión de torta de sachá inchi. En ambos casos, los autores atribuyen la presentación de estas evidencias patológicas al efecto deletéreo de glucósidos u otros factores antinutricionales, presentes en el alimento. No obstante, Miranda-Gelvez & Guerrero-Alvarado (2015), evaluando el efecto de la torta de sachá inchi especie *Plukenetia volubilis*, en juveniles de tilapia roja, encontraron que con una sustitución de hasta el 10% de la harina de pescado en la dieta se mantiene el desempeño productivo, sugiriendo que con inclusiones del 20%, las deficiencias productivas reportadas son el resultado de una posible baja palatabilidad del alimento.

Haciendo un análisis de las razones por las cuales en los trabajos de desempeño animal donde fue utilizada la torta de sachá inchi, se puede evidenciar la fuerte influencia de los factores antinutricionales que posee el alimento. Para el caso de los taninos, son compuestos fenólicos de alto peso molecular, divididos en dos grandes grupos; los condensados y los hidrolizables. De Lima Júnior *et al.* (2010), en revisión bibliográfica sobre factores antinutricionales en rumiantes, mencionan los efectos deletéreos sobre la población bacteriana con relación a la asociación del tanino al substrato, haciéndolo indisponible; y, en consecuencia, el deficiente crecimiento microbiano y la diezmada producción de sus enzimas digestivas. Aunque se sabe que los taninos de alto peso molecular pueden formar complejos con celulosa, hemicelulosa entre otros compuestos, haciéndolos no disponibles para la población bacteriana, se ha evidenciado que en algunos casos el uso de taninos condensados no afectó el desempeño ni el balance de nitrógeno en ovinos. Szczechowiak *et al.* (2016) ensayaron una mezcla de taninos condensados y aceites de pescado y soya, en vacas para ver su efecto sobre la fermentación ruminal, la concentración de metano y la proporción de ácidos grasos en líquido ruminal y leche; encontrando que hubo un efecto inhibitorio en la producción de metano, pero sin efecto aditivo en la bio-hidrogenación, factor atribuido al efecto de los taninos y su posible interacción con los aceites utilizados.

Al hablar de las saponinas, son glucósidos de esteroides resultantes del metabolismo secundario de las plantas que buscan su protección a través de la destrucción de la membrana de las células, característica de gran importancia en la nutrición de rumiantes. Goel, Makkar & Becker (2008), pudieron determinar que la producción de metano, la producción de ácidos grasos volátiles no se vio afectada al evaluar diferentes fuentes de saponinas. Las saponinas son degradadas por la microbiota bacteriana del rumen en sapogeninas, que es un derivado (de Lima Júnior *et al.*, 2010). De acuerdo a la literatura consultada, hay elementos de juicio para pensar que la existencia de estos elementos en un recurso como la torta de sachá inchi representa un problema desde el punto de vista nutricional, y aunque de factores

antinutricionales hay una literatura bastante robusta, de la torta como tal hay muy poca información. La torta de sachá inchi es un producto que presenta incógnitas para la producción pecuaria a nivel nacional e internacional y por ello se hace necesario conocer sus bondades desarrollando trabajos de investigación que permitan conocer mejor su composición y por medio de ejercicios investigativos, generar informaciones acerca de su valor nutritivo para alimentación de rumiantes. Es importante pensar en que la optimización de los procesos en los sistemas de producción en el trópico, equivale a una optimización de los recursos existentes, algunos de ellos bastante afectados por la influencia de nuestra civilización.

## Conclusiones

Es generando un empalme de la información producida hasta el momento con los interrogantes generados a lo largo del tiempo, que recursos, hasta la fecha desconocidos por muchos, se pueden proyectar como valiosos elementos, que revelen los diferentes usos potenciales que puedan ofrecer, además de brindar diferentes alternativas para su uso en el sector pecuario, que ve en productos como la torta de sachá inchi, la oportunidad de volverse más eficiente.

De la utilización de la semilla de la planta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) para la producción de aceite, se ha generado un nuevo elemento que promete contribuir con la suplementación proteica en animales, ofreciendo una alternativa viable para países tropicales con condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la especie.

## Literatura Citada

1. Bibus, D. & Lands, B. (2015). Balancing proportions of competing omega-3 and omega-6 highly unsaturated fatty acids (HUFA) in tissue lipids. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*, 99, 19-23.
2. Bishop, K. S., Kao, C. H., Xu, Y., Glucina, M. P., Paterson, R. R. M. & Ferguson, L. R. (2015). From 2000 years of *Ganoderma lucidum* to recent developments in nutraceuticals. *Phytochemistry*, 114, 56-65.

3. Caballero, R., Gómez, R., Núñez, L., Vaquero, M., Tarmargo, J. & Delpón, E. (2006). Farmacología de los ácidos grasos omega-3. *Revista Española de Cardiología Suplementos*, 6(4), 3-19.
4. Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y. & Campos, D. (2013). Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*): a seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food chemistry*, 141(3), 1732-1739.
5. de Lima Júnior, D. M., Monteiro, P. D. B. S., do Nascimento Rangel, A. H., do Vale Maciel, M., Oliveira, S. E. O. & Freire, D. A. (2010). Fatores anti-nutricionais para ruminantes. *Acta Veterinaria Brasilica*, 4(3), 132-143.
6. Flock, M. R., Harris, W. S. & Kris-Etherton, P. M. (2013). Long-chain omega-3 fatty acids: time to establish a dietary reference intake. *Nutrition reviews*, 71(10), 692-707.
7. FAO, FIDA y PMA. (2015). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/aa5ef7f6-edc8-4423-aae3-88bf73b3c77c/i4646s.pdf>
8. Gebicki, J. M. (2016). Oxidative stress, free radicals and protein peroxides. *Archives of biochemistry and biophysics*, 595, 33-39.
9. Goel, G., Makkar, H. P. S. & Becker, K. (2008). Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin rich fractions from different plant materials. *Journal of Applied Microbiology*, 105(3), 770-777.
10. Gonzalez-Aspajo, G., Belkhef, H., Haddioui-Hbabi, L., Bourdy, G. & Deharo, E. (2015). Sachá Inchi Oil (*Plukenetia volubilis* L.), effect on adherence of *Staphylococcus aureus* to human skin explant and keratinocytes in vitro. *Journal of ethnopharmacology*, 171, 330-334.
11. Gupta, C. & Prakash, D. (2015). Nutraceuticals for geriatrics. *Journal of traditional and complementary medicine*, 5(1), 5-14.
12. Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M. & Jiménez, Á. (2011). Chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y aceites*, 62(1), 76-83.
13. Harrison, P. (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Dirección de Información de la FAO.
14. Hernández, E. M. (2015). Specialty Oils: Functional and Nutraceutical Properties. *Functional Dietary Lipids: Food Formulation, Consumer Issues and Innovation for Health*, 69.
15. Hoste, H., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A., Mueller-Harvey, I., Sotiraki, S., Louvandini, ... & Terrill, T. H. (2015). Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites. *Veterinary parasitology*, 212(1), 5-17.
16. Hurtado, O. (2013). *Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de sachá inchi (Plukenetia volubilis) cultivada en Colombia*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados Palmira, Colombia.
17. Hurtado-Ramírez, L., Paredes-López, D. & Robles-Huaynate, R. (2015). Efecto de la torta de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el perfil bioquímico sanguíneo e histopatología del hígado de aves de postura. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 4(1), 60-66.
18. Inga, R. R., López, D. P. & Huaynate, R. R. (2015). Determinación del efecto del consumo de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el perfil bioquímico sanguíneo de pollos de carne. *Folia Amazónica*, 24(2), 31-38.
19. Llacuna, L. & Mach, N. (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 16(1), 16-24.
20. Maurer, N. E., Hatta-Sakoda, B., Pascual-Chagman, G. & Rodríguez-Saona, L. E. (2012). Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Food chemistry*, 134(2), 1173-1180.
21. Miranda-Gelvez, R. A. & Guerrero-Alvarado, C. E. (2015). Efecto de la torta de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Respuestas*, 20(2), 83-94.
22. Murakami, K. & Livingstone, M. B. E. (2016). Associations between Meal and Snack Frequency and Diet Quality in US Adults: National Health and Nutrition Examination Survey 2003-2012. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*.
23. OECD/FAO (2015), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015, OECD Publishing, París. DOI: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-es).
24. Prasad, S., Gupta, S. C. & Tyagi, A. K. (2016). Reactive oxygen species (ROS) and cancer: Role of antioxidative nutraceuticals. *Cancer letters*.
25. Raskin, P., Banuri, T., Gallopín, G. C., Gutman, P., Hammond, A., Kates, R. & Swart, R. (2006). La gran transición: la promesa y la atracción del futuro.
26. Rueda, F., Domingo, J. C. & Mach, N. (2011). Efectos de los ácidos grasos omega 3 y otros suplementos alimenticios en procesos patológicos relacionados con la tercera edad. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 15(1), 20-29.
27. Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J. & Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 29-36.
28. Sarukhán, J. & Dirzo, R. (2001). Biodiversity-rich countries. *Encyclopedia of biodiversity*, 1, 419-436.

29. Swanson, D., Block, R. & Mousa, S. A. (2012). Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 3(1), 1-7.
30. Szczechowiak, J., Szumacher-Strabel, M., El-Sherbiny, M., Pers-Kamczyc, E., Pawlak, P. & Cieslak, A. (2016). Rumen fermentation, methane concentration and fatty acid proportion in the rumen and milk of dairy cows fed condensed tannin and/or fish-soybean oils blend. *Animal Feed Science and Technology*, 216, 93-107.
31. Valenzuela, A., Valenzuela, R., Sanhueza, J. & Morales, G. (2014). Alimentos funcionales, nutraceuticos y foshu: ¿vamos hacia un nuevo concepto de alimentación? *Revista chilena de nutrición*, 41(2), 198-204.
32. Wojtunik-Kulesza, K. A., Oniszczyk, A., Oniszczyk, T. & Waksmundzka-Hajnos, M. (2016). The influence of common free radicals and antioxidants on development of Alzheimer's disease. *Biomedicine y Pharmacotherapy*, 78, 39-49.
33. Willer, H., Yussefi, M. & Sorensen, N. (2010). *The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2008*. Earthscan.

#### **Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 18 de agosto de 2015  
**Aceptado:** 28 de septiembre de 2015

# Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia

## Implementation of a system of phytoremediation in area surrounding to forest protective reserve El Malmo, Boyacá, Colombia

### *Implementação de um sistema de fitoremediação em zona adjacente à reserva florestal protetora El Malmo, Boyacá, Colômbia*

Albaluz Ramos Franco<sup>1</sup>, Jeffrey Mauricio Prieto Naranjo<sup>2</sup>,  
Diana Milena Cárdenas Nieto<sup>3</sup> & Magda Susana Bernal Sierra<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Biólogo

<sup>1,2,3,4</sup>Grupo de Investigación Biología para la Conservación. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá. Colombia

<sup>1</sup>albaluz.ramos@uptc.edu.co,

<sup>2</sup>jeffrey.prieto@uptc.edu.co,

<sup>3</sup>dianacardenasnieto@gmail.com,

<sup>4</sup>magda.bernal@uptc.edu.co

---

## Resumen

Las actividades de fitorremediación a través de humedales artificiales, contribuyen con la depuración de aguas residuales mediante procesos biológicos y físicos. En la Reserva El Malmo (Tunja, Boyacá, Colombia) no existe un mecanismo de captación para disponer las aguas residuales domésticas veredales. Las aguas de desecho son vertidas al ecosistema sin tratamiento previo, lo que hace necesaria la búsqueda de alternativas que mitiguen el impacto de los vertidos. En esta investigación, se implementó un humedal artificial de flujo subsuperficial con el uso de *Cyperus papyrus* y *Schoenoplectus californicus* para el tratamiento de aguas residuales

domésticas. Con esta alternativa se logra una reducción de coliformes totales y fecales de 98,5% y 88% respectivamente. Así mismo, el DBO5 y DQO tuvieron remociones de 27,4% y 25,2%. El oxígeno disuelto disminuyó, al igual que el ambiente se tornó ligeramente ácido y anaerobio. La percepción de los habitantes de la zona fue positiva y se consideran capacitados para replicar el método mejorando las características propias del diseño.

**Palabras clave:** depuración, flujo sub-superficial, humedal artificial, remoción, *Cyperus papyrus*, *Schoenoplectus californicus*.

## Abstract

The activities of phytoremediation through artificial wetlands, contribute to the purification of wastewater through biological processes and physical. In the Reserve The Malmo (Tunja, Boyacá, Colombia) there is a trapping mechanism to provide domestic wastewater veredales. Waste water are discharged into the ecosystem without prior treatment, which makes it necessary to search for alternatives to mitigate the impact of discharges. In this research, implements a artificial wetland of flow subsurface with the use of *Cyperus papyrus* and *Schoenoplectus californicus* for the treatment of domestic wastewater. With this alternative leads to a reduction of total and faecal coliforms of 98.5% and 88 % respectively. Likewise, the BOD5 and COD had removals of 27.4% and 25.2%. The dissolved oxygen decreased, as did the atmosphere grew slightly acidic and anaerobic. The perception of the inhabitants of the area was positive and they are considered to be able to replicate the method to improve the characteristics of the design.

**Key-words:** debugging, subsurface flow, artificial wetlands, removal, *Cyperus papyrus*, *Schoenoplectus californicus*.

## Resumo

As atividades de fitoremediação através de pantanais artificiais, contribuem com a depuração de águas residuais por meio de processos biológicos e físicos. Na reserva El Malmo (Tunja, Boyacá, Colômbia) não existe um mecanismo de captação para dispor as águas residuais domésticas. As águas residuais são vertidas ao ecossistema sem tratamento prévio nenhum, isso faz com que seja necessária a busca de alternativas que diminuam o impacto dessas águas. Nesta pesquisa, foi implementado um pantanal artificial de fluxo subsuperficial usando *Cyperus papyrus* e *Schoenoplectus californicus* para o tratamento de águas residuais domésticas. Com essa alternativa logrou-se uma diminuição de coliformes totais e fecais de 98,5 e 88% respectivamente. Igualmente, o DBO5 e DQO tiveram remoções de 27,4 y 25,2%. O oxigênio dissolvido diminuiu assim como o ambiente tornou-se mais ácido e anaeróbio. A percepção dos habitantes da zona foi positiva e são considerados capacitados para replicar o método melhorando as características próprias do desenho.

**Palavras-chave:** depuração, fluxo subsuperficial, pantanal artificial, remoção, *Cyperus papyrus*, *Schoenoplectus californicus*.

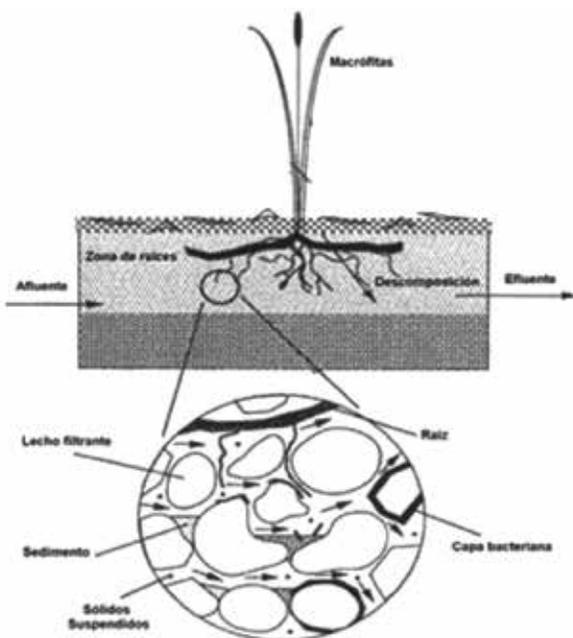
## Introducción

La escasez de agua potable en el mundo, motiva a la comunidad científica a buscar una alternativa que posibilite remediar las aguas residuales, que hasta hace unas décadas se catalogaban como un problema ambiental de menor preocupación (Fernández, Miguel & Curt, 2005). La simulación de sistemas naturales heterótrofos y de alta productividad como los humedales y turberas, se ha convertido en una opción para rescatar el recurso hídrico y reciclarlo mediante el uso de plantas, microorganismos y elementos minerales que, en conjunto, cumplen una función depurativa de las aguas (Arias y Brix, 2003; Frers, 2008; Velez, 2007; Upadhyay, Mishra & Pandey, 2007; Vymazal, 2010; Pant & Adholeya, 2007; CENTA, 2008). Los humedales artificiales, también llamados biofiltros (Fernández *et al.*, 2005; Programa de agua y saneamiento América Latina y el Caribe

[WSP-LAC], 2006), se proponen como un método fácil de implementar, económico en mantenimiento y apropiado para zonas donde la instalación de una red de alcantarillado no es viable (Weisner, 2013). Este sistema ha sido contemplado en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio realizada por la ONU (Millennium Ecosystem Assessment, 2003), como una alternativa para la mitigación de los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en el mundo (Everard, Harrington & McInnes, 2012).

La fitorremediación por medio del sistema de humedal artificial dispone los compuestos presentes en los desechos líquidos, así estos pueden ser absorbidos y, posteriormente metabolizados por plantas, que crecen sobre un substrato periódicamente deficiente en oxígeno como resultado de un exceso en el contenido

de agua (Schmidt-Mumm, 1998); a su vez, en las raíces se crea una interfaz facilitadora del crecimiento de microorganismos, acelerando la degradación de compuestos que la planta por sí sola no podría consumir (Morató *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2007; Stottmeister, Wiebner, Kuschik & Kappelmeyer, 2003). Ante las dificultades y barreras de aplicación de métodos eficaces para el tratamiento de las aguas negras, ha surgido un sinnúmero de modificaciones al concepto original de humedal artificial, cada una adecuada a la topografía, caudal e incluso tipo de agua a transformar, encontrando sistemas de flujo vertical, horizontal, superficial, subsuperficial y mixtos (Arias & Brix, 2003). Los humedales de flujo horizontal subsuperficial son conocidos como “sistemas tipo jardín” (Fernández *et al.*, 2005), debido a que las macrófitas se siembran en un lecho granular como grava, roca volcánica e incluso arena por donde fluirá el líquido; allí, la lámina de agua no queda a la vista del observador, evitando la proliferación de vectores y los malos olores (Weisner, 2013). Este medio funciona como un tamiz, en donde los sólidos suspendidos se filtran y se adhieren al material particulado, elaborando una película de nutrientes que servirá como medio de cultivo a los microorganismos que actuarán como antagonistas de los patógenos inmersos en el agua (Morató *et al.*, 2014) (Figura 1.)



**Figura 1.** Componentes del humedal artificial.

Fuente: WSP-LAC (2006).

Weisner (2013) y Morató *et al.* (2014) reconocen la eficacia del sistema, con porcentajes de disminución en la concentraciones de nitratos, nitritos, fósforo y coliformes fecales y totales mayores a 90%, y un aumento significativo en la disponibilidad de oxígeno disuelto, demostrando así su factibilidad para reutilizar el agua en labores como riego de cultivos y alimentación para animales domésticos. El sistema de humedal subsuperficial requiere la presencia de plantas que permanezcan enraizadas en un sedimento inundado, pero que sus hojas y flores se encuentren bien emergidas. Las especies *Cyperus papyrus* y *Schoenoplectus californicus* han demostrado tener un alto desempeño depurador, incluso en condiciones de temperaturas ambientales de alta montaña (Weisner, 2013). A pesar que los biofiltros han sido utilizados alrededor del mundo, con un éxito replicable, son pocos los casos donde la población beneficiada interactúa de manera inmediata con la implementación y el funcionamiento del sistema (CENTA, 2008). En visitas realizadas al área adyacente de la Reserva Forestal Protectora El Malmo durante los meses de marzo y abril de 2014, se observó una problemática que no es ajena a las comunidades rurales: no existe algún tipo de saneamiento o tratamiento a las aguas residuales domésticas, los habitantes dejan correr el afluente desde sus casas hasta los pastizales cercanos, o en su defecto, cuentan con pozos sépticos mal elaborados que solo contribuyen con la lixiviación de contaminantes hacia las quebradas y aguas subterráneas aledañas, las cuales son abundantes en la zona, debido a su formación geológica de rocas con porosidad primaria, creando acuíferos de extensión regional altamente productivos (Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja (POT, 2001).

El objetivo de la presente investigación es evaluar la eficacia de fitorremediación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en condiciones de uso real, con un sistema piloto capaz de mitigar el vertimiento de aguas residuales domésticas en la zona rural aledaña a la R.F.P. El Malmo, sin servicio de alcantarillado; donde se involucra a los habitantes del lugar en el proceso de instalación y funcionamiento del sistema para incentivar su replicación.

## Materiales y Métodos

### Área de Estudio

La Reserva Forestal Protectora El Malmo, está ubicada a 8 km del caso urbano de Tunja, con una altitud entre 3.050 a 3.275 msnm; cuenta con 159 ha de bosque secundario y algunos relictos de bosque primario con predominio de encenillo (*Weinmannia tomentosa*), de allí nacen las quebradas Barón Gallero, Berbenal y Los Reyes (Herrera, 2005) que contribuyen a la subcuenca de Teatinos. El Plan de Desarrollo Municipal (2016-2019), señala que solo 37% de su área pertenece al Estado, mientras el

63% restante son predios privados de vocación minifundista; según Cabrejo & González (2002) el carácter mixto de uso del suelo en esta zona suscita conflictos socioeconómicos, que pueden disminuir con una educación ambiental extensiva, incentivando el uso racional de los recursos naturales y las buenas prácticas agrícolas y ganaderas. Para la construcción del sistema, se consultó con los habitantes de la vereda Barón que circunda la reserva (Figura 2.); dicha propiedad posee un área para cultivo de papa y zanahoria, un área de pastoreo vacuno y galpones para aves de corral; así como una unidad habitacional para 9 personas.

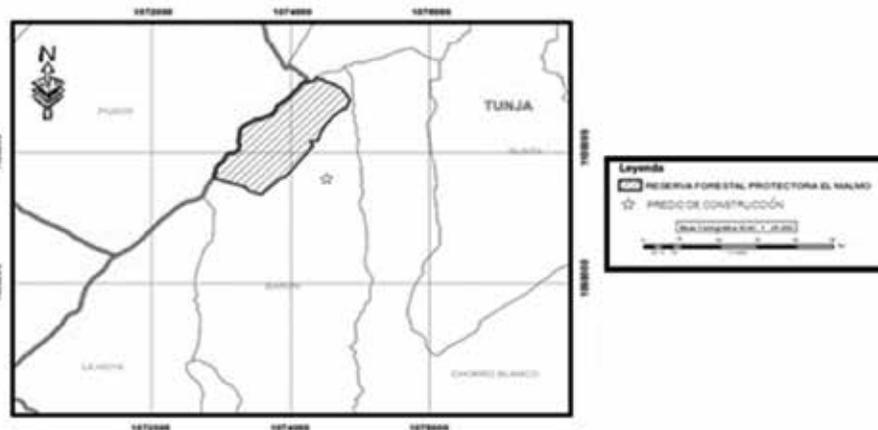


Figura 2. Localización del área de estudio

### Construcción del Sistema Piloto

**Cálculo del tamaño de humedal** - Según Fernández *et al.* (2005) la superficie de siembra debe ser de aproximadamente 1,5 m<sup>2</sup> por cada habitante equivalente, siendo para este caso 12m<sup>2</sup> para los 9 habitantes equivalentes que contribuyen al afluente del predio elegido. El tamaño final del humedal es de 4m de largo, 3m de ancho y 1,5m de profundidad, con un volumen de 10 m<sup>3</sup>, y con la capacidad de depurar un caudal de 0,004375 L/hab-día (de acuerdo al cálculo para aguas residuales domésticas establecidas en RAS, (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). (Figura 2)

**Impermeabilización y siembra:** se cubrió por completo la excavación con geomembrana de 0,5 cm de grosor, sobre la cual se dispusieron capas de grava de 3 y 8 cm de diámetro. El lecho filtrante soportará

las raíces de las plantas y aumentará la superficie de contacto del humedal. Sobre este sustrato, se sembraron 5 individuos cada 10 cm de *Cyperus papyrus* en el centro y 12 individuos cada 10 cm de *Schoenoplectus californicus* en los bordes, esta disposición obedece a las necesidades de luz de *S. californicus*, puesto que *C. papyrus* puede llegar a medir 3 m de alto, formando un dosel que impediría el correcto desarrollo de la primera. Por último, se cubrió el sembrado con una delgada capa de arena para compactar el sistema. El humedal desde el inicio de la siembra fue conectado a la tubería con agua residual como se ilustra en las Figuras 3 y 4. Estas dos especies fueron seleccionadas de acuerdo a las recomendaciones hechas por Weisner (2013) siendo su combinación la más efectiva en la remoción de materia orgánica y nutrientes; por otro lado, su morfología es

ideal en sistemas subsuperficiales, Schmidt-Mumm (1998) las define como Helófitas: plantas enraizadas en un sedimento que puede estar permanentemente inundado, con hojas y flores bien emergidas.

**Canalización.** Todas las salidas de agua residual de la casa fueron conectadas al humedal con un tubo de 4 in, el cual conduce a una caja de recolección que distribuirá el agua hacia el humedal por medio del tubo de dispersión de aguas residuales (Figura

3). Al final del humedal se realizó una perforación en la geomembrana y se instaló un tubo de 1½ in. Con el apoyo de los habitantes de la casa se regularon los gastos excesivos de agua durante el experimento, dado que en humedales horizontales de flujo subsuperficial, el canal de las aguas se reduce a la entrada y no alcanza a ser distribuido uniformemente a lo largo del humedal (Lahora, 2003) por lo que el caudal debe ser manejado cuidadosamente. (Figura 4.)

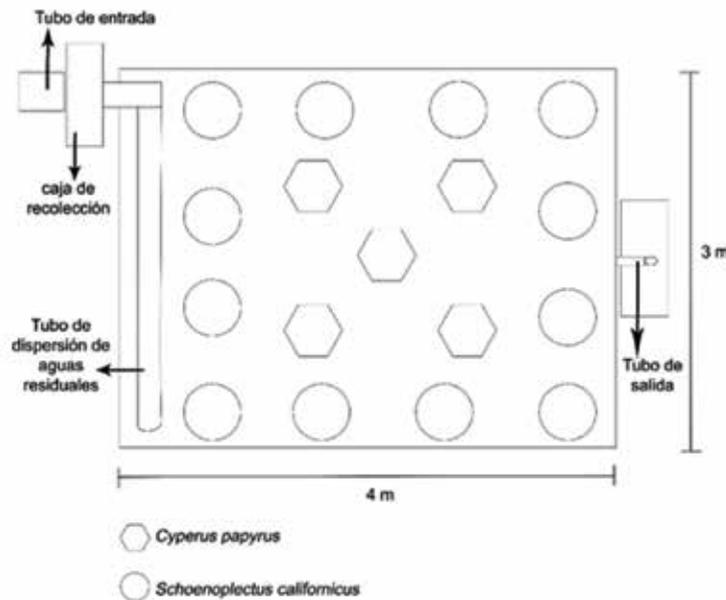


Figura 3. Ubicación de las especies utilizadas

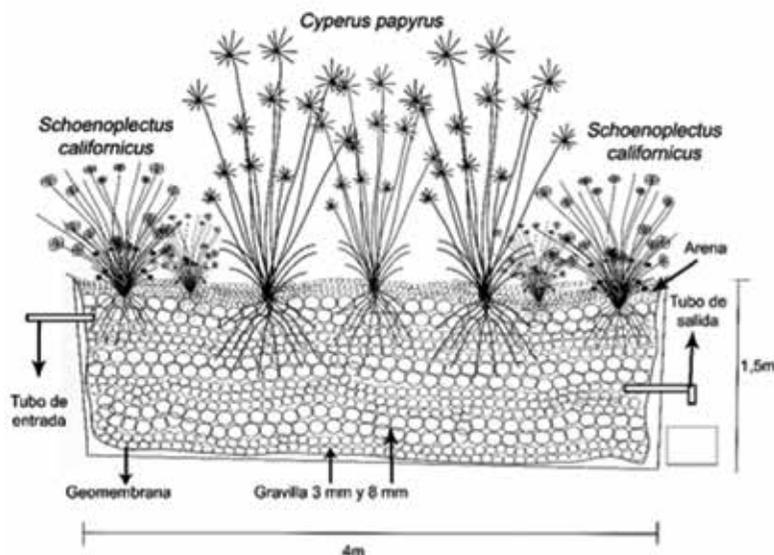


Figura 4. Vista lateral del humedal artificial

### Calidad del Agua

En 1984, el Ministerio de Agricultura de Colombia mediante Decreto 1594, reglamentó los parámetros mínimos a tener en cuenta para el destinar el uso del agua, determinando que la DBO demanda bioquímica de oxígeno a cinco (5) días, DQO demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, pH, Oxígeno disuelto y coliformes (NMP) proveen la información suficiente para lo anterior. Cumpliendo con la normatividad, se realizaron dos análisis de agua en un laboratorio certificado por el IDEAM, antes y después de la puesta en funcionamiento del sistema, para comparar los niveles de depuración en el agua sin tratar y luego de tres meses de funcionamiento.

### Apropiación social del conocimiento

Para lograr una interacción con la población beneficiaria del sistema, se realizaron dos jornadas de capacitación con los habitantes de la zona aledaña a la reserva, incluyendo la participación de líderes comunales de las veredas cercanas como Runta, Chorro Blanco y La Hoya. La primera de estas sesiones, profundizó en las características y funcionamiento del humedal, justificando la necesidad del tratamiento de las aguas de desecho; a través de técnicas de dinámica grupal como lluvia de ideas y cartografía social propuestas por Geilfus (2002) con la participación de 20 adultos. La segunda

intervención se realizó durante la construcción del humedal, donde los habitantes del predio seleccionado colaboraron con su mano de obra y conocimientos en plomería. Paso a paso, se explicó la función de los materiales, las características generales de las especies utilizadas y a manera de dialogo semi-estructurado (Geilfus, 2002) se discutieron las expectativas del proyecto.

### Resultados

Para la comparación de resultados de análisis fisicoquímicos en el agua, se tuvo en cuenta lo reportado en la literatura respecto al tiempo de aclimatación de las plantas en el sistema, un rango de tres a cinco meses es óptimo para que las raíces cubran por completo el sustrato y la biopelícula de bacterias sea lo suficientemente compacta para evitar su desprendimiento y posterior descomposición, lo cual incrementa los valores de DQO (Romero *et al.*, 2009). De esta forma, se tomó la primera muestra sobre el conducto principal de recolección de aguas residuales, hecho por los habitantes del predio antes de la construcción del sistema y la muestra de comparación, pasados tres meses de instalación e inicio de funcionamiento del humedal.

### Parámetros Fisicoquímicos

El análisis fisicoquímico del agua antes y después del tratamiento por el sistema se resume en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Análisis fisicoquímicos del agua residual antes y después del tratamiento y porcentaje de remoción

Parámetro	Julio 2014	Marzo 2015	% Remoción
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	70.000.000	1.000.000	98,57
Coliformes Totales (NMP/100ml)	1.670.000.000	198.000.000	88,14
DBO5 (mg/l-O2)	215	156	27,44
DQO (mg/l-O2)	534	399	25,28
Oxígeno Disuelto (mg/l-O2)	1,60	0,40	75,00
pH	8,95	6,53	--
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	450	90	80,00

Coliformes fecales (CF) y totales (CT). El agua residual ingresó al humedal con  $7 \times 10^7$  NMP/100ml y salió con  $1 \times 10^6$  NMP/ml, obteniendo así una reducción en CF del 98,5%. En cuanto a CT, el valor sin tratamiento es de  $1,6 \times 10^9$  NMP/100ml y la salida del humedal arroja un valor de  $1,8 \times 10^8$  NMP/100ml, con una disminución en CT de 88,14%.

Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. El agua residual ingresó al humedal con una concentración de  $\text{DBO}_5$  de 215 mg/l y salió con una concentración de 156 mg/l, con una remoción final de 27,4%. El valor inicial de la concentración de la DQO es de 534 mg/l y la final de 399 mg/l, obteniendo una remoción del 25,2%.

Oxígeno disuelto. La disponibilidad de oxígeno a la salida del humedal disminuyó significativamente con respecto al caudal de entrada, pasando de 1,60 mg/l- $\text{O}_2$  a 0.40 mg/l- $\text{O}_2$ , esto es, una reducción del 75%.

pH. El entorno del humedal al momento de entrar en funcionamiento experimentó un viraje de alcalino, a ligeramente ácido. El agua residual inicial marcó un pH de 8,95, el agua final tuvo un valor de 6,53.

Sólidos suspendidos totales. La cantidad de material sólido a la entrada del sistema fue de 450 mg/l, el cual disminuyó a 90 mg/l en la segunda toma de muestra, su reducción fue del 80%.

### Apropiación Social del Conocimiento

En abril de 2015, se realizó el último encuentro con los habitantes del predio para efectuar una Matriz de Indicadores de Evaluación de Impacto (Geilfus, 2002) con el fin de calificar la percepción de los usuarios frente a la puesta en funcionamiento del sistema depurador. En esta participaron 5 adultos y 4 niños, quienes construyeron la matriz usando las técnicas de lluvia de ideas y valoración cualitativa de cada indicador (Tabla 2.)

**Tabla 2.** Resumen matriz de indicadores de evaluación de impacto

Indicador	Adultos	Niños	Valoración
Social	Interacción sobre el tema con líderes veredales Adquisición de nuevos conocimiento Creación de una zona de recreación con jardinería	Adquisición de nuevos conocimiento Interacción sobre el tema con el grupo escolar	Positiva
Económico	Disminución del costo de tratamiento de aguas residuales: sistema vs. pozo séptico Posibilidad de empleo en construcción de nuevos sistemas	Ninguno	Positiva
Ambiental	Adopción de nuevas prácticas de aseo Disminución del uso de agentes químicos corrosivos (creolina) Mejor disposición de desechos sólidos de cocina y baño	Eliminación de zonas contaminantes en el predio Disminución de enfermedades infectocontagiosas entéricas	Positiva

Fuente: Geilfus, 2002

## Discusión

Rivera *et al.* (1995) relacionan los altos porcentajes de remoción de materia orgánica disuelta con la cantidad de coliformes presentes en el medio; su abundancia parece está vinculada al tipo de sustrato, siendo los humedales de tipo subsuperficiales

los más propicios para su crecimiento versus otros diseños, gracias al sustrato granular (Morató *et al.*, 2014). García *et al.* (2003) encontraron una mayor riqueza de microorganismos en medios granulares grandes, como las gravas; las cuales están dispuestas en dos tamaños para este estudio ( $\frac{3}{4}$  in y  $\frac{1}{2}$  in).

Aunque benéfica en el interior del sistema, la presencia de Coliformes en el agua disminuye la potencialidad de reuso de la misma; las pruebas realizadas indican una enorme descenso en su número, su disminución se puede deber a factores tanto físicos como biológicos: la acción de las macrófitas mediante mecanismos de filtración, asimilación de nutrientes, sedimentación facilitan la formación de biopelículas donde se acentúan otros grupos de microorganismos que atacan la microbiota regular de las aguas residuales (Karathanasis *et al.*, 2003). De este mecanismo de remoción por microorganismos antagonistas se conocen los casos de predación por protistas, ataques de virus (Colífagos) y nanoflagelados heterotróficos (Vacca *et al.*, 2005); los cuales en conjunto contribuyen a la reducción de los valores de coliformes totales y fecales. Se puede afirmar que la remoción de microorganismos coliformes fue óptima (98,57% y 88,14%) en comparación a sistemas desarrollados en Centroamérica (WSP-LAC, 2006) y Colombia (Lara & Vera, 2005) con porcentajes de 99,52% y 69% respectivamente. Los géneros de bacterias con mayor probabilidad de encontrarse en el sistema son *Escherichia*, *Clostridium*, *Pseudomonas* y *Aeromonas* (Morató *et al.*, 2014), sin embargo, es imperativo realizar un estudio más profundo sobre las asociaciones bacterianas presentes el sistema instalado, dada su ubicación geográfica (alta montaña) y la combinación de macrófitas utilizada; los microorganismos reportados en la literatura pertenecen a sistemas instalados en países templados como España (Morató *et al.*, 2014)

El descenso de los valores de DBO y DQO es consecuencia de una menor cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada mediante actividad microbiana en el agua tratada. La disponibilidad de zonas aeróbicas, promovidas por la acción de las raíces y rizomas (zonas predominantes en los sistemas de flujo subsuperficial), donde los microorganismos toman el oxígeno para degradar la materia orgánica en CO<sub>2</sub> y agua, se ha reportado como la causa de la disminución de DQO (García & Rodríguez, 2005; Nivala *et al.*, 2013; Lahora, 2003), gracias a la desnitrificación, la reducción del sulfatos y metanogénesis (Stottmeister *et al.*, 2003). Las

raíces de las plantas usan aproximadamente el 35% del oxígeno disponible alrededor de éstas en la degradación de compuestos orgánicos, el 9% en la nitrificación del amonio, y un 56% es utilizado para la respiración radicular (Li *et al.*, 2013). CENTA (2008) enuncia que la relación DBO/DQO es un indicador de eficiencia en el tratamiento de aguas residuales, y propone una escala:  $\geq 0,4$  Aguas muy biodegradables;  $0,2 - 0,4$  Aguas biodegradables y  $\leq 0,2$  Aguas poco biodegradables; para el presente trabajo, la relación inicial fue de 0,40 y de 0,39 después de su paso por el sistema, la disminución en dicha correspondencia indica eficiencia en la mitigación del impacto de las aguas tratadas después de salir del sistema. La eficacia de remoción se concluye baja en comparación con las cifras reportadas por WSP-LAC (2006); García & Rodríguez (2005) entre el 93 y el 97%; se establece así, que el sistema aún es inmaduro. Un seguimiento de la remoción en la DBO y DQO es necesaria para determinar el tiempo de maduración del humedal.

La reducción de los valores de oxígeno disuelto no se deben directamente a la captación por la planta, si no a las comunidades microbianas que se establecen gracias a la acción éstas (Nivala *et al.*, 2013). Además, la creación de zonas anaeróbicas y anóxicas, promueve la ligera acidificación, como en este caso. La disminución del pH se presenta junto con un decrecimiento del oxígeno disuelto, que afecta el potencial redox (Yang *et al.*, 2012). Una forma de mejorar el funcionamiento de los humedales de flujo subsuperficial es optimizar la aireación del sistema, previniendo excesos en el flujo del caudal que evitará la colmatación de la capacidad máxima del sistema, principal causa de la creación de zonas anóxicas. Entonces, con una alta cantidad de oxígeno, las biopelículas encargadas de la degradación de contaminantes se desarrollan exitosamente en el sustrato (Nivala *et al.*, 2013).

Se ha reportado que los humedales de flujo subsuperficial son eficientes en la eliminación de compuestos orgánicos gracias a la sedimentación y filtración de las partículas coloidales en las raíces de las macrófitas (WSP-LAC, 2006). En general, la remoción de sólidos suspendidos fue exitosa, como

lo afirma CENTA (2008) esta puede relacionarse con la cantidad de oxígeno disuelto, la reducción de sólidos flotantes aumenta la porción del gas en el agua y elimina malos olores en el sistema. Se considera que un incremento en la eliminación de partículas puede mejorarse con la implementación de un subsistema previo de decantación para aglomerados de gran tamaño, que logre al menos un 97% de eficiencia (WSP-LAC, 2006).

La calificación general que arrojó la Matriz de Indicadores de Evaluación de Impacto (Geilfus, 2002) fue positiva, los habitantes del predio destacan la adquisición de nuevos conocimientos como uno de los beneficios más importantes, hacen énfasis en el ahorro monetario de la implementación del sistema al ser comparado con los gastos de construcción de un pozo séptico. Sus hábitos de aseo tuvieron cambios en cuanto a la disminución de uso de sustancias corrosivas y detergentes abrasivos, la disposición de desechos sólidos sanitarios y una reducción en la cantidad de jornadas de lavandería. Los niños mencionan la eliminación del charco negro, refiriéndose al pastizal donde desembocaba el tubo de aguas negras anterior a la instalación del humedal, que actuaba como foco de infecciones gastrointestinales e insectos vectores. Las mujeres de la vivienda crearon una huerta de plantas aromáticas en torno al humedal como pasatiempo. Los adultos afirman estar en la capacidad de replicar la construcción del sistema y capacitar a otros campesinos en dicha labor.

## Conclusiones

El sistema es eficiente y cumple el objetivo de mitigar el impacto del vertimiento de aguas residuales en el ecosistema aledaño al predio donde se instaló. Se recomienda el uso de humedales artificiales de flujo subsuperficial como método de tratamiento secundario, es fundamental acoplarlo con un pretratamiento de sedimentación primaria, que logre separar residuos de gran tamaño para evitar anegación del humedal y disminución del rendimiento. Sin embargo los biofiltros son un sistema ideal para zonas descentralizadas donde un tratamiento

convencional o alcantarillado no es posible, este método es de bajo costo, de fácil implementación y escaso mantenimiento.

El humedal artificial como sistema de fitorremediación de aguas residuales fue aceptado por la comunidad aledaña a la Reserva Forestal Protectora El Malmo, los habitantes comprendieron las ventajas de la instalación en sus predios. Los usuarios del humedal están satisfechos con los beneficios que les brinda y se consideran aptos para capacitar a otras personas en la replicación de la técnica.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Colciencias, entidad que financió este proyecto por medio de la Convocatoria 617 de 2013, así como a la Dirección de Investigaciones de la UPTC; a los habitantes de la vereda Barón, especialmente a los propietarios del predio por permitir el desarrollo de la investigación. A los profesores Liliana Rosero Lasprilla y Wilson Ricardo Álvaro, por su constante apoyo y valiosos aportes, a Richard Canova por su participación en la elaboración de la propuesta inicial de este trabajo y a todos los integrantes del Semillero de Investigación GAIA.

## Literatura Citada

1. Arias, C. & Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*(13), 17-24.
2. Cabrejo, F. & Gonzalez, G. (2002). Caracterización de la vegetación del bosque Altoandino del transecto Barón Germania de la Reserva Forestal "El Malmo" Tunja, Boyacá (Tesis de Especialización). Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
3. Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla [CENTA]. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Sevilla: Alianza por el Agua.
4. Chen, W., Chen, Z., He, Q., Wang, X., Wang, C. & Chen, D. (2007). Root growth of wetland plants with different root types. *Acta Ecológica Sinica* (Online English edition of the Chinese language journal), 27(2), 450-458.
5. Clarke, E. & Baldwin, A. (2002). Responses of wetland plants to ammonia and water level. *Ecological Engineering*(18), 257-264.

6. Decreto 3930, Artículo 7° (Presidencia de la República de Colombia 25 de Octubre de 2010).
7. Díaz, F., O'Geen, A. & Dahlgren, R. (2010). Efficacy of constructed wetlands for removal of bacterial contamination from agricultural return flows. *Agricultural water management*(97), 1813-1821.
8. Everard, M., Harrington, R. & McInnes, R. (2012). Facilitating implementation of landscape-scale water management: The integrated constructed wetland concept. *Ecosystem Services*(2), 27-37.
9. Fernández, J., Miguel, E. & Curt, M. (2005). Manual de Fitodepuración. Filtros de Macrófitas en flotación. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
10. Frers, C. (2008). El uso de las plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. *Observatorio Medioambiental*(11), 301-305.
11. García Botero, T. & Rodríguez Susa, M. (2005). Diseño, construcción y evaluación preliminar de un humedal de flujo subsuperficial. Recuperado de: <http://dspace.uniandes.edu.co:9090/xmlui/handle/1992/760?show=full>
12. García, J. & Corzo, A. (2008). Depuración con humedales construidos: Guía práctica de diseño, construcción y explotación de humedales de flujo subsuperficial. Catalunya.
13. García, J., Vivar, J. & Aromir, M. (2003). Role of hydraulic retention time and granular medium in microbial removal in tertiary treatment reed beds. *Water Research*, 37(26), 45-53.
14. Geilfus, F. (2002). 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Jan José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
15. Herrera, Y. (2005). Diagnóstico y concertación del Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora El Malmo. Tunja.
16. Hsu, C., Hsieh, H., Yang, L., Wu, S., Chang, J., Hsiao, S. & Lin, H. (2011). Biodiversity of constructed wetlands for wastewater treatment. *Ecological Engineering*(37), 1533-1545.
17. Karathanasis, A., Potter, C. & Coyne, M. (2003). Vegetation effects on fecal bacteria BOD and suspended solid removal in constructed wetlands treating domestic wastewater. *Ecological Engineering*(20), 157-169.
18. Kegne, I., Amougou, A., Soh, E., Tsama, V., Ngoutane, M., Dodane, P. & Koné, D. (2008). Effects of fecalsludge application on growth characteristics and chemical composition of *Echinochloa pyramidalis* and *Chase* and *Cyperus papyrus*. *Ecological Engineering*, 233-242.
19. Lahora, A. (2003). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La edar de los gallardos (Almería). *Ecología, manejo y conservación de los humedales*(49), 99-112.
20. Lara, J. & Vera, I. (2005). Implantación y evolución de un humedal artificial de flujo subsuperficial en Cogua, Cundinamarca. *Ingeniería y Universidad*, 47-63.
21. Li, L., Yang, Y., Tam, N., Lei, Y., Mei, X. & Yang, F. (2013). Growth characteristics of six wetland plants and their influences on domestic wastewater treatment efficiency. *Ecological Engineering*(60), 382-392.
22. Martelo, J. & Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243.
23. Masi, F. & Martinuzzi, N. (2007). Constructed wetlands for the Mediterranean countries: Hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation. *Desalination*(215), 44-55.
24. Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington D.C: Island Press.
25. Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico [RAS]. Bogotá.
26. Morató, J., Codony, F., Sanchez, O., Martín, L., García, J. & Mas, J. (2014). Key design factors affecting microbial community composition and pathogenic organism removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Science of the Total Environment*(481), 81-89.
27. Mosquera, Y. & Lara, J. (2012). Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales: revisión del estado del arte. Tumbaga, 73-99.
28. Nivala, J., Wallace, S., Headley, T., Kassa, K., Brix, H., Afferden, M. & Muller, R. (2013). Oxygen transfer and consumption in subsurface flow treatment wetlands. *Ecological Engineering*(61), 544-554.
29. Pant, D. & Adholeya, A. (2007). Biological approaches for treatment of distillery wastewater: a review. *Bioresource Technology*(98), 2321-2334.
30. Parra, J. (s.f.). Hidrografía, Cuencas y Subcuencas. Plan de ordenamiento territorial 2000-2009. Tunja, Boyacá.
31. Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja [POT]. (2001). Recuperado de: [http://www.tunja-boyaca.gov.co/apc-aa-files/63353630666563646636613430366433/Acuerdo\\_No\\_0014\\_del\\_31May2001\\_POT.pdf](http://www.tunja-boyaca.gov.co/apc-aa-files/63353630666563646636613430366433/Acuerdo_No_0014_del_31May2001_POT.pdf)
32. Programa de agua y saneamiento América Latina y el Caribe [WSP-LAC]. (2006). Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. Honduras: AZER Impresos.
33. Rivera, F., Warren, A., Ramírez, E., Decamp, O., Bonilla, P. & Gallegos, E. (1995). Removal of pathogens from wastewaters by the root zone method (RZM). *Water Science Technology*, 32(2), 8-11.
34. Rodríguez, T. & Ospina, I. (2005). Humedales artificiales de flujo vertical para mejorar la calidad del río Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 74-84.
35. Romero, M., Colin, A., Sanchez, E. & Ortiz, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 157-167.
36. Schmidt-Mumm, U. (1998). Vegetación acuática y pastoreo de la sabana de Bogotá y plano del río Ubaté: Ecología y taxonomía de la flora acuática y semiacuática. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

37. Stottmeister, U., Wiebner, A., Kusch, P. & Kappelmeier, U. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances* (22), 93-117.
38. Tanner, C. (2000). Plants as ecosystem engineers in subsurface flow treatment wetlands. 7 International conference on wetlands systems for pollution control, 13-22.
39. Upadhyay, A., Mishra, V. & Pandey, S. (2007). Biofiltration of secondary treated municipal wastewater in a tropical city. *Ecological Engineering* (30), 9-15.
40. Vacca, G., Wand, H., Nikolausz, M., Kusch, P. & Kastner, M. (2005). Effect of plants and filter materials on bacteri removal in pilot-scale constructed wetlands. *Water Research* (39), 1361-1373.
41. Velez, J. (2007). Los biosólidos ¿una solución o un problema? *Producción más limpia*, 2(2), 57-71.
42. Vymazal, J. (2010). Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water*, 2(3), 530-549.
43. Weisner, C. (2013). Reducción de contaminantes en aguas residuales domésticas empleando marófitas en un sistema Batch. Memorias del II Seminario Internacional y III Nacional del Geomática, Hidráulica y Medio Ambiente, 1-12. Tunja.
44. Yang, J., Liu, Y. & Ye, Z. (2012). Root-induced changes of pH, Eh, Fe (II) and fractions of Pb and Zn in rhizosphere soils of four wetlands plants with different radial oxygen losses. *Pedosphere*, 22(4), 518-527.

**Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 02 de septiembre de 2015  
**Aceptado:** 30 de septiembre de 2015



# Contribución económica de la pesca artesanal a la economía de las comunidades ribereñas del Amazonas colombiano

## Economic contribution of the traditional fishing to the economy of the riverside communities of the Colombian Amazon

### *Contribuição econômica da pesca artesanal à economia das comunidades ribeirinhas da Amazônia colombiana*

Catalina Trujillo Osorio<sup>1</sup> & Adriana María Flórez Laiseca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Economista, Magister en Estudios Amazónicos. Economista, Especialista Tecnológica en Evaluación de Impacto Ambiental, Magister en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

<sup>1,2</sup>Programa de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia

<sup>1</sup>ctrujillo@uniquindio.edu.co, <sup>2</sup>amflores@uniquindio.edu.co

### Resumen

Este artículo de investigación analiza la importancia de la pesca artesanal para la economía y el bienestar de los hogares que habitan la ribera del río Amazonas. Usando diarios de consumo y producción, se registró información sobre ingresos diarios de 23 hogares, en dos comunidades ribereñas de la Amazonia colombiana. Mediante la aplicación de métodos cuantitativos se encontró que el 78% de los ingresos familiares dependen del aprovechamiento de los recursos naturales, el 24 % se deriva de la pesca artesanal, exclusivamente, y el 81% del valor de la ingesta de proteína la constituye el consumo de pescado. Los resultados obtenidos dan cuenta de la importancia social y económica de los ecosistemas pesqueros, y visibilizan la necesidad de implementar acciones de conservación y gestión ambiental y pesquera para garantizar la oferta natural del recurso, y por esta vía el sustento, la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades ribereñas.

**Palabras clave:** autoconsumo, comunidad ribereña, economía indígena, ingresos ambientales, recurso pesquero.

### Abstract

This research article analyzes the importance of the traditional fishing for the economy and the welfare of them homes that inhabit the bank of the river Amazon. Using diaries of consumption and production, there was information about daily income of 23 homes, two riverside communities of the Colombian Amazon. Through the application of quantitative methods found that 78% of family income are dependent on the exploitation of natural resources, 24% is derived from fishing, exclusively, and 81% of the value of the intake of protein is fish consumption. The results give account of the social and economic importance of fisheries ecosystems, and make visible the need to implement actions of conservation and environmental management and fishing to

ensure the natural supply of the resource, and this via the livelihood, food security and the well-being of coastal communities.

**Key-words:** personal consumption, riverside community, indigenous economy, environmental income, fishing resource.

## Resumo

Este artículo de pesquisa analisa a importância da pesca artesanal para a economia e sobrevivência dos lares que habitam a beira do rio Amazonas. Usando diárias de consumos e produção foi registrada informação sobre ingressos diários de 23 lares em duas comunidades ribeirinhas da Amazônia colombiana. Aplicando-se métodos quantitativos

foi encontrado que 78% dos ingressos familiares dependem do aproveitamento dos recursos naturais, o 24 % vem da pesca artesanal exclusivamente, e 81% do valor da ingesta da proteína vem do consumo de peixe. Os resultados obtidos mostram a importância social e econômica dos ecossistemas pesqueiros e deixam ver a necessidade de implementar ações de conservação e gestão ambiental e pesqueira para garantir a oferta natural do recurso, e assim o sustento, a segurança alimentar e o bem-estar das comunidades da beira do rio Amazonas.

**Palavras-chave:** autoconsumo, comunidade ribeirinha, economia indígena, ingressos ambientais, recurso pesqueiro.

## Introducción

Históricamente la pesca de agua dulce y el recurso pesquero han constituido un elemento de gran importancia en las sociedades rurales y en la economía local, regional y mundial (Morán, Téllez, & Cifuentes, 2010; Pinedo & Soria, 2008); no obstante su importancia en Colombia nunca se ha visibilizado la magnitud del recurso, ni tampoco se ha reconocido como un sector económico relevante y significativo dentro de las economías locales, regionales o nacionales (Agudelo, Alonso & Sánchez, 2009; Domínguez, 2005; Fernández, 1996; Zamora, Narváez, & Londoño, 2007); Las razones para este modesto tratamiento se encuentran en la naturaleza misma de la actividad y las sociedades que la practican, caracterizadas generalmente por su alta ruralidad, tradición e informalidad. Estas características socioculturales de la pesca de agua dulce, la convierten en un recurso invisible para la economía monetaria y al mismo tiempo, la hace un elemento invaluable e irremplazable para las economías locales tradicionales, que a su vez viven y dependen de él para su subsistencia (Camacho, 2012; Duque *et al.*, 2008; Durrance, 2003a; Trujillo, 2008; Meisel, Bonilla, & Sánchez, 2013; Vieco & Oyuela, 1999; Zamora, Narváez, & Londoño, 2007).

En este contexto cabe entonces preguntarse ¿en términos económicos, qué tan representativa es la pesca artesanal para las comunidades rurales-riberañas donde predomina la economía de subsistencia?; ¿cuál es el nivel de dependencia de estas sociedades del recurso pesquero y en efecto de su estado de conservación?; ¿cuál es el grado de contribución del río y otros cuerpos de agua en la economía de estos hogares y a su desarrollo social y cultural?; finalmente, en qué medida se ven afectadas estas sociedades ante los actuales fenómenos de deterioro ambiental y cambio climático?.

En consecuencia, vale la pena contextualizar a través del caso de la Amazonia colombiana, sobre las aguas del río Amazonas, donde se observa una sociedad ribereña que depende del recurso pesquero como su principal fuente de vida, tanto para el consumo como para la venta y la dinamización de la economía de toda la región sur del trapezio amazónico. En efecto, esta realidad no aparece visible ni para la sociedad, ni para las instituciones regionales, y por ende, el recurso no es valorado, ni protegido (Fabrè & Alonso, 1998;

Duque *et al.*, 2008; Camacho, 2012; Ochoa, Wood & Zárate, 2006; Trujillo, 2014). En la actualidad, la región experimenta un sistema económico dual donde coexisten dos sistemas económicos antagónicos; el sistema de la economía tradicional (o de subsistencia) caracterizado por actividades de horticultura, cacería, pesca y extracción para el consumo directo a partir del uso de los recursos naturales, y el sistema económico moderno o de mercado, caracterizado por la producción de excedentes a partir de la extracción de recursos naturales para la generación de ingresos monetarios (Murillo, 2006; Rodríguez & Maldonado, 2012; Trujillo, 2008).

Esta dualidad económica ofrece ciertas ventajas a la población ribereña, pues la integración al mercado les facilita el acceso a bienes y dinámicas modernas y también les permite decidir sobre su educación y modo de vida; pero al mismo tiempo esta doble economía ha repercutido en la forma en que se utilizan los recursos y en consecuencia en la calidad ambiental, la seguridad alimentaria, la economía doméstica y la calidad de vida de los pobladores ribereños. (Agudelo, Sánchez, Rodríguez, Bonilla & Gómez, 2011; Huérfano, 2010; Pantevis, 2013; Trujillo, 2008).

Este artículo de investigación tiene como objetivo estimar la importancia de la pesca artesanal dentro de la economía de una comunidad ribereña asentada en el margen del río Amazonas, sobre la desembocadura del río Loretoyacu, en el municipio de Puerto Nariño, en la Amazonia colombiana.

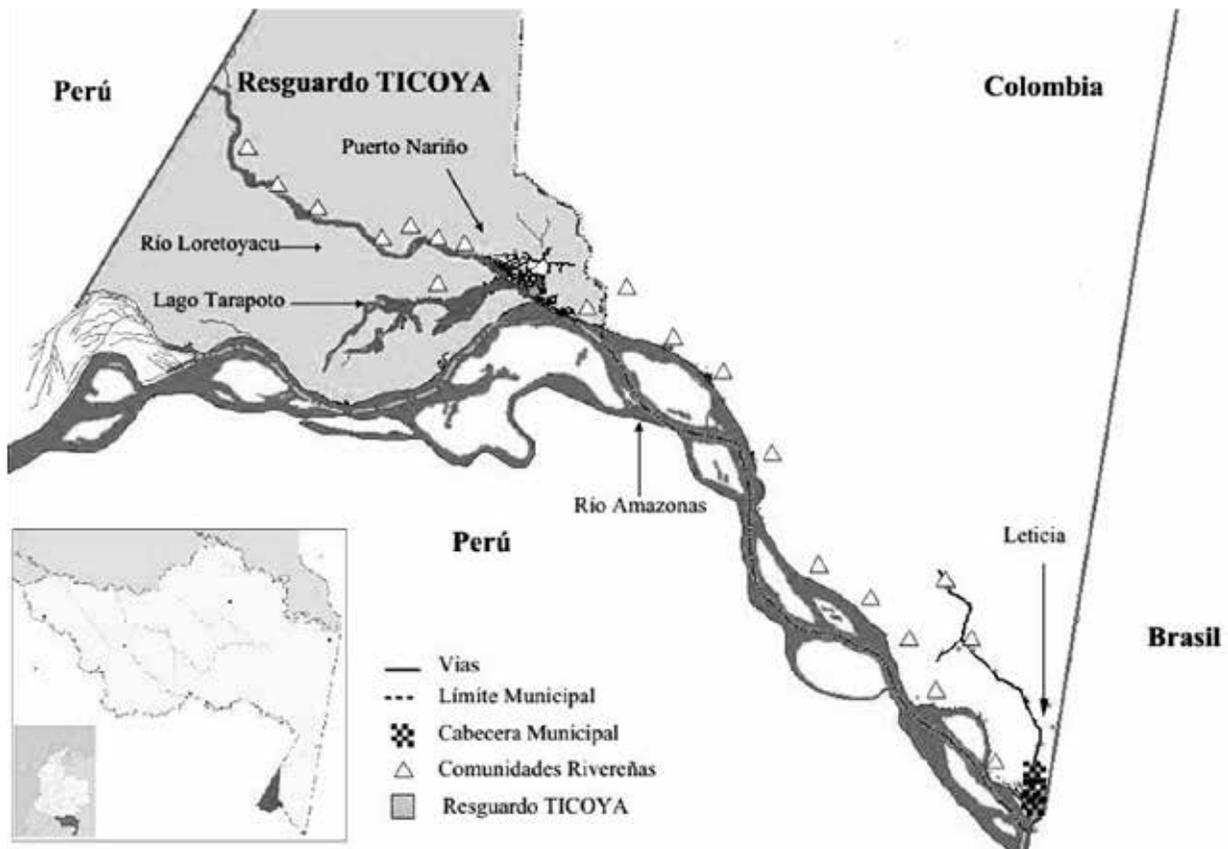
## Marco metodológico

La información que se presenta, hace parte de una investigación sobre producción, venta y consumo de recursos naturales, entre ellos el recurso pesquero, realizada en comunidades ribereñas del sur

del Trapecio Amazónico. En este artículo sólo se analizarán las comunidades que hacen uso directo de los ríos Amazonas, Loretoyacu, y el sistema lacustre de Tarapoto, en el municipio de Puerto Nariño, departamento del Amazonas, Colombia, y se identifica la contribución de la pesca artesanal a la economía de los hogares de estas comunidades. Las labores de campo se realizaron a partir de la convivencia y trabajo directo con la población objeto de estudio, que a su vez permitió llevar a cabo un monitoreo diario para identificar los diferentes recursos que aportan la selva y los ríos a la economía doméstica. La cuantificación de estos productos, se realizó con base en el valor monetario de todos los bienes y servicios obtenidos por el grupo doméstico durante un período de tiempo fijo (todo tipo de productos derivados de la selva, ríos, lagos y del mercado). Este valor constituye una medida del *ingreso total del hogar*, que representa el valor de la producción del grupo doméstico, ya sea en dinero o en especie, con destino al consumo familiar, la redistribución social, el intercambio o la venta (Cavendish, 1999).

## Contexto socio-ambiental del municipio de Puerto Nariño

Puerto Nariño es un pequeño municipio del sur de la Amazonia colombiana (Figura 1), ubicado entre los ríos Cotué, Putumayo Amazonas y Atacuári (entre 03° 54' y 03° 12' S, y 70° 17' y 70° 42' W). Cuenta con una cabecera municipal, que lleva su mismo nombre y una zona rural ocupada principalmente por el Resguardo Indígena Ticoya, algunas parcialidades indígenas y el Parque Nacional Natural Amacayacu. La vía de acceso a los asentamientos humanos es exclusivamente fluvial; el principal eje navegable es el río Amazonas, que comunica al municipio con poblaciones peruanas vecinas y con el municipio de Leticia a través del cual desarrollan sus actividades comerciales (Gobernación del Amazonas, 2012).



**Figura 1.** Trapecio amazónico, ubicación de Puerto Nariño

Fuente: Adaptado de Gobernación del Amazonas, 2012.

El municipio cuenta con un área aproximada de 154.160 ha, donde el 0,04% representan la cabecera municipal, el 0,98 % es área rural municipal y el restante 92% del área pertenece al resguardo Ticoya. Para el año 2011, el municipio albergaba una población de 5.699 habitantes con 1.769 (31%) asentados en la cabecera (Alcaldía de Puerto Nariño, 2012); y para el año 2015 la población se encontraba en 6.163 habitantes, con 1.907 (30%) radicados en la cabecera. En los últimos veinte años, tanto el municipio como el casco urbano, han registrado un importante crecimiento poblacional. Como se reporta en la Tabla 1, el municipio ha experimentado un crecimiento poblacional de 53% durante los últimos 20 años. Este crecimiento

demográfico se ha dado por los cambios en los modos de vida de la población y la tendencia a migrar a las cabeceras en busca de servicios y mercados; adicionalmente a nivel local se presenta una alta tasa de natalidad con 28 nacimientos por cada 1000 habitantes, muy superior a la media nacional, de 19 nacimientos por cada 1000 habitantes para el mismo periodo (DANE, 2011). Estas dinámicas sociales y culturales junto a los nuevos modos de vida y consumo, que exigen las cabeceras, constituyen un reto y una amenaza para la sostenibilidad cultural, económica y ambiental del municipio, como lo señalan Meisel, Bonilla, & Sánchez (2013) en su estudio sobre la geografía económica de la Amazonia colombiana.

**Tabla 1. Población Urbana y Rural de Puerto Nariño (1995-2015)**

Población municipal por área	1995	2000	2005	2011	2015
Población Cabecera	1.346	1.711	1.805	1.769 <sup>a</sup>	1.907 <sup>b</sup>
Población Rural	2.661	3.008	3.583	3.930 <sup>a</sup>	4.258 <sup>b</sup>
Población total	4.007	4.719	5.388	5.699 <sup>a</sup>	6.163 <sup>b</sup>
Proyección DANE <sup>c</sup>	n.a	n.a	6.938 <sup>c</sup>	7.691 <sup>c</sup>	8.162 <sup>c</sup>

Fuente: Adaptado de Ochoa, Wood, &amp; Zárate, 2006.

<sup>a</sup> Gobernación del Amazonas (2012)<sup>b</sup> Proyecciones del autor mediante modelos de regresión e información censal local<sup>c</sup> DANE (2011). Proyecciones de población municipal por área

Las actividades económicas del municipio son principalmente de tipo extractivista, predominando la pesca, la extracción maderera, el uso de productos del bosque y en menor medida el turismo (Murillo, 2006; Rodríguez & Maldonado, 2009). Las fuentes de empleo son limitadas dependiendo de las temporadas de turismo y otras actividades intermitentes asociadas a los ciclos políticos y de contratación del sector público. El mercado local está en proceso de consolidación; no obstante existe ausencia de mercados, causando una ineficiencia en el sistemas de comercio actual, toda vez que no satisface las demandas de consumo de la población local, ni la generación de nuevas alternativas de empleo (Alcaldía de Puerto Nariño, 2012). La población se conforma por indígenas Ticunas, Cocamas, Yaguas, colonos y una nueva generación de habitantes resultado de la mezcla poblacional. Culturalmente, la población se caracteriza por su tradición indígena pesquera y su relación con el recurso hídrico, toda vez que tradicionalmente ha habitado las orillas de los ríos y cuenta con gran conocimiento y manejo de las dinámicas de ciclo hídrico y pesquero. (Durrance, 2003<sup>a</sup>; Vieco & Oyuela, 1999).

El municipio está conformado en su mayoría por el territorio del Resguardo Ticoya que ocupa el 92% del área del municipio (Alcaldía de Puerto Nariño, 2008). En la actualidad los resguardos indígenas son una forma de propiedad colectiva que representa una figura de conservación ambiental y cultural donde se mantienen las economías de subsistencia tradicionales y la producción para el autoabastecimiento, la seguridad alimentaria y la reproducción social (Trujillo & Escobar, 2015); sin embargo, la presión demográfica y la presión pesquera están iniciando un proceso de deterioro ambiental de los recursos hídricos dentro del resguardo (Agudelo, Alonso, & Sánchez, 2009; Trujillo & Duque, 2014). El territorio del resguardo está conformado por 142.483 ha, incluyendo el área bañada por los lagos y humedales de Tarapoto, que constituyen el principal recurso hidrobiológico de la zona y los principales ambientes pesqueros de la población ribereña. Los lagos (Figura 2) se localizan al interior del resguardo y están conformados por once (11) sistemas lacustres (*Tarapoto Redondo* y *Tarapoto largo*, *El Sapo*, *El Correo*, *Chirillo*, *Chimbillo*, *Igarapeguazú*, *Umaricocha*, *Chepeté*, *Cochalarga*) que ocupan una extensión de 82.000 ha y representan el 8,9% del territorio total del resguardo durante la época de mayor caudal del ciclo hídrico (Trujillo & Duque, 2014).

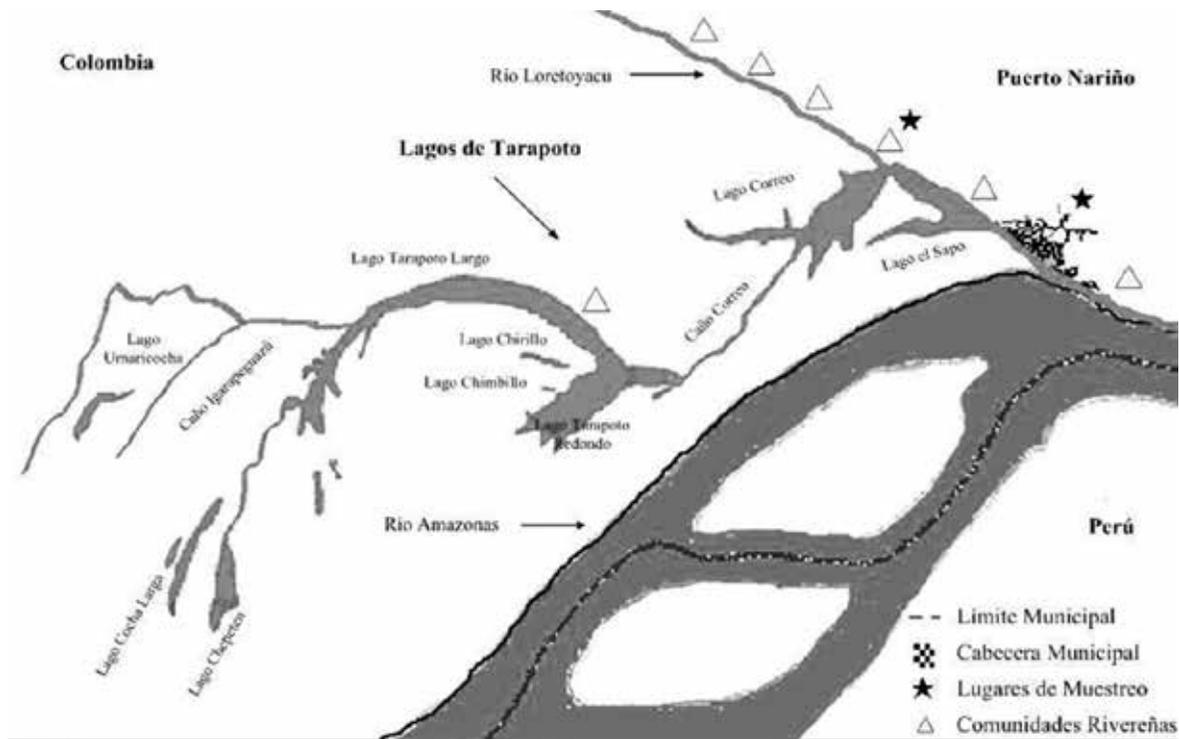


Figura 2. Ambientes pesqueros del municipio de Puerto Nariño

Fuente: Adaptado de Trujillo & Duque, 2014.

Por su parte, el ciclo hídrico (o época de creciente y sequía, o aguas altas y bajas) constituye la dinámica periódica entre la creciente y el descenso del nivel hidrológico de los ríos, lagos, y demás cuerpos de agua (Trujillo & Trujillo, 2010). Este fenómeno está determinado por las lluvias ocurridas sobre la cordillera de los Andes y determina toda la dinámica del recurso pesquero, tanto en su ciclo de vida como en sus patrones alimenticios, y por consiguiente el nivel de oferta natural del recurso, pero también los periodos en que éste está expuesto a una mayor vulnerabilidad (Ardila, 2009; Durrance<sup>b</sup>, 2003; López, 2008).

Actualmente, y a raíz de su cercanía con la cabecera municipal los ambientes pesqueros del resguardo Ticoya y el municipio, sufren una fuerte presión pesquera, generada tanto por la pesquería de subsistencia como por otras actividades como el turismo, la extracción de especies maderables, la destrucción del bosque inundado y los corredores de migración y alimentación de las diversas especies acuáticas, poniendo en riesgo la suficiencia económica y

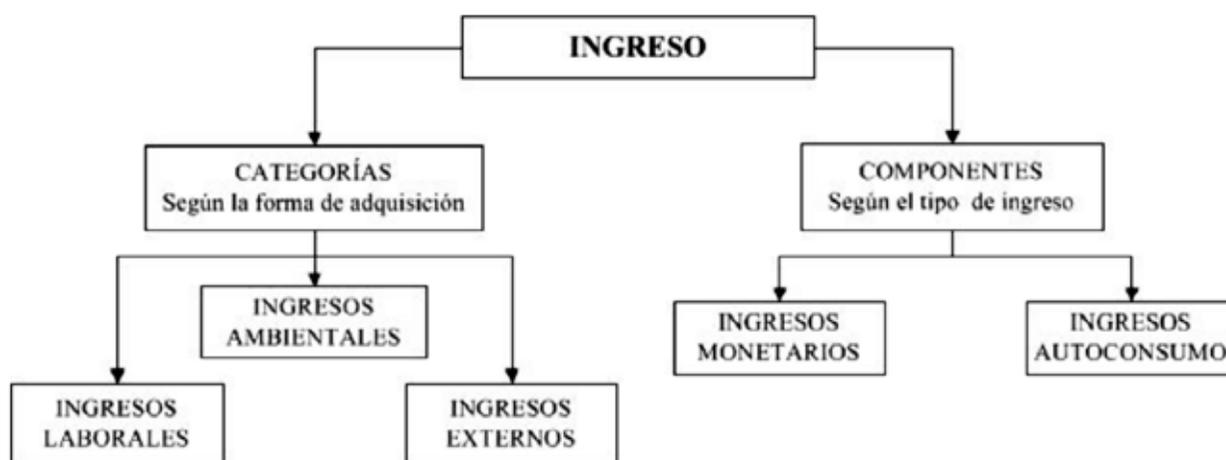
alimentaria de esta población ribereña. (Rodríguez & Maldonado, 2012; Trujillo & Duque, 2014).

### Aspectos metodológicos para la valoración de los ingresos ambientales en hogares ribereños

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la información recopilada dentro de un proyecto marco orientado a la cuantificación de los ingresos por bienes y servicios ambientales en resguardos indígenas del Trapecio Amazónico. La información fue recopilada mediante monitoreo diario a las actividades de producción, pesca, consumo y comercialización de los hogares participantes en dos comunidades de Puerto Nariño (la comunidad indígena de San Francisco de Loretoyacu, y el casco urbano). Para el monitoreo, se tomó el hogar como unidad de estudio, y cada una de ellas recopiló y aportó su propia información económica. Estos métodos fueron diseñados y ajustados en una comunidad del municipio, donde durante dos meses se desarrollaron pruebas y ajustes, hasta asegurar la efectividad y la viabilidad de aplicación de cada uno de los instrumentos de muestreo.

**Medición del ingreso del hogar:** Se entiende por *Ingreso del hogar* todas las entradas de recursos que este recibe, durante un periodo de tiempo determinado, ya sea para el consumo, la venta o la redistribución de productos entre el grupo social

(Cavendish, 1999). Para cuantificar los diferentes componentes y categorías del ingreso se utilizó la unidad monetaria (dinero) como unidad de medida. La Figura 3. presenta la composición del ingreso bajo un enfoque sistémico.



**Figura 3.** Composición del ingreso

Fuente: Adaptado del modelo conceptual de Cavendish, 1999.

La Figura 3. representa la composición teórica del ingreso total real y las dimensiones que lo conforman. Según la metodología desarrollada por William Cavendish de Oxford University, los ingresos que percibe un hogar se clasifican de dos formas: i) en subcomponentes según el tipo de ingreso y ii) en categorías según su forma de adquisición:

i) Los subcomponentes del ingreso dividen el ingreso total en dos tipos de ingreso; *los Ingresos por Autoconsumo* o en especie, que representan el valor de los alimentos y otros productos de la selva y el río producidos y consumidos directamente por los miembros del grupo doméstico; y *los Ingresos Monetarios* que reflejan el valor del ingreso en dinero obtenidos por la venta de productos, servicios, y la fuerza de trabajo.

ii) Las categorías de ingreso representan las diferentes fuentes o sectores productivos generadores de ingreso. Para el caso de la economía en sociedades ribereñas se encontraron tres categorías: *Ingresos Ambientales*, derivados del uso de los recursos naturales; *Ingresos laborales* derivados de la venta de la fuerza de trabajo; e *Ingresos externos* provenientes de transferencias externas.

Estas dos clasificaciones conforman una matriz de ingresos (Figura 4) que refleja el valor de los ingresos monetarios, más el valor de los productos y servicios consumidos o usados directamente por el hogar durante un periodo contable, mediante las diversas formas de adquisición ya sea a través del aprovechamiento de los recursos naturales y el uso de los bienes y servicios ambientales, la venta de su mano de obra, o la obtención de ingresos por fuentes diferentes a las anteriores.

Componentes				
Categorías		Ingresos por Autoconsumo (En Especie)	Ingresos por Venta (Monetarios)	Ingreso Total por Categoría
	Ambientales	Valor del autoconsumo familiar	Venta de Bienes y Servicios Ambientales	Ingresos Ambientales
	Laborales	Salarios en especie	Salarios en dinero	Ingresos Laborales
	Externos	Valor de la redistribución social recibida	Subsidios, giros remesas recibidas	Ingresos Externos
	Ingreso Total por Componente	Ingresos por Autoconsumo	Ingresos Monetarios	<b>Ingreso Total Real del Hogar</b>

**Figura 4. Matriz del Ingreso Total Real según Componentes y Categorías**

Fuente: Adaptado del modelo conceptual de Cavendish (1999).

**Medición de los ingresos ambientales:** Al igual que los “Ingresos del Hogar”, los ingresos ambientales son todos aquellos productos derivados del uso, manejo o extracción de un recurso natural, que “ingresan” al hogar, mediante alguna de las formas descritas; los ingresos ambientales entran al hogar en una de seis maneras a saber; mediante producción en chagras y rastrojos, recolección de productos del bosque, pesca, compra, intercambios o trueques,

o en forma de regalos recibidos de terceros. De la misma forma los ingresos ambientales son utilizados para ser consumidos en el hogar, vendidos, intercambiados, regalados, o usados como insumos productivos. La Figura 5. presenta la matriz para la estimación de los ingresos ambientales, donde cada elemento de la matriz determina la clasificación del recurso según su uso final, ya sea como ingreso por venta, ingreso por consumo o como insumo productivo.

Origen de los ingresos Ambientales						
		Producción y Recolección	Pesca	Compra	Intercambio	Regalos a la casa
Destino de los ingresos Ambientales	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo
	Venta	Ingreso monetario	Ingreso monetario	Ingreso monetario	Ingreso monetario	Ingreso monetario
	Intercambio	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo
	Regalo	Consumo futuro	Consumo futuro	Consumo futuro	Consumo futuro	Consumo futuro

**Figura 5. Sistema contable de flujos de Ingresos Ambientales.**

Para alimentar la matriz con información real, y a partir de ella valorar los ingresos ambientales de la sociedad de interés, se diseñó un instrumento específico para el registro y cuantificación de cada uno de los subcomponentes del ingreso. De esta manera, para cada cuadro de la matriz se utilizó un

sistema de recolección de información específico. Se utilizaron tres diferentes instrumentos para la recolección de la información: i-diarios de producción y consumo, ii-cuestionario de caracterización económica, y iii- inventario de chagras y rastrojos (Trujillo, 2008).

*La medición de los ingresos ambientales derivados de la pesca artesanal:* Se entiende que son todos los ingresos del hogar obtenidos a partir de la extracción, venta y consumo de un producto pesquero por parte del grupo familiar. Para el registro de los ingresos ambientales derivados de la pesca, se utilizó la sarta como unidad de medida estándar y se recopiló diariamente en cada hogar la cantidad de producto capturado por los integrantes del hogar, su lugar de captura y destino (consumo, venta, intercambio o regalo), y el precio de mercado del producto (la cantidad de dinero que debieran pagar por él), que para la fecha de estudio, y durante la época de aguas en ascenso se estimó en \$ 3000 pesos colombianos/sarta, en promedio, para las dos comunidades de estudio (Trujillo, 2008).

#### **Instrumentos para la medición de los ingresos:**

##### **1. Cuantificación de los ingresos monetarios**

Para estimar el valor de los ingresos en dinero cada hogar construyó un listado de sus actividades generadoras de ingreso, señalando el monto y la frecuencia de los mismos. Para el registro del ingreso se entrevistó a cada uno de los miembros del hogar mayor de 14 años de edad.

##### **2. Cuantificación de los ingresos por consumo**

Para recopilar información detallada sobre la producción que cada hogar destina para el autoconsumo doméstico, se utilizó un sistema de registro donde cada hogar de la muestra, colectó de manera sistemática todos los alimentos consumidos diariamente por todos los miembros del grupo doméstico, durante el periodo de tiempo establecido. A través de este registro en “*diarios de consumo*” cada hogar participante suministró información detallada sobre el producto y la cantidad consumida, la forma de adquisición del producto, su precio en caso de haberlo comprado o el producto por el cual fue intercambiado dado el caso.

##### **3. Cuantificación de los ingresos por redistribución**

Esta información se recopiló a través de los diarios de consumo dentro de la opción clasificada como “regalos al hogar” y a través del inventario de ingresos dentro de la sección “Transferencias”.

#### **Análisis y presentación de la información**

Como el ingreso total del hogar representa el valor de la producción de todos los integrantes del grupo doméstico, los hogares con mayor población tenderán a presentar un mayor valor del ingreso, sin que esto signifique que el hogar perciba un mayor ingreso por integrante o que goce de una mayor disponibilidad de recursos. Por esta razón los indicadores de ingreso agregados deben ser ajustados por índices que reflejen las variaciones de las características demográficas al interior del hogar. De esta forma, para poder realizar comparaciones adecuadas del ingreso entre diferentes hogares, esta medida tuvo que ser corregida por:

1. Escalas de equivalencia (según la composición de los hogares por edad y género)
2. Economías de escala (según el tamaño de los hogares)

A partir de estos dos aspectos se construyó una nueva medida del tamaño del hogar conocida como *Unidad de adulto Equivalente ajustada por economías de escala (UAE)*, estimada a partir de los coeficientes de las variaciones en el consumo de alimentos, generadas según cambia el tamaño del hogar. Esta metodología, desarrollada por (Deaton & Grosh, 1989), es actualmente aplicada a los estudios económicos sobre análisis empírico del consumo de hogares. El índice de ajuste para corregir el ingreso del hogar según sus características internas se obtiene multiplicando el número de UAE por el coeficiente de cada hogar. Los resultados que se presentan a continuación se refieren a “el ingreso del hogar ajustado por UAE”.

## **Resultados y discusión**

### **Análisis de la economía pesquera en comunidades ribereñas.**

La pesca artesanal es la principal actividad socioeconómica de los pobladores de Puerto Nariño. A esta actividad se dedican durante el periodo de aguas bajas más del 50% de la población y una buena parte de las actividades económicas permanentes está directamente relacionada con el uso del

recurso pesquero. Según estudios realizados para Puerto Nariño; (Ochoa, Wood, & Zárate, 2006; Rodríguez & Maldonado, 2009; Trujillo, 2008), en términos económicos y alimentarios, la pesca artesanal de subsistencia es la segunda actividad económica más relevante para la región incluyendo la pesca comercial, pues no sólo involucra una mayor población, sino que además garantiza la ingesta de proteína animal y la seguridad alimentaria de la población.

En términos económicos la producción y los ingresos de las sociedades de subsistencia tienen dos

finalidades; garantizar la alimentación y necesidades directas de la familia, y generar excedentes de valor comercial que permitan complementar los bienes de consumo que no son producidos al interior del hogar (Gashe & Vela, 2011). En la población ribereña de Puerto Nariño se encontró que la pesca responde por aproximadamente el 24% del valor total del ingreso familiar; de este el 46% de su valor se consumió directamente dentro del hogar, y el 54% se destinó a la comercialización, como se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición de los ingresos del hogar ribereño de Puerto Nariño

Actividades productivas generadoras de ingresos en hogares ribereños	Valor de la Producción		Valor total de la producción
	Destinada al autoconsumo	Destinada a la Venta	Ingreso total del hogar
	Fuente de Alimentación	Fuente de ingreso	(Alimentación + Ingreso)
Cultivo en Chagras y solares	18%	14%	31%
Pesca	14%	10%	24%
Recolección de leña y madera	8%	7%	15%
Cacería	3%	1%	4%
Recolección de frutas y semillas para artesanías	1%	3%	4%
Cría de animales de patio	3%	1%	4%
Empleos	-	18 %	18%
Total	46%	54 %	100%

\* No incluye el valor de los ingresos recibidos por transferencias externas, programas de seguridad social, alimentaria o subsidios.

La Tabla 2 y la Figura 6, presentan la composición del ingreso de los hogares de Puerto Nariño y la participación de cada actividad productiva en el ingreso total familiar. Se observa cómo la actividad que más ingresos aporta a la economía doméstica es la producción agrícola en chagras, rastrojos y solares, que en promedio genera el 31% de los ingresos domésticos (18% por autoconsumo y 14% por venta). La pesca ocupa el segundo reglón dentro de la economía de subsistencia, aportando el 24% de los ingresos, seguido de los empleos directos (o venta de mano de obra) que generan el 18%, y el corte y recolección de

leña para fogón que contribuye con un 15% dentro de la economía del hogar. Otras actividades tradicionales como la recolección de frutos y semillas y la cacería, de igual manera se encuentran presentes en los ingresos, aunque en menor participación. Actividades económicas no tradicionales introducidas durante los últimos años por proyectos de seguridad social (RESA, Familias Guardabosques, Acción Social), ya comienzan a reportarse como fuente de ingresos domésticos, como es el caso de los animales de patio, la cría de especies menores y las actividades asociadas a las iniciativas de ecoturismo.

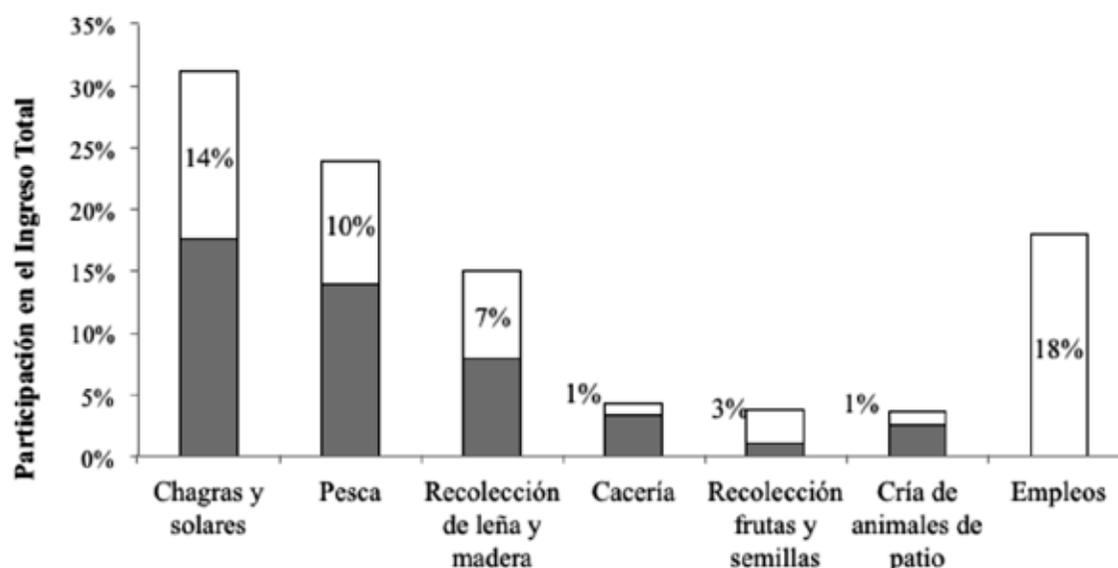


Figura 6. Composición de los ingresos del hogar ribereño de Puerto Nariño

Otras actividades tradicionales como la recolección de frutos y semillas y la cacería, de igual manera se encuentran presentes en los ingresos, aunque en menor participación. Actividades económicas no tradicionales introducidas durante los últimos años por proyectos de seguridad social (RESA, Familias Guardabosques, Acción Social), ya comienzan a reportarse como fuente de ingresos domésticos, como es el caso de los animales de patio, la cría de especies menores y las actividades asociadas a las iniciativas de ecoturismo.

#### La pesca para el consumo del hogar

En referencia a lo anterior, se puede estimar que la pesca ocupa el segundo reglón más importante aportando el 24% de los ingresos dentro de la economía de subsistencia; de los cuales el 10% corresponde a la venta y comercialización de productos obtenidos a partir del uso del recurso pesquero (es decir ingresos monetarios derivados de la pesca) y el 14% representa el valor del consumo de pescado dentro del grupo doméstico del pescador (es decir el valor del autoconsumo).

Adicionalmente, el autoconsumo de pescado aparece como la primera fuente de proteína animal en la dieta local y como la segunda fuente de alimentos después de la agricultura y horticultura (producción en chagras y rastrojos). En términos económicos,

la pesca aporta el 14% del valor de los alimentos consumidos directamente dentro del grupo doméstico sin contar el valor de otros alimentos que son comprados con los ingresos monetarios obtenidos a partir de la venta del excedente pesquero. Así para el año 2007, para los hogares del área de Puerto Nariño (conformados por 4,7 UAE), el consumo mensual de pescado representaba un valor de \$109.726 (pesos colombianos) por hogar a precios de 2007, sin incluir el valor de otros productos alimentarios. Este consumo calculado a precios de 2015 representa un costo de \$162.731 pesos colombiano mensuales por hogar y \$1.952.781 pesos colombianos al año. Este valor refleja el costo oculto del recurso pesquero que se consume dentro de una economía ribereña de subsistencia y representa la cantidad de dinero necesario para adquirir ese mismo producto en caso de no acceder a la pesca artesanal o de la pérdida de capacidad productiva del ecosistema. Esta cifra equivale al 84 % de un salario mínimo (SMLV) tanto para año 2007 año en que se realizó el estudio, como para el año 2015 fecha en que se preparó este artículo. Estas cifras evidencian la importancia económica del recurso pesquero, los recursos acuáticos asociados y los ecosistemas de provisión que lo generan, dada la importancia del valor del recurso, dentro del consumo y la economía de los hogares ribereños.

La Tabla 3 presenta el valor oculto de los recursos y productos que son producidos y consumidos directamente al interior del hogar ribereño. Este valor representa la contribución económica de los recursos naturales y los sistemas productivos tradicionales a la seguridad alimentaria de la población ribereña.

**Tabla 3.** Fuentes y valores del autoconsumo del hogar ribereño a precios 2007.

Actividades productivas generadoras de ingresos en hogares indígenas	Valor de la Producción destinada al autoconsumo para la alimentación del hogar *		
	Importancia %	Por hogar (4,7 uae) /mes**	Por hogar /año**
Cultivo en Chagras y solares	38%	\$ 138.135	\$ 1.657.615
Pesca	30%	\$ 109.726	\$ 1.316.715
Recolección de leña y madera	17%	\$ 61.762	\$ 741.148
Cacería	7%	\$ 26.229	\$ 314.751
Recolección frutas y semillas para artesanías	2%	\$ 8.744	\$ 104.933
Cría de animales de patio	5%	\$ 19.655	\$ 235.855
Empleos	-	-	-
Total autoconsumo	100%	\$ 364.251	\$ 4.371.017
% SMLV 2007 (\$433.700 pesos/mes)		84 %	

\* Cálculos y proyecciones de la autora a partir de la información muestral

\*\* No incluye el valor de los ingresos recibidos por transferencias externas o programas de seguridad social

La Tabla 4, describe la importancia económica y social que posee el recurso pesquero y la pesca artesanal como fuente de alimentación directa de los hogares del municipio, que en términos de seguridad alimentaria, contribuye con el 30% del valor económico del consumo total de los hogares, el 81% del valor de su ingesta de proteína y el 67% del volumen de ingesta de la misma.

**Tabla 4.** Valor del recurso pesquero destinado al autoconsumo

Actividades productivas generadoras de ingresos en hogares ribereños	Valor de la Producción destinada al autoconsumo		
	Fuente de proteína animal del hogar		
	Valor hogar / mes a precios 2007	% valor del consumo proteína	Volumen (kg) (aguas altas)
Pesca	\$ 109.726	81%	16.5 Kg hogar / mes
Cacería	\$ 26.229	19%	8 Kg hogar / mes
Total	\$ 135.955	100%	24.5 Kg hogar / mes
SMLV 2007		\$ 433.700	

### La pesca para el mercado

Del 24% de los ingresos totales que representa la pesca, el 14% se consume directamente al interior de hogar y el restante, es decir el 10%, se vende en el mercado local (ya sea en cada comunidad o en el casco urbano de Puerto Nariño). De esta forma, el comercio de recursos pesqueros aparece como la segunda fuente de ingresos monetarios que genera el 19% de los ingresos en dinero, seguido de la venta de productos agrícolas locales (producción en chagras, rastros y solares). Por otro lado, la población ha venido integrándose al mercado paulatinamente, tanto en la esfera comercial como laboral (Murillo, 2006; Ochoa, Wood, & Zárate, 2006; Rodríguez & Maldonado, 2012). La Tabla 5 deja entrever que la mayor proporción del ingreso recae sobre los recursos naturales que son responsables

de garantizar el 82% de los medios para la subsistencia de la población (Valor del autoconsumo/valor del ingreso total). La Tabla 5 presenta la composición de los ingresos monetarios de los hogares ribereños y la participación de cada actividad productiva en la economía de Puerto Nariño. Así, para los hogares de la muestra, el valor de los recursos pesqueros capturados por el grupo familiar y vendidos directamente en algún mercado cercano se estimó en \$77.230 pesos colombianos/mes por hogar, que representan el 18% de un SMLV para el año de estudio. Estos valores aunque son estables a lo largo del año, también pueden cambiar, pues como se explicó antes, la capacidad de captura y la disponibilidad del recurso pesquero, dependen directamente de la fase del ciclo hidrológico y de los ambientes pesqueros del municipio (Tabla 5).

**Tabla 5.** Fuentes y valores del ingreso monetario del hogar ribereño a precios 2007.

Actividades productivas generadoras de ingresos	Valor de la Producción para la venta como fuente de ingresos monetarios del hogar*		
	Importancia %	Por hogar (4,7 uae) / mes**	Por hogar /año**
Cultivo en chagras y solares	25%	\$ 106.375	\$ 1.276.501
Pesca	19%	\$ 77.230	\$ 926.758
Recolección de leña y madera	13%	\$ 55.893	\$ 670.713
Cacería	1 %	\$ 7.243	\$ 86.912
Recolección frutas y semillas para artesanías	5,6	\$ 21.116	\$ 253.389
Cría de animales de patio	2,4%	\$ 9.175	\$ 110.095
Empleos	34%	\$ 142.405	\$ 363.588
Total ingreso monetario	100%	\$ 419.436	\$ 3.687.956
Total ingresos ambientales monetarios	66%	\$ 277.031	\$ 3.324.272
SMLV 2007 (433.700 \$ pesos/mes)	64%		

\* Cálculos y proyecciones de la autora a partir de la información muestral

\*\* No incluye el valor de los ingresos recibidos por transferencias externas o programas de seguridad social

Se observa que los ingresos monetarios totales derivados de la comercialización del medio natural (Ingresos ambientales monetarios) alcanzan los \$ 277.031 pesos colombianos mensuales por hogar, los cuales equivalen al 64% de un SMLV para el año de estudio. Estas cifras permiten

comprender la importancia de la gestión y conservación medioambiental como fuente de sustento y bienestar de las poblaciones rurales, campesinas, ribereñas e indígenas, que habitan estos territorios y dependen de los ecosistemas naturales para su sobrevivencia.

### Contribución de la pesca artesanal a la seguridad alimentaria

Como se ha venido presentando, el pescado y otros productos del río constituyen la principal fuente de proteína animal de la dieta alimentaria de la población ribereña (Agudelo, Sánchez, Rodríguez, Bonilla, & Gómez, 2011; Alarcón & Pulido, 2004; Camacho, 2012; Duque *et al.*, 2008; Rodríguez & Maldonado, 2009; Trujillo, 2008; Vieco & Oyuela, 1999). Para el caso de la población amazónica de Puerto Nariño, el 100% de los hogares encuestados reportaron el consumo de pescado dentro de su dieta cotidiana, el 96 % lo reporta por autoconsumo y el 4 % restante (un hogar) lo compra. Si se considera el consumo total de pescado (sumando pesca directa, compra y regalo), se encuentra que en promedio, para la época de muestreo, cada hogar consumió alrededor de 1.5 sartas diarias de pescado, que equivalen a 0,67 kg diarios por hogar en épocas de aguas altas y 2.4 kg diarios por hogar en épocas de aguas bajas (Trujillo & Trujillo, 2010); con un peso por sarta de 1.3 kg en aguas bajas y 0,45 kg en aguas altas, según lo reportado en (Ochoa, Wood & Zárate, 2006) (Tabla 6).

**Tabla 6.** *Ingesta promedio de pescado en los hogares indígenas de Puerto Nariño*

Ingesta de pescado	Aguas Altas	Aguas Bajas
Consumo del hogar	1,5 sartas/día	1,5 sartas /día
Peso Sarta	0,45 kg	1,33 kg
Consumo Hogar/ Día	0,67 kg	2, 4 kg
Consumo Persona/Día	84 g	250 g

Es importante mencionar que este volumen de consumo se distribuye entre todos los habitantes del hogar (8 personas en promedio y 4,7 UAE), lo que implica un consumo aproximado de 84g diarios por persona (para la época de estudio) que representan 2,6 kg al mes, 31 kg al año por persona y 243 kg al año por hogar promedio, aunque como ya se mencionó, esto varía según el período del ciclo hídrico. La región de Puerto Nariño, por ser una zona que se

inunda durante una parte considerable del año, no presenta una vocación ganadera y tampoco cuenta con una marcada abundancia de especies que permitan la cacería para el consumo humano; razón por la cual el consumo de carne bovina o de carne de monte, no es tan significativo en la ingesta de alimentos, en la contribución al consumo de proteína o a la economía del hogar (Trujillo, 2008). Estas cifras ratifican el papel que juegan estos sistemas en la seguridad alimentaria y la importancia de la conservación y el buen manejo del recurso en la ingesta de proteína de las poblaciones ribereñas. Según la Organización Mundial de la Salud, una persona de 70 kg de peso corporal requiere consumir 35 g de proteínas por día para suplir los requerimientos corporales y la demanda de nutrientes (FAO, 2014).

Para el caso de Puerto Nariño, se han reportado diferentes niveles de consumo e ingesta de pescado, dependiendo especialmente de la época del año, siendo este estudio el que muestra el menor volumen consumido. La diferencia en estos valores se puede originar en el período en que se realizó el muestreo (aguas en descenso), en el cual se presenta la menor disponibilidad del recurso, comparada con la época seca o de aguas en ascenso o de inundación (Duque *et al.*, 2008), o también a la paulatina reducción del recurso ocasionada por la sobrepesca y el deterioro general de algunos ambientes acuáticos amazónicos (Camacho, 2012). Estos resultados contrastan con Fabré & Alonso (1998) que reportan para la región del medio Amazonas, un nivel de consumo de pescado de 24 kg al mes por habitante, (Agudelo, Alonso, & Sánchez, 2009), para Puerto Nariño reportan un consumo de 170 g diarios por persona, que representan 5,1 kg al mes y también para Puerto Nariño: Ochoa, Wood, & Zárate (2006) reportan un consumo de 1,5 sartas por hogar, resultados muy similares a los obtenidos en esta investigación.

Estos resultados reflejan la importancia económica del recurso y su contribución a la calidad de vida, y, a su vez evidencian la dependencia de la población ribereña de la salud del ecosistema acuático y las acciones de gestión ambiental o conservación que sobre éste se desarrollen. Adicionalmente, la

contribución económica de la pesca artesanal aquí identificada, visibiliza la disponibilidad de recursos que actualmente enfrentan las diferentes comunidades amazónicas ribereñas, el cambio en las actividades de subsistencia y la vulnerabilidad de esta sociedad ante cambios en la calidad ambiental, climática, u otros cambios globales que alteren drásticamente las dinámicas del ecosistema.

## Conclusiones y lecciones aprendidas

La pesca y el uso de los recursos naturales comunes aparecen como la principal fuente de ingreso de la población, que a pesar de encontrarse en un proceso de articulación al mercado dependen ampliamente de ellos como principal estrategia de sustento. No obstante esta condición de economía de subsistencia, y la marcada dependencia de los recursos naturales, los resultados de esta investigación muestran que los ingresos reales domésticos y por tanto el bienestar de la población, se reportan por encima de los ingresos monetarios promedio de la población colombiana en las ciudades y cabeceras departamentales. Los ingresos totales del hogar (el autoconsumo del hogar y sus ingresos monetarios) generados por el medio natural, se acercan al salario mínimo mensual, lo que evidencia la importancia de salud ambiental como fuente de bienestar y como garante de la calidad de vida de estas poblaciones.

La pesca ha sido durante siglos una fuente de subsistencia y de seguridad alimentaria para las poblaciones ribereñas. Al mismo tiempo estas poblaciones han logrado organizarse y evolucionar entorno a esta actividad, constituyendo su principal fuente de ingresos y cohesión cultural. Del mismo modo, ha incidido en la estructura de la cosmovisión y la representación simbólica y cultural; concibiendo la relación entre el recurso hídrico y el recurso pesquero en un medio que los conecta con su identidad, con sus orígenes, y con el territorio. Esta dinámica ha generado una cohesión social y un arraigo cultural, el cual es transmitido y se releva de generación tras generación como fuente de conservación cultural. En consecuencia, el deterioro o la extinción

de éste recurso pone en riesgo la conservación de la identidad cultural; no obstante dichas comunidades recurren a la búsqueda de otras alternativas de subsistencia.

Se resalta la importancia de la calidad ambiental y el nivel de conservación de los recursos naturales que representan la principal fuente de sustento de la población ribereña. Para garantizar un nivel de ingresos estable y adecuado a las comunidades ribereñas, se torna necesario emprender acciones encaminadas a mantener la calidad de los recursos que proveen el sustento y los medios para la reproducción social y cultural de esta población. En este sentido, la política ambiental y la gestión del recurso pesquero cobran vital importancia como fuente y medio de calidad vida para las poblaciones ribereñas.

La gestión ambiental del recurso se tornó esencial para la conservación cultural y económica de las poblaciones ribereñas; sin embargo, en el contexto amazónico colombiano prevalece la ausencia del control estatal, dadas las características departamentales donde predominan las formas de propiedad colectiva y las zonas de conservación. Bajo estas condiciones, es primordial consolidar modelos de gestión y control de recursos naturales a nivel colectivo y/o comunitario, diferentes a los sistemas estatales de controles y restricciones al uso de los recursos naturales. Estos sistemas alternativos, tales como las vedas voluntarias, la rotación de ambientes pesqueros, los acuerdos de pesca y las reservas extractivas planificadas que ya se aplican en la Amazonia colombiana, han permitido construir formas diferentes de control y aprovechamiento sostenible de los recursos colectivos en pro de mantener la oferta natural y la economía de las sociedades ribereñas.

Estos nuevos sistemas de gestión ambiental comunitaria, y la consolidación de una sociedad local organizada y capacitada para conducir la gestión de sus propios territorios, puede ser la ruta para perpetuar los diversos recursos que estos poseen y por la misma vía garantizar que estas sociedades puedan continuar con su modo de vida y su bienestar.

## Agradecimientos

Esta investigación fue desarrollada dentro del marco del proyecto de investigación, “Selva y mercado: exploración cuantitativa de los ingresos en hogares indígenas”. Las autoras agradecen a las diversas personas e instituciones que apoyaron su realización. Se reconoce la participación y dedicación de los 100 hogares indígenas que recopilaron la información económica de sus hogares; a los profesores de la Maestría en Estudios Amazónicos de la Universidad Nacional de Colombia por la dirección del proyecto, y a los docentes de la Universidad del Quindío por sus valiosos comentarios en la elaboración de este artículo. También se extiende un especial agradecimiento a las instituciones que financiaron las diversas etapas del proyecto: El “Programa de Economía ambiental para América Latina y el Caribe” LACEEP-CATIE (Costa Rica), el programa “Saber y gestión ambiental en la Amazonia colombiana” NUFFIC-UNAL (Holanda) y la Fundación Omacha (Colombia-Amazonas).

## Literatura Citada

1. Agudelo, E., Alonso, J. C. & Sánchez, L. (2009). La utilización de los recursos ícticos en la Amazonía sur de Colombia: Una estrategia de vida, ocupación y renta. In E. Agudelo, H. B. Z., & M. Onaindia. UNESCO.
2. Agudelo, E., Sánchez, C. L., Rodríguez, C. A., Bonilla, C. A. & Gómez, G. A. (2011). Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. In I. H. Colombia, *Pesquerías continentales de Colombia* Vol. 2, pp. 143-166. Bogotá, Colombia: Unión Gráfica.
3. Alarcón, J. & Pulido, S. (2004). Determinación de la canasca usual de alimentos de Puerto Nariño. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
4. Alcaldía de Puerto Nariño. (2008). Plan de Desarrollo 2008-2011 “Nechu: Un gobierno con identidad y autonomía”. Puerto Nariño.
5. Alcaldía de Puerto Nariño. (2012). Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015. Puerto Nariño.
6. Ardila, L. S. (2009). Dinámica de gramalotales en la llanura inundable del río Amazonas. Tesis de Maestría en Estudios Amazónicos. Leticia: Universidad Nacional de Colombia sede Amazonas.
7. Camacho, K. A. (2012). Medio Ambiente pesca y economía local: Conocimiento y territorio en áreas de la cuenta Amazónica. Tesis doctoral Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Salamanca. Salamanca: Universidad de Salamanca.
8. Cavendish, W. (1999). Environmental resource use and the household accounts: Collection, cleaning, accounting, aggregation and headline results, a background guide for the 1993/94 dataset for Shindi Ward, Zimbabwe. London: Imperial College.
9. DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2011). Estudios de proyecciones de población a nivel nacional y departamental. Bogotá: DANE.
10. Deaton, A. & Grosh, M. (1989). The influence of household composition on household expenditure patterns: Theory and spanish evidence. *Journal of Political Economy*, 97(1), 179-200.
11. Domínguez, C. (2005). Amazonía Colombiana: Economía y Poblamiento. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
12. Duque, S. R., Trujillo, C., Ángela, H., Silvia, L., Daza, E. & Trujillo, F. (2008). Plan de Control y Manejo de las Zonas Bajas y Sagradas para la Conservación del Pueblo Ticoya, Daiúne, Kikuri, Codi. Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonía; Fundación Omacha; Corpoamazonía, Amazonas, Leticia.
13. Durrance, M. L. (2003a). La naturaleza acuática en la vida social y cultural de los indígenas Tycunas del municipio de Puerto Nariño Amazonas. Proyecto de grado Facultad de Ciencias Sociales Universidad de los Andes. Bogotá: Departamento de Antropología Universidad de los Andes.
14. Durrance, M. L. (2003b). Pesca de consumo, cambios sociales y transformaciones en la composición de las capturas, artes y zonas de pescas en el municipio de Puerto Nariño Amazonas. Proyecto de grado Facultad de Ciencias. Bogotá: Departamento de Biología Universidad de los Andes.
15. Fabrè, N. & Alonso, J. C. (1998). Recursos ícticos Alto Amazonas: Sua importancia para as populacoes riverinas. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi.*, 14(1), 19-55.
16. FAO (2014). Estado mundial de la pesca y la agricultura. Roma: FAO.
17. Fernández, J. P. (1996). “El paradigma de la tragedia de los comunes y el caso de los pescadores”. In M. N. Chamoux, & J. Contreras, *La Gestión comunal de recursos: economía y poder en las sociedades locales de España y América Latina.* (pp. 143-164). Barcelona: Icaria.
18. Gashe, J. & Vela, N. (2011). Sociedad bosquecina: Ensayo de antropología rural amazónica acompañado de una crítica y propuesta alternativa de propuestas de desarrollo. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos - Perú: Asociación Gráfica Educativa.
19. Gobernación del Amazonas. (2012). Plan de Desarrollo Departamental del Amazonas (2012-2015): Por un buen vivir somos pueblo somos más. Amazonas, Leticia.
20. Huérfano, Á. (2010). *San José km 6: Transformaciones de una comunidad Tycuna del Amazonas Colombiano. Tesis de Maestría Estudios Amazónicos.* Leticia: Universidad Nacional de Colombia sede Amazonía.

21. López, S. (2008). El Pirarucú *Arapaima Gigas* en los lagos del sistema de Tarapoto: Aspectos demográficos y culturales. Tesis de Maestría en Estudios Amazónicos. Leticia: Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonas.
22. Meisel, A., Bonilla, L. & Sánchez, A. (2013, octubre). Geografía económica de la Amazonía Colombiana. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional* (193), 1-119.
23. Morán, R. E., Téllez, J. & Cifuentes, J. L. (2010). "La investigación pesquera: una reflexión epistemológica." *Theomai* N° 21, 97-112.
24. Murillo, J. (2006). Percepciones de los usuarios del bosque: Madereros y artesanos en torno al aprovechamiento forestal en el municipio de Puerto Nariño Amazonas. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Javeriana.
25. Ochoa, G., Wood, A. & Zárate, C. (2006). Puerto Nariño: El pueblo que se mira en el río. Retos al desarrollo sustentable en los municipios amazónicos. Bogotá, Colombia: Publicaciones ILSA.
26. Pantevis, Y. A. (2013). Construyendo la historia ambiental de Leticia a través de la pesca. Tesis de Maestría en Estudios Amazónicos. Leticia: Universidad Nacional de Colombia.
27. Pinedo, D. & Soria, C. (2008). El Manejo de las pesquerías en ríos tropicales de Sudamérica. (I. d. Co-mún, Ed.) Lima, Perú.
28. Rodríguez, K. J. & Maldonado, J. H. (2012). De la extracción de madera hacia los productos forestales no maderables del bosque: Análisis de la disponibilidad de cambio en los hogares de Puerto Nariño, Amazonas, Colombia. *Investigación Ambiental*, 4(1), 33-44.
29. Rodríguez, K. & Maldonado, J. H. (2009). Importancia de los productos forestales maderables y no maderables en los hogares de Puerto Nariño (AMazonas Colombia). *Cuadernos de desarrollo rural*, 6(62), 31-52.
30. Trujillo, C. (2008). Selva y mercado: Exploración cuantitativa de los ingresos en hogares indígenas. Tesis de Maestría en Estudio Amazónicos. Leticia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
31. Trujillo, C. (2014). Pesca economía y seguridad alimentaria para el pueblo indígena de Puerto Nariño. In F. Trujillo, & S. R. Duque, Los humedales de Tarapoto aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso (pp. 260-293). Bogotá, Colombia: Unión Gráfica.
32. Trujillo, C. & Escobar, A. L. (2015). Restricciones conceptuales del ordenamiento territorial Colombiano: Usos del territorio y formas de propiedad. *Entramado*, 11(2), 20-36.
33. Trujillo, C. & Trujillo, F. (2010). Acuerdos de pesca responsable para el buen uso de los lagos de Tarapoto. Bogotá: Unión Gráfica.
34. Trujillo, F. & Duque, S. R. (2014). Los humadales de Tarapoto, aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso. Bogotá: Unión Gráfica.
35. Vieco, J. J. & Oyuela, A. (1999). La pesca entre los tycunas: Historia, técnicas y ecosistemas. *Boletín de Antropología volúmen 13 N° 30*.
36. Zamora, A., Narváez, J. & Londoño, L. M. (2007). Evaluación Económica de la Pesquería Artesanal de la Ciénaga Grande de Santa Martha y Complejo de Pajarales-Caribe Colombiano. (I. d. INVEMAR, Ed.) *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 33-48.

#### Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 16 de mayo de 2015  
 Aceptado: 06 de julio de 2015



# Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera de La Guajira, Colombia

## Land-based sources pollution in the coastal zone of the Guajira, Colombia

### *Fontes terrestres de contaminação na zona litoral de La Guajira, Colômbia*

Carlos Doria Argumedo<sup>1</sup> & Lisbeth Janet Vivas Aguas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Licenciado en Química, Magister en Química, Estudiante de Doctorado en Ciencias Químicas en la Universidad de La Guajira. Riohacha. Colombia. <sup>2</sup>Ingeniera Pesquera. Magister en Ciencias Ambientales

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería. Universidad de La Guajira. Colombia. <sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Adreis"-INVEMAR. Colombia

<sup>1</sup>cdoria@uniguajira.edu.co, <sup>2</sup>janet.vivas@invemar.org.co

#### Resumen

La determinación y caracterización de las fuentes terrestres de contaminación es una actividad importante para el diagnóstico de la calidad ambiental marina de las áreas costeras de Colombia. Teniendo en cuenta que La Guajira es una región con un gran potencial minero, rica en recursos marinos y naturales y con una localización geográfica que le abre grandes posibilidades para el intercambio comercial con los países de la cuenca del Caribe, se realizó una descripción detallada de los factores potencialmente contaminantes en la zona costera, tomando como base principal la metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental de Colombia, básicamente el listado de factores ambientales del método Battelle-Columbus, para así poder realizar la Evaluación de Impacto Ambiental. De acuerdo a los resultados se observaron varios impactos ambientales significativos en la zona de estudio como en el caso de la minería, actividad que afecta de forma directa a los factores ambientales con importancia crítica como los pastizales y praderas, los factores estéticos, contaminación

atmosférica, la diversidad de especies, las cadenas alimentarias, uso del suelo, contaminación del suelo y de las viviendas cercanas. Se concluye que es necesario implementar medidas de manejo en la zona que permitan mejorar las condiciones ambientales y la calidad de vida de los pobladores.

**Palabras clave:** Fuentes terrestres, contaminación costera, factores contaminantes, evaluación de impacto ambiental.

#### Abstract

The identification and characterization of land-based sources of pollution is an important activity for the diagnosis of the environmental quality marina of the coastal areas of Colombia. Taking into account that the Guajira is a region with a great mining potential, rich in marine and natural resources and with a geographical location which opens up great possibilities for trade with the countries of the Caribbean basin, gave a detailed description of the factors potentially polluting in the coastal zone, taking as the main

basis of the methodology for the calculation of fines for infringement of environmental regulations in Colombia, basically the list of environmental factors of the method Battelle-Columbus, so as to be able to carry out the Environmental Impact Assessment. According to the results were observed several significant environmental impacts in the study area as in the case of mining, activity which directly affects the environmental factors with critical as pastures and meadows, the aesthetic factors such atmospheric pollution, the diversity of species, food chains, land use, pollution of the soil and of the houses in the vicinity. It is concluded that it is necessary to implement management measures in the area to improve the environmental conditions and the quality of life of the inhabitants.

**Key-words:** Land-based sources, coastal pollution, polluting factors, environmental impact assessment.

## Resumo

A determinação e caracterização das fontes terrestres de contaminação são atividades importantes para o diagnóstico da qualidade ambiental marinha

no litoral colombiano. Considerando que La Guajira é uma região com potencial mineiro, é rica em recursos marinhos e naturais e tem uma localização geográfica que abre grandes possibilidades para trocas comerciais com países do Caribe, foi realizada uma descrição detalhada dos fatores potencialmente contaminantes no litoral, baseando-se no listado de fatores ambientais do método Battelle-Columbus, para assim realizar a Avaliação do Impacto Ambiental. Segundo os resultados, observaram-se vários impactos ambientais significativos no local de estudo, como é o caso da mineração, atividade que afeta de forma direta aos fatores ambientais com importância crítica como pastagens e prados, os fatores estéticos, contaminação atmosférica, diversidade de espécies, cadeias tróficas, uso do solo, contaminação do solo e moradias próximas. Foi concluído que é necessário implementar normativas de manejo no local que permitam melhorar as condições ambientais e a qualidade de vida das pessoas.

**Palavras-chave:** Fontes terrestres, contaminação litoral, fatores contaminantes, avaliação de impacto ambiental.

## Introducción

Uno de los problemas ligados al desarrollo sostenible de los países está relacionado con el deterioro de los ecosistemas por parte del hombre en busca de su desarrollo económico (IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI, 2011). Dada esta situación, es de esperar que la contaminación marino-costera, está estrechamente relacionada con el aumento creciente de las poblaciones que habitan estas zonas y por ende el crecimiento de sus actividades socio-económicas, juegan un papel importante en el deterioro de los recursos naturales, ya que afectan en menor o mayor medida la dinámica del medio marino, los ecosistemas, pobladores costeros y otras actividades conexas (Garay, Marín & Vélez, 2001). La zona costera del Caribe colombiano se caracteriza por presentar unas condiciones ambientales específicas que la hacen actualmente centro de las

principales industrias y puertos colombianos, lo cual la convierte en un área de gran importancia desde el punto de vista ambiental y de características únicas para las comunidades que allí se desarrollan (Tous *et al.*, 2007). No obstante los ecosistemas de esta zona se han visto alterados por las actividades humanas, tanto en las zonas costeras como en el sistema marino mismo, que se planifican y ejecutan sin suficiente manejo ambiental de los impactos que generan sobre la base ambiental, convirtiéndose en las principales causas de pérdida de la biodiversidad (Posada *et al.*, 2012). Según Vivas-Aguas *et al.* (2012), teniendo en cuenta el Índice de Calidad Ambiental Marina y Costera ICAM, las aguas marinas de La Guajira presentan una categoría de pésima calidad, especialmente en la época de lluvias, determinadas por las condiciones de altas

concentraciones de coliformes termotolerantes, nitratos y sólidos. Esta situación se atribuye a los diferentes asentamientos y actividades domésticas, agrícolas, pecuarias y mineras de esta zona.

Estas actividades productivas y los asentamientos humanos generan residuos que en mayor o menor medida son las potenciales fuentes contaminantes del agua y los recursos naturales, si no éstos son manejados y dispuestos de forma adecuada para reducir el deterioro ambiental (Tabla 1). La mayoría de estos contaminantes llegan al mar a través de los ríos y por las escorrentías ocasionando importantes efectos en los ecosistemas costeros (Restrepo & Kjerfve, 2004). El río Ranchería, nace en las estribaciones de la falda sur oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en el

Mar Caribe, es la corriente hidrográfica de mayor importancia para el departamento de La Guajira puesto que no solo se constituye en la fuente de abastecimiento para la cabecera municipal de nueve de los quince municipios de esta región, sino que es aportante principal para la actividad agrícola (principalmente arroz, café y frutales ácidos) y ganadería de la zona (MAVDT, Corpoguajira, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 2009; Otero, 2013); en este sentido este recurso hídrico se convierte en el principal receptor de los residuos que se derivan de las múltiples actividades socioeconómicas y asentamientos humanos ubicados a lo largo y ancho de su cuenca, considerándose como las potenciales fuentes contaminantes del agua y los recursos naturales de la zona costera de La Guajira.

**Tabla 1.** Principales actividades, fuentes contaminantes y cuerpos de agua afectados en el departamento de La Guajira

Actividad / Fuente contaminante		Tipo de contaminación	Tributarios afectados
Petróleo, Energía y Minería	Explotación de carbón Cerrejón – municipios (Barrancas y Riohacha).	Aumento de sólidos en suspensión y disueltos, hidrocarburos del petróleo, compuestos tóxicos orgánicos, aguas térmicas	Mar Caribe, Ranchería, Cañas
	Extracción de petróleo crudo y de gas natural.		
	Generación de energía eléctrica.		
Agrícola y pecuaria	Cultivos de arroz, maíz, tomate, plátano y sorgo.	contaminantes orgánicos, fertilizantes, agroquímicos, desechos de animales, contaminación microbiológica,	Ranchería, Cañas, Palomino
	Criadero de animales		
Marítima- Puertos	Puerto Bolívar, Puerto Nuevo, Uribia- Dibulla,	Aguas de sentinas – residuos de carbón, residuos oleoso	Bahía Portete
	Estaciones de servicio	Aceites, grasas, sedimentos	Ranchería-Riito
Municipales Instituciones	Matadero de vacunos en Riohacha	Retazos de pieles, cascots y heces	Mar Caribe, Riohacha
Eliminación de Residuos y vertimientos domésticos	Alcantarillado de Riohacha, Barrancas, Hato Nuevo, Fonseca, Distracción, Albania	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites	Mar Caribe, subcuencas del río Ranchería

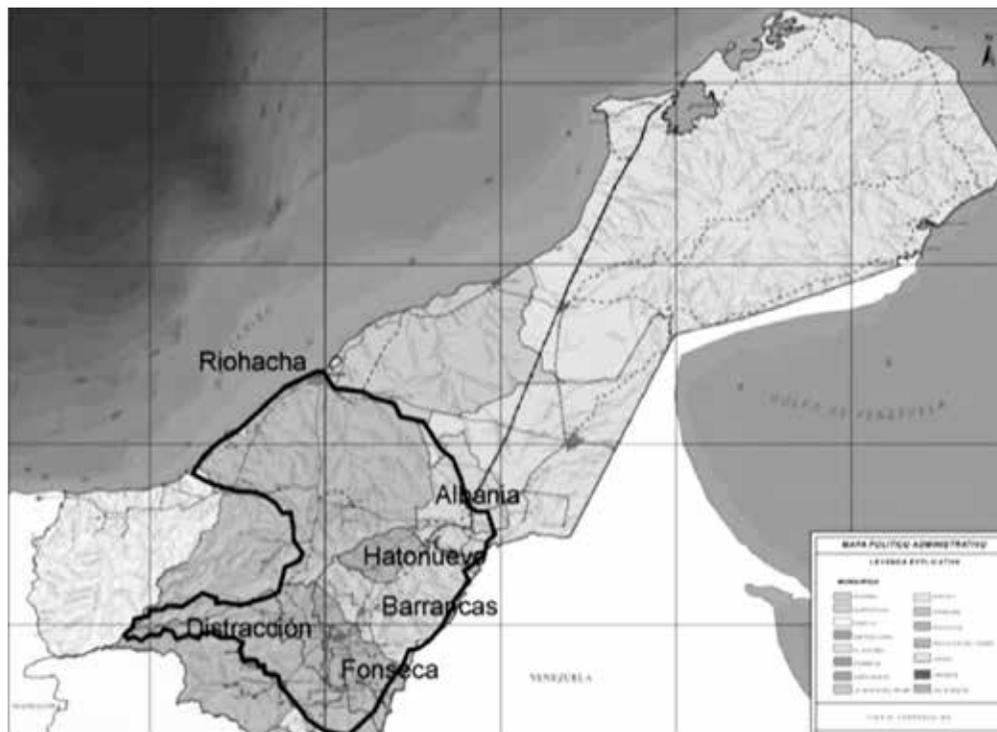
Fuente: Garay *et al*, 2001

Además se le suma una importancia cultural para los grupos indígenas de la zona (Wayuu, Wiwa y Kogui), los cuales ancestralmente se han asentado en su ribera como garantía para la práctica agrícola de sus cultivos de pan-coger.

## Materiales y métodos

Por su importancia dinámica en al área costera de La Guajira, se tomó como zona de estudio la cuenca

del río Ranchería situada en la parte central y occidental del departamento de La Guajira, con una superficie de 422467 ha, comprende los municipios de Distracción, Fonseca, Barrancas, Hato Nuevo y Albania y parte de los municipios de Riohacha, San Juan del Cesar, Maicao y Manaure. Nace en las estribaciones de la falda suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la laguna de Chirigua, a 3700 msnm y desemboca en el mar Caribe con múltiples bocas (Figura 1) (MAVDT/CORPOGUAJIRA/Fundación Pro-Sierra, 2009).



**Figura 1.** Mapa de la cuenca del río Ranchería y la zona costera de Riohacha. La Guajira. Colombia

Fuente: MAVDT/CORPOGUAJIRA/Fundación Pro-Sierra, 2009

El componente metodológico del estudio fue estructurado con base en dos aspectos: una recopilación de información a través de una revisión bibliográfica con el apoyo de instituciones como El Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE, la Gobernación de La Guajira, la Corporación Autónoma de La Guajira-Corpoguajira, las alcaldías de los municipios que integran la cuenca de Río Ranchería, La Universidad de La Guajira y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Adreís”-INVEMAR; y el desarrollo de visitas

de campo (inspección visual, registro fotográfico y geoposicionamiento satelital). Un análisis de la información relacionada con la determinación de cargas contaminantes, vertimientos, residuos sólidos, usos de la tierra; y al final la realización de una valoración de impactos ambientales.

Para el Estudio de Impacto Ambiental se utilizó como base principal la metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental de Colombia (MAVDT, 2010). Inicialmente

se tomó el listado de factores ambientales del método Battelle-Columbus, que se basa en una lista de indicadores de impacto con 78 parámetros o factores ambientales que representan una unidad o un aspecto del medio ambiente que merece considerarse por separado y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental derivado de las acciones (García, 2004); y se seleccionaron las acciones que pueden causar impacto ambiental según la matriz propuesta por Leopold (1971), que consiste en una matriz de doble entrada en la que se disponen en filas los factores ambientales que pueden ser afectados y en columnas las acciones que tendrán lugar y que serán causa de los posibles impactos (Conesa, 2009). Se elaboró la matriz de afectación, donde a partir del cruce de información entre el listado de factores y de impactos ambientales se determinaron las afectaciones relevantes para su estimación fue realizada la valoración cualitativa, asignando valores prefijados según la escala de importancia propuesta por Conesa (2009). Para finalizar se hizo la sumatoria total de la columna de importancia indicando cuales son los impactos más significativos. A manera de resumen se hizo la relación entre las fuentes de contaminación y las actividades identificadas en la zona de estudio con respecto a las acciones que podrían causar impacto ambiental según Leopold (1971).

## Resultados y Discusión

**Saneamiento básico y residuos domésticos:** varios de los municipios de la cuenca del río Ranchería, coinciden en diferentes actividades socioeconómicas características del departamento, como son las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, marítimas, pesqueras, entre otras (DNP, 2007). De igual manera, la mayoría de los municipios presentan un inadecuado manejo de los residuos sólidos y baja cobertura de saneamiento básico (Tabla 2), generando vertidos directos de contaminantes sobre el suelo y los cuerpos de agua, convirtiéndose en tensores que pueden modificar las características químicas, físicas y biológicas del agua; y causar la degradación de los ecosistemas.

Los sistemas de abastecimiento de acueducto municipales en el departamento, en su mayoría, funcionan por gravedad a través de la captación directa del agua de los ríos. Las plantas de tratamiento son insuficientes para tratar y potabilizar el agua, y en gran parte de los municipios el agua que se distribuye es de baja calidad o no es apta para el consumo humano. Según los análisis del Índice de Calidad del Riesgo del Agua (IRCA) de la Secretaría de Salud Departamental en 2009, los acueductos de las cabeceras urbanas de Albania, Fonseca y Uribia presentan un nivel de riesgo bajo, mientras que las poblaciones indígenas de la Media y Alta Guajira son las zonas más afectadas, quienes se abastecen principalmente de manantiales, nacimientos, aljibes o jagüeyes, y usan esta agua para consumo humano y cría de animales (Corpoguajira, 2011).

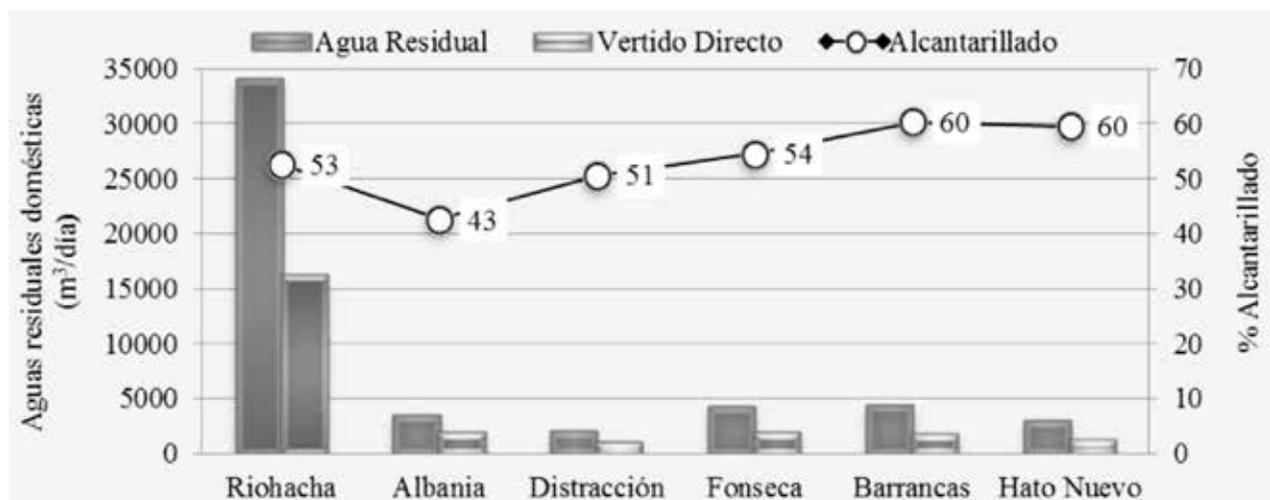
De acuerdo a la población, se calculó que los 344804 habitantes de la zona producen 43260 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales domésticas (MinDesarrollo 2000; UNEP-RCU/CEP, 2010), cargadas con 2955 t/año de materia orgánica en términos de DBO<sub>5</sub>, y de 5909 t/año de DQO; además con 709 t/año de nitrógeno; 47 t/año de fosfatos; 2955 t/año de sólidos suspendidos totales y 1,2E+19 NMP/año de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Las mayores cargas de contaminantes domésticos son producidas por el municipio de Riohacha que genera 1928 t/año de DBO<sub>5</sub>, 3855 t/año de DQO, 463 t/año de nitrógeno, 1928 t/año de sólidos suspendidos, 31 t/año de fósforo total y 7,7 E+18 NMP/año de coliformes. Se debe tener en cuenta que las altas concentraciones de sólidos, nutrientes y materia orgánica pueden afectar la calidad del agua y representan un riesgo para la salud humana, dependiendo de los sistemas de tratamiento, la disposición de las aguas residuales domésticas y la cobertura de servicios que tenga cada población (Figura 2).

**Tabla 2.** Cobertura de servicios públicos y producción de residuos sólidos en los municipios de la cuenca del río Ranchería. La Guajira.

Municipio	Producción de residuo sólido (t/día)	Cobertura de aseo (%)	Cobertura de acueducto (%)	Cobertura de alcantarillado (%)	Tratamiento de aguas residuales	Disposición de residuos sólidos
Riohacha	176	60,4	69	53	PTAR*	Celda transitoria
Albania	13	87	65	43	PTAR*	Botadero Albania
Distracción	8	90	61	51	Laguna de oxidación	Botadero Fonseca
Fonseca	16	40	80	54	Laguna de oxidación	Botadero Fonseca
Barrancas	17	100	69	60	Laguna de oxidación	Botadero Barrancas
Hatonuevo	11	91,4	66	60	Laguna de oxidación	Botadero Barrancas

\*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Fuente: SSPD, 2009; Concejo Municipal de Fonseca, 2008; DANE, 2005; Corpoguajira, 2009; Mindesarrollo, 2009



**Figura 2.** Caudal estimado de vertido de aguas residuales domésticas y distribución de la cobertura de alcantarillado en los municipios de la cuenca del río Ranchería. La Guajira

Los residuales líquidos en los municipios de Riohacha y Albania se manejan con planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y en los demás utilizan lagunas facultativas o de oxidación (Tabla 2). Estos sistemas después del tratamiento de las aguas residuales domésticas se descargan a cuerpos de agua superficiales, en el caso de Riohacha las aguas residuales domésticas llegan al alcantarillado a través

de un sistema de colectores y redes que son vertidas directamente al mar Caribe.

En materia de saneamiento básico cada población tiene implementado sus sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (Tabla 2), pero se presentan deficiencias, dado que la cobertura de alcantarillado en las áreas urbanas el 31% de

las viviendas no están conectadas a la red y el área rural alcanza hasta el 90% (DANE, 2005). En cuanto al servicio sanitario en particular, el 49% de las viviendas tienen inodoros conectados al alcantarillado, el 19% conectado al pozo séptico y el 31% restante no tiene servicio sanitario o usan letrinas (Figura 3). En la mayoría de los municipios los sistemas de alcantarillado son antiguos y están

saturados por los sólidos, que se descargan en las cámaras de inspección y por su doble uso como alcantarillado de aguas residuales y pluviales. Por ello, las redes de drenaje son deficientes, y en algunas áreas rurales se han implementado plantas de tratamiento para reducir la carga de sólidos antes de su disposición final (DANE, 2005; Corpo-guajira, 2011)



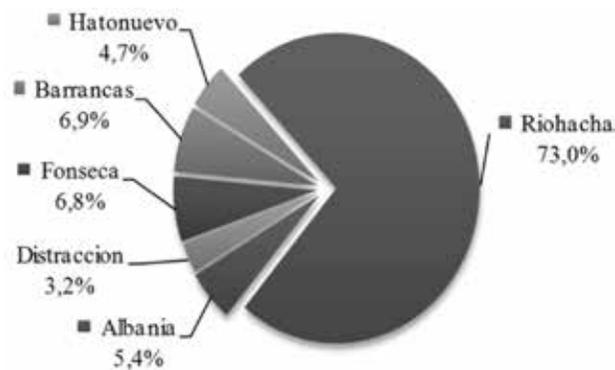
Figura 3. Tipo de servicio sanitario de los municipios de la cuenca del río Ranchería. La Guajira.

Los resultados de los monitoreos realizados en los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales, indican las concentraciones de  $DBO_5$  oscilan entre 12 y 608 mg/L en el punto de entrada, mientras que en las salidas fluctuaron entre 8 y 281 mg/L. Los sólidos suspendidos por su parte, oscilaron entre 29 y 744 mg/L, en el punto de entrada y entre 10 y 236 mg/L en la salida del sistema, siendo la PTAR del municipio de Albania, la que tiene mayor demanda de oxígeno y concentración de sólidos en suspensión, en relación al porcentaje de remoción para de  $DBO_5$  el único municipio que presenta una eficiencia debajo del 30% según la norma es Barrancas con una eficiencia del 16%, y para Sólidos Suspendidos Totales, únicamente Barrancas y Hatónuevo muestran eficiencias menores al 50%, con 14 y 32%, debajo del límite permisible para vertimiento de residuos líquidos a un cuerpo de agua según lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984.

En cuanto al manejo de los residuos sólidos, en el 50% de las viviendas son recogidos por el servicio de aseo, el 25% queman la basura, el 14% la disponen en patio, lote, zanja (llamados botaderos satélite), el 4% los entierran, y el 7% restante son arrojados a cuerpos de agua o utilizan otro tipo de eliminación, generalmente de forma inadecuada (DANE, 2005; SSPD, 2009). En el departamento de La Guajira se producen en promedio 308 t/día, de los cuales 166 t/día son dispuestos en botaderos a cielo abierto, cuenta con un relleno sanitario, ubicado en el municipio de Manaure que recibe residuos provenientes de este municipio, con una producción promedio de 10,3 t/día y Riohacha maneja el 31% del total de la producción departamental en una celda transitoria (Tabla 2). Según los valores típicos de producción *pér capita* y el nivel de complejidad del sistema (MinDesarrollo, 2000), la producción total de los residuos estimada para los seis municipios

del área de la cuenca del río Ranchería es de 241 t/día, donde Riohacha produce el 73% (SSPD, 2009), debido al mayor número de habitantes (Figura 4).

El inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos deterioran el paisaje, son fuentes potenciales de contaminación del suelo, agua y aire, su degradación origina olores ofensivos por la putrefacción rápida de materiales orgánicos o por emanaciones de sustancias tóxicas volátiles de origen industrial o doméstico, como pinturas, solventes, entre otros. Adicionalmente, puede causar deterioro de la calidad de las aguas superficiales y por la percolación de cargas contaminantes asociadas a los lixiviados, que pueden alcanzar las aguas subterráneas (MinDesarrollo, 2000; Corpoguajira, 2011).



**Figura 4.** Producción de residuos sólidos estimada, de acuerdo a los valores típicos per cápita para los municipios de la cuenca del río Ranchería, según el nivel de complejidad del sistema.

Fuente: MinDesarrollo (2000).

### Actividades productivas y socioeconómicas

El departamento de La Guajira a pesar de tener principalmente vocación minera; es el sector agropecuario el que genera más empleo porque de las 21.084.800 ha, 33.691 ha fueron cultivadas con 9.661 cultivadores en el 2008 y 104.963 ha son áreas nuevas aptas para la agricultura (Gobernación departamental de La Guajira, 2005, Corpoguajira, 2011). Según los datos reportados por Corpoguajira (2011) de estas áreas cultivadas, los municipios con mayor cantidad de territorios agrícolas son Riohacha (23, 6%), Dibulla 10,7%), Barrancas (9,1%) y Fonseca (7,5%), donde existen en primer lugar cultivos de algodón, pastos de riego, pastos naturales

y tabaco que representan el 46% del área; en segundo lugar están los cultivos de cereales como arroz, maíz, sorgo y trigo con 26,8% del área, y en tercer lugar las frutas y nueces como banano, guanábana, mango, naranja, papaya, piña, plátano y sandía con el 11,2% principalmente. No obstante, los sistemas tradicionales de esta zona presentan déficit en tecnología de producción, lo que hace que los rendimientos sean muy bajos, caracterizándose como una agricultura de subsistencia, y requiriendo que el departamento se abastezca con la oferta de alimentos de los departamentos vecinos (Gobernación departamental de La Guajira, 2005; MAVDT/Corpoguajira/Fundación ProSierra, 2009; Corpoguajira, 2011).

La actividad agrícola en la cuenca del río Ranchería está representada por 8 diferentes tipos de cultivos como la plantaciones de pastos, pastos de riego, pastos naturales, algodón y flores, que consumen 821 L/s de agua, es decir el 68% del total, y en segundo lugar están los cereales como arroz, maíz, sorgo y trigo que consumen el 23% del recurso agua (277 L/s) (Gobernación departamental de La Guajira, 2005; MAVDT/Corpoguajira/Fundación ProSierra, 2009; Corpoguajira, 2011). Para estos diferentes tipos de cultivos hay un alto consumo de pesticidas comunes en la agricultura comercial como son los fosforados, hormón, carbamatos, piretroides y clorinados, entre otros, particularmente para los cultivos de algodón, arroz, maíz y palma africana. Estos plaguicidas pueden provocar contaminación al medio ambiente, ya que en la literatura se han reportado un nivel de toxicidad agudo para los seres vivos, por su poder residual y alta resistencia a la biodegradación, lo cual hace más crítico su uso indiscriminado (Corpoguajira, 2011). En el caso de los fertilizantes su utilización también genera situaciones no deseables, como es el caso de eutroficación de las aguas y la aceleración de la degradación de la materia orgánica, especialmente los fertilizantes nitrogenados (Romero, 2005). En el departamento las áreas que se destacan por contaminación con fertilizantes son: las zonas de cultivo de los municipios de la Jagua del Pilar, Urumita, Villanueva, El Molino, Dibulla y Riohacha. Para otros tipos de cultivos, se viene usando recientemente

abono orgánico y se ha potencializado la implementación de prácticas de control natural de plagas y enfermedades (Corpoguajira, 2011).

En La Guajira la producción pecuaria se ve limitada porque del área total destinada para esta actividad económica, solamente el 28,41% se encuentra ocupada por pastos naturales o mejorados, el 71,59% restante corresponde a áreas ocupadas por malezas y rastrojos, dejando como cobertura para la explotación pecuaria sólo 1.542.943 ha, aproximadamente. En términos generales el departamento presenta una ganadería tradicional y extensiva, siendo mayormente de las especies caprina y ovina (Tabla 3). (Gobernación departamental de La Guajira, 2005; Alcaldía Mayor de Riohacha, 2008; Corpoguajira, 2011).

**Tabla 3.** *Inventario de especies pecuarias del departamento de La Guajira*

Tipo de Ganado	Número de cabezas
Vacuno	306.447
Porcino	45.756
Caballar	16.810
Mular	6.647
Asnal	32.730
Ovino	535.825
Caprino	1.138.674

Fuente: Alcaldía de Manaure (2006); Corpoguajira (2011)

La mayoría de los municipios no cumple con las normas sanitarias, debido a que en su mayoría las infraestructuras y equipos son inadecuados para este tipo de actividades, sacrifican animales a campo abierto para la oferta de carne en los municipios. Las reses son sacrificadas en pisos y lozas improvisadas al aire libre, sin ningún tipo de control ambiental, presentan deficiencias en el manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos, bajo control de la calidad del producto y seguimiento de inspección antes y después del sacrificio del animal, poniendo en riesgo la salud pública del consumidor (Concejo

Municipal de Fonseca, 2008; Corpoguajira, 2009; Corpoguajira, 2011).

La principal actividad del sector industrial es la minera que se realiza en el complejo carbonífero de El Cerrejón ubicado en la jurisdicción de los municipios de Albania, Hatonuevo, Barrancas y Maicao. Esta minería se realiza a cielo abierto, produciendo impactos cuando se quita la cubierta de material estéril o capa vegetal que cubre la roca carbonífera para extraer el carbón, emitiendo partículas finas a la atmósfera; la mayor concentración está en la zona de explotación, los patios de acopio y las carreteras de ingreso a las minas; también se hacen descargas de agua de la minería hacia los cursos de agua natural. En épocas de lluvia, la escorrentía llega más rápido al río Ranchería, sin regulación de caudales por no tener cobertura vegetal, sino una red de canales de drenaje, presentando efluentes con trazas de nitrato de amonio de la planta de explosivos, aguas residuales, de la planta de lavado de equipos con contenidos de grasas, aceites, trazas de combustibles y carbón mineral. También se presenta erosión en el área de botaderos y gases por la autocombustión del carbón, siendo perceptibles por las comunidades vecinas, ya que en los tajos abiertos de manera espontánea se combustionan mantos de carbón que forman óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, y gas carbónico (Salas, 2004).

El expendio de combustible es una actividad importante que se desarrolla en la mayoría de los municipios de La Guajira, principalmente en Albania, Barrancas, Riohacha, Maicao; práctica que genera contaminación del suelo.

### **Evaluación de los Impactos Ambientales encontrados**

En la Tabla 4 se muestran los factores ambientales tomados de la lista de indicadores de impacto, con base en el método Batelle- Columbus, que merecen ser considerados por separados y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental de las acciones que se presentan en la zona de estudio.

**Tabla 4 .** Listado de factores ambientales generales según el método Batelle-Columbus

<b>Factores Ambientales</b>	
<b>Ecología</b>	<b>Aspectos</b>
1. Especies y poblacionales	10. Suelo
2. Acuáticas	11. Aire
3. Hábitats y comunidades	12. Agua
4. Terrestres	13. Biota
5. Ecosistemas	14. Objetos artesanales
	15. Composición
<b>Contaminación Ambiental</b>	<b>Aspectos de Interés</b>
6. Contaminación del agua	16. Valores educacionales y científicos
7. Contaminación atmosférica	17. Valores históricos
8. Contaminación del suelo	18. Arquitectura y estilos
9. Contaminación por ruido	19. Culturas
	20. Sensaciones
	21. Estilos de vida (parones culturales)

En la Tabla 5 se muestran las acciones propuestas por el método de Leopold, que pueden causar impacto ambiental en la zona de estudio según las actividades encontradas en La Guajira. En la Tabla 6 se indica la calificación de la importancia de la afectación. En la Tabla 7 se presenta la matriz de afectación,

para la cual se partió del cruce de información entre el listado de factores y de impactos ambientales, determinándose las afectaciones relevantes para su estimación y se realizó la valoración cualitativa asignando valores prefijados según la escala de importancia propuesta por Conesa (2009).

**Tabla 5.** Listado de acciones propuestas por el método de Leopold, que pueden causar impacto ambiental en la zona de estudio según las actividades encontradas en La Guajira.

<b>Acciones Impactantes</b>	
<b>Modificación del Régimen</b>	<b>Recursos Renovables</b>
1. Controles Biológicos	21. Repoblación forestal
2. Modificación del Hábitat	22. Recarga de aguas subterráneas
3. Alteración de la cubierta terrestre	
4. Alteración de la hidrología	
5. Alteración del drenaje	
6. Control del río y modificación del flujo	
7. Canalización	
8. Incendios	
9. Ruido o vibraciones	
<b>Extracción de recursos</b>	<b>Situación y tratamiento de residuos</b>
10. Voladuras y perforaciones	23. Vertidos en mar abierto
11. Excavaciones superficiales	24. Vertedero
12. Excavaciones subterráneas	25. Vertido de residuos urbanos
13. Pesca comercial y caza	26. Vertido de efluentes líquidos
	27. Tanques y fosas sépticas
	28. lubricantes y aceites usados

Procesos	Tratamiento Químico
14. Agricultura	29. Fertilización
15. Ganadería y pastoreo	30. Control de maleza y vegetación terrestre
16. Industrias lácteas	31. Pesticida
17. Minería	
Alteraciones del Terreno	
18. Control de la erosión, cultivo	
19. Paisaje	
20. Explosiones	

**Tabla 6.** Calificación de la importancia de la afectación

Importancia	Valor
Irrelevancia	8
Leve	9-20
Moderado	21-40
Severa	41-60
Crítica	61-104

Fuente: adaptado (MAVDT, 2010)

**Tabla 7.** Valoración cualitativa de las acciones impactantes y de los factores ambientales impactados.

Naturaleza	Intensidad (IN) (Grado de destrucción)
Impacto beneficioso +	Baja o mínima 1
Impacto perjudicial -	Media 2
	Alta 3
	Muy alta 4
	Total 12
Extensión (EX) (Área de influencia)	Momento (MO) (Plazo de manifestación)
Puntual 1	Largo plazo 1
Parcial 2	Mediano plazo 2
Maplio o extenso 4	Corto plazo 3
Total 8	Inmediato 4
Crítico (+4)	Crítico (+4)
Persistencia (PE) (Permanencia de efecto)	Reversibilidad (RV) (Reconstrucción por medios naturales)
Fugaz o efímero 1	Corto plazo 1
Momentáneo 1	Mediano plazo 2
Temporal o transitorio 2	Largo plazo 3
Pertinaz o persistente 3	Irreversible 4
Permanente o constante 4	
Sinergia (SI) (Potenciación de la manifestación)	Acumulación (AC) (Incremento progresivo)
Sin sinergismo o simple 1	Simple 1
Sinergismo moderado 2	Acumulativo 4
Muy sinérgico 4	

<b>Efecto (EF)</b> <b>(Relación causa-efecto)</b>	<b>Prioridad (PR)</b> <b>(Regularidad de la manifestación)</b>
Indirecto o secundario 1	Irregular (aperiódico y esporádico) 1
Directo o primario 4	Periódico o de regularidad intermitente 2
	Continuo 4
<b>Recuperabilidad (MC)</b> <b>(Reconstrucción por medios humanos)</b>	<b>Importancia (I)</b> <b>(Grado de manifestación cualitativa del efecto)</b>
Recuperable de manera inmediata 1	$I = + (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$
Recuperable a corto plazo 2	
Recuperable a medio plazo 3	
Recuperable a largo plazo 4	
Mitigable, sustituible y compensable 4	
Irrecuperable 8	

Fuente Conesa (2009).

En la Tabla 8 se presenta la relación entre las fuentes de contaminación y las actividades identificadas en la zona de estudio con respecto a las acciones que pueden causar impacto ambiental según Leopold (1971)

**Tabla 8.** Relación entre las fuentes de contaminación y las actividades encontradas en la zona de estudio con respecto a las acciones que podrían causar impacto ambiental según Leopold (1971).

<b>Factores Ambientales</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Residuos Sólidos</b>	<b>Aguas Residuales</b>	<b>Pecuaria</b>	<b>Mataderos</b>	<b>Minería</b>	<b>Expendio de Gasolina</b>	<b>Importancia del impacto</b>
Controles biológicos	1			1	1			519
Modificación del hábitat		1				1		1779
Alteración de la cubierta terrestre	1	1		1	1	1	1	2305
Alteración de la hidrología	1				1	1		2268
Alteración del drenaje	1	1				1	1	2710
Control del río y modificación del flujo					1	1		2762
Canalización		1				1		2762
Incendios						1		1595
Ruido o vibraciones						1		660
Voladuras o perforaciones						1		2639
Excavaciones superficiales		1				1	1	1856
Excavaciones subterráneas		1						1950
Pesca comercial y caza								894

Continuación Tabla 8

Factores Ambientales	Agricultura	Residuos Sólidos	Aguas Residuales	Pecuaria	Mataderos	Minería	Expendio de Gasolina	Importancia del impacto
Agricultura	1							2108
Ganadería y pastoreo				1	1			1986
Industrias lácteas			1		1			1986
Minería						1		4193
Control de erosión, cultivo	1			1		1		1728
Paisaje	1	1				1	1	1954
Replacación forestal	1					1		1934
Recarga de aguas subterráneas						1		2160
Vertidos en mar abierto			1		1			1790
Vertedero		1						2685
Vertido de residuos urbanos	1	1		1				2685
Vertido de efluentes líquidos			1	1	1			1581
Tanques y fosas sépticas			1					1581
Lubricantes y aceites usados							1	1184
Fertilización	1							2052
Control de maleza y vegetación terrestre	1						1	1130
Pesticida	1				1			1708
Explosiones						1	1	4731
<b>Total acciones por actividad</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	

De acuerdo a los resultados de la matriz de importancia se observaron varios impactos ambientales significativos de la zona de estudio como en el caso de la minería, actividad que afecta de forma directa a los factores ambientales con importancia crítica como los pastizales y praderas, los factores estéticos, contaminación atmosférica, la diversidad de especies, las cadenas alimentarias, uso del suelo,

contaminación del suelo y de las viviendas cercanas. Una manera de garantizar la mitigación de los impactos ambientales que se puedan presentar por esta actividad es con la implementación, desarrollo y ejecución de manera efectiva del Plan de Manejo Ambiental-PMA. Dentro del PMA debe contemplarse el monitoreo de gases provenientes de la combustión de los equipos mineros de soporte y

livianos, y seguimiento a la auto-combustión para determinar la cantidad y composición de los gases presentes y evaluar la influencia de estos sobre el ambiente. También debe incluir el monitoreo de calidad de aguas residuales industriales y domésticas, para evaluar la eficiencia de los sistemas de tratamiento implementados, ya sean tanques sépticos, lagunas de estabilización, trampa de grasas, entre otros (Salas, 2004).

Los vertederos de residuos sólidos, son otra actividad que impacta el ambiente porque afectan principalmente a factores estéticos con importancia de afectación crítica para el uso y erosión del suelo, olor y visibilidad, la interfase agua-tierra y comunidades cercanas (Espinoza, 2001). En estos casos, se recomiendan alternativas de mitigación encaminadas en aumentar la cobertura de aseo en los asentamientos humanos y construir rellenos sanitarios que cumplan con las normas ambientales, diseñados de acuerdo a la proyección de la población de la zona, con suficiente capacidad para disponer los residuos producidos. Adicionalmente, evaluar los botaderos de basura a cielo abierto y definir fechas de su clausura combinada con la operación del relleno sanitario, en busca de minimizar los impactos al ambiente y los peligros para la salud y seguridad pública (Donaires *et al.*, 2005; Alcaldía Municipal del Municipio de Simiti, 2007).

La agricultura afecta de forma crítica factores como el uso y erosión del suelo, la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, aumento de la sedimentación de las cuencas, aumento de nutrientes en el agua, pesticidas, coliformes fecales y sustancias tóxicas, principalmente. Para minimizar este impacto se sugiere hacer un uso eficiente del agua, elegir cultivos adecuados, establecer rotación de cultivos, aplicar de forma equilibrada los fertilizantes respetando las dosis, reutilizar los subproductos y residuos o reducir la producción de desechos (Londoño, 2006)

Los vertidos directos al mar y el vertido de efluentes líquidos afectan principalmente las características fluviales, coliformes fecales, olor y materiales flotantes (Astorga, Soto & Iza, 2007). Para mitigar este impacto es necesario aumentar la cobertura de

alcantarillado e implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales (lagunas de estabilización) en cada zona o tratamiento acuático incluyen estanques o ciénagas con plantas que tienen la capacidad remover materia orgánica, nutrientes, patógenos y tomar los contaminantes dañinos que se encuentran en las aguas negras, como última opción también se pueden aplicar las aguas residuales al terreno, ya que estas pueden constituir una alternativa en las zonas semiáridas donde hay escasez de este recurso, no sólo por ser una fuente de agua para los cultivos, sino por el aporte de nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo, dado los altos contenidos de materia orgánica usualmente presentes en la misma. No obstante, su uso sin un tratamiento previo puede ocasionar problemas debido al alto contenido de sales, contaminación con metales pesados y la presencia de algunos microorganismos patógenos al hombre. Por ello es necesario evaluar su uso cuantificando su efecto sobre las propiedades químicas del suelo, con el fin de garantizar que su utilización no sólo mejore la fertilidad y productividad del suelo, sino que conlleve a mantener la calidad de este recurso, garantizando que no ocasionen problemas ambientales, ni de salud pública, sin embargo el agua residual de esta zona en general es de tipo doméstico significa que el contenido de metales pesados es relativamente bajo, siendo factible esta opción (Reynolds, 2002; Osorio, 2003; Zamora *et al.*, 2008).

## Conclusiones

El desarrollo de la investigación permitió definir que en la cuenca del río Ranchería las principales fuentes de contaminación identificadas son principalmente: los residuos domésticos, líquidos y sólidos, por su inadecuado manejo. El expendio de combustible muestra zonas con evidencias de contaminación del suelo. La actividad agrícola, la ganadería y minera, por ser fuentes difusas o combinadas, necesitan una evaluación más detallada por la importancia de los residuos que producen. El análisis ambiental realizado lleva a concluir que es necesario implementar medidas de manejo en la zona que permitan mejorar las condiciones ambientales y la calidad de los pobladores.

## Literatura Citada

1. Alcaldía Mayor de Riohacha. (2008). Plan de Desarrollo 2008-2011. Sector agropecuario. Acuerdo N. 005 de 2008. Oficina asesora de planeación municipal. Riohacha.
2. Alcaldía Municipal de Manaure. (2006). Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Manaure, La Guajira. Capítulo 2 Subsistema Económico. Manaure.
3. Alcaldía Municipal de Simiti. (2007). Plan de Manejo Ambiental para el cierre de botaderos de residuos sólidos del municipio de Simiti, Bolívar.
4. Astorga, E., Soto, L. & Iza, A. (2007). Evaluación de Impacto Ambiental y Diversidad Biológica. UICN Serie de Política y Derecho Ambiental N° 64. Gland, Suiza: Unión Mundial para la Naturaleza- UICN.
5. Concejo Municipal de Fonseca. (2008). Plan de Desarrollo Municipal, 2008-2011, Acuerdo N° 15. La Guajira, Fonseca, Colombia: Concejo Municipal de Fonseca, Departamento de la Guajira.
6. Conesa, V. (2009). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Cuarta Edición. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
7. Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2009). Plan de Gestión Ambiental Regional-PGAR 2009-2019. Oficina Asesora de Planeación. Riohacha.
8. Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2011). Atlas Ambiental del Departamento de La Guajira. Riohacha.
9. DANE-Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Censo de población y vivienda 2005. Recuperado de: [www.dane.gov.co/censo2005](http://www.dane.gov.co/censo2005).
10. DNP- Departamento Nacional de Planeación. (2007). 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Excelsior. Bogotá.
11. Donaires, T. *et al.* (2005). Evaluación de Impacto Ambiental del Botadero de Basura de Cancharani-Puno-Perú. Puno, Perú: (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú. Facultad de Ingeniería Química.
12. Espinoza, G. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo-BID; Centro de Estudios para el Desarrollo-CED. Santiago de Chile.
13. Garay, J., Marín, B. & Vélez, A. (2001). Contaminación Marino-costera de Colombia. En INVEMAR: Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2001. Serie de Publicaciones periódicas. No 8. Santa Marta.
14. García, L. (2004). Capítulo 3. Metodologías de Evaluación del Impacto Ambiental. Cataluña España: Tesis Doctorales en Red.
15. Gobernación Departamental de La Guajira. (2005). Plan de Desarrollo Departamental de La Guajira 2004-2007. La Guajira Productiva y Competitiva, en la onda de la investigación para el desarrollo. Riohacha.
16. IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI. (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C.
17. Leopold, L. (1971). A procedure for evaluating environmental impacts. Geological Survey Circular 645. Washington, D. C. U.S: 1-13.
18. Londoño, A. (2006). Seminario Taller Buenas Prácticas Agrícolas. Unión Temporal Universidad Tecnológica de Pereira Comité de Cafeteros de Risaralda. Risaralda: Convenio - Ministerio de Comercio Industria y turismo – Fomipyme y Gobernación de Risaralda.
19. MAVDT-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. (2009). Registro de usuarios del recurso hídrico con sus respectivos protocolos en la cuenca piloto del río Ranchería, Departamento de La Guajira. Convenio 029 de 2009. Riohacha.
20. MAVDT-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental. Viceministerio de Ambiente. Bogotá. Colombia.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
21. MinDesarrollo - Ministerio de Desarrollo Económico. (2002). Sistemas de Acueducto. En: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS-2000. Sección II, Título B. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá.
22. Osorio, P. (2003). Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas empleados por la CVC en el sector rural del departamento del Valle del Cauca- Colombia. Valle del Cauca: Universidad del Valle. Instituto Cinara
23. Otero, A. (2013). Rio Ranchería: Entre la Economía, la biodiversidad y la cultura. En: Documentos de Trabajo sobre economía regional. Banco de la República. Cartagena.
24. Posada, B., Díaz, M., Navas, R., Batista-Morales, A., Vivas-Aguas, L., Narváez, S., Perdomo, L., Villamil, C., Orjuela, A., Gómez-López, D. & Vega-Sequeda, J. (2012). Estado del ambiente abiótico, calidad del agua y biodiversidad marina: Indicadores de estado. En informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros de Colombia. Año 2011. Serie de publicaciones periódicas No 8. Santa Marta.
25. Restrepo, J. & Kjerfve, B. (2004). The Pacific and Caribbean Rivers of Columbia: water discharge, sediment, transport and dissolved loads. In: Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments. De Lacerda, I., Santelli, R., Duursma, E., Abrao, J (eds). Environmental Science. Springer Verlag. Berlin.
26. Reynolds, K. (2002). Tratamiento de las Aguas Residuales en Latinoamérica. Identificación del Problema. Arizona, EE.UU.

27. Romero, J. (2005). *Calidad del Agua*. Escuela Colombiana de Ingeniería. ISBN: 958-8060-53-2. Bogotá.
28. Salas, J. (2004). *El Cerrejón y sus efectos: una perspectiva socioeconómica y ambiental. Efectos Negativos o Insatisfactorios*. Biblioteca Virtual Banco de la República de Colombia Luis Ángel Arango: Bogotá.
29. SSPD-Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios. (2009). *Publicación de coberturas de acueducto y alcantarillado 2009*. Recuperado de: [http://www.superservicios.gov.co/home/c/document\\_library/get\\_file?uuid=677a85f2-4604-4bfe-b163-6cacbbe9c0d9&groupId=10122](http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=677a85f2-4604-4bfe-b163-6cacbbe9c0d9&groupId=10122).
30. Tous, G., Castro, I., Cañón, M., Quintalia, D. & Torres, R. (2007). *Panorama de la Contaminación del Caribe Colombiano*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-CIOH. Cartagena de Indias.
31. Vivas-Aguas, L., Espinosa, L., Sánchez, J., Cadavid, B., Bautista, P., Quintero, M., Betancourt, J., Parra, J., Parra, L., Cuadrado, I. & Ibarra, K. (2012). *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano*. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia-REDCAM. Informe Técnico. INVEMAR. Santa Marta.
32. UNEP-RCU/CEP. (2010). *Actualización del informe técnico del PAC No. 33 fuentes y actividades terrestres en la región del Gran Caribe*. Cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias. Informe técnico del programa ambiental del Caribe. UNEP-PAC-CIMAB.
33. Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, D., & Yendis, H. (2008). *Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón*. *Bioagro*. Volumen 20. N° 3. Santa Ana de Coro.

#### **Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 15 de septiembre de 2015  
**Aceptado:** 25 de octubre de 2015

# Efecto de abono orgánico y densidad de siembra en crecimiento y producción de papa china (*Colocasia esculenta* L.)

## Effect of organic fertilizer and planting density in growth and production of papa china (*Colocasia esculenta* L.)

### *Efeito da adubação orgânica e densidade de semeadura no crescimento e produção de batata chinesa (Colocasia esculenta L.)*

Nilsen Leonardo Lasso-Rivas<sup>1</sup> & Isaac Cundumí-Jori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bióloga, Magister en Ciencias –Biología, Doctora en Ciencias -área de concentración microbiología agrícola. <sup>2</sup>Agrónomo.

<sup>1,2</sup>Programa de Agronomía, Universidad del Pacífico, Kilómetro 13 vía al Aeropuerto Barrio el Triunfo, Buenaventura, Colombia.

<sup>1</sup>nileonard@yahoo.com,  
<sup>2</sup>foriisaac@hotmail.com

#### Resumen

La papa china es un cultivo importante para los habitantes de la región Pacífica colombiana, este cultivo posee una dinámica de producción fluctuante con rendimientos promedio por debajo de su potencial. En este trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de abono orgánico (gallinaza) y la densidad de siembra en el crecimiento y la producción de papa china en la vereda Zacarías, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. El diseño experimental consistió en un arreglo de bloques completamente al azar con un arreglo de parcelas divididas, con tres densidades de siembra (100 cm x 50 cm, 60 cm x 60 cm, y 50 cm x 40cm) y tres niveles de fertilización orgánica (alta 3 kg planta<sup>-1</sup>, media 2 kg planta<sup>-1</sup>, y baja 1 kg planta<sup>-1</sup>). Los resultados mostraron que la distancia de siembra es el factor que afecta de manera significativa las variables de desarrollo inicial de las plantas (altura de la planta, número de hojas y circunferencia del tallo).

Para las variables de producción (longitud, circunferencia y peso del cormo) se encontró que con la distancia de siembra de 100 cm x 50 cm se obtuvo el mejor desarrollo de producción de cormos, y la dosis de fertilización alta resultó en mejor desarrollo en la producción en las plantas.

**Palabras clave:** gallinaza, cormos, región Pacífica colombiana, seguridad alimentaria.

#### Abstract

The papa china is an important crop for the inhabitants of the Colombian Pacific region, this crop has a dynamic of production fluctuating with average yields below its potential. In this work we evaluated the effect of the application of organic manure (chicken manure) and the planting density in the growth and production of papa china in the locality of Zacarías,

Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. The experimental design consisted in a settlement of completely randomized block design with a split-plot arrangement, with three planting densities (100 cm x 50 cm, 60 cm x 60 cm, and 50 cm x 40cm) and three levels of organic fertilization (high 3 kg plant<sup>-1</sup>, media 2 kg plant<sup>-1</sup>, and low 1 kg plant<sup>-1</sup>). The results showed that the planting distance is the factor that significantly affects the variables of initial development of plants (Height of plant, number of leaves and circumference of the stem). For the variables of production (length, circumference and weight of the corm) it was found that with the planting distance of 100 cm x 50 cm was obtained the best development of production of corms, and the doses of fertilization high resulted in better development in production in plants.

**Key-words:** hen droppings, cormos, Colombian Pacific region, food security.

## Resumo

A batata chinesa é uma cultura importante para os habitantes da região do pacífico colombiano, sendo que a dinâmica de produção é flutuante com uma

média de rendimentos por baixo do seu potencial. Neste trabalho, foi avaliado o efeito da aplicação de adubo orgânico (esterco de galinha) e a densidade de sementeira no crescimento e produção de batata chinesa no local de Zacarías, Buenaventura, Valle del Cauca, Colômbia. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três densidades de sementeira (100 cm x 50 cm, 60 cm x 60 cm, e 50 cm x 40cm) e três níveis de fertilização orgânica (alta 3 kg planta<sup>-1</sup>, intermediária 2 kg planta<sup>-1</sup> e baixa 1 kg planta<sup>-1</sup>). Os resultados mostraram que a distância da sementeira é o fator que afeta de forma mais significativa as variáveis de desenvolvimento inicial das plantas (altura da planta, número de folhas, e circunferência do talo). Para as variáveis de produção (comprimento, circunferência e peso do caule) foi encontrado que com distância de sementeira de 100 cm x 50 cm foi obtido o melhor desenvolvimento de produção de caules, e a dose de fertilização alta resultou em um melhor desenvolvimento na produção das plantas.

**Palavras-chave:** esterco de galinha, caules, região Pacífica colombiana, segurança alimentar.

## Introducción

La papa china (*Colocasia esculenta* L. Schott) pertenece a la familia Araceace, esta especie presenta un rápido desarrollo vegetativo y fácil propagación. Los cormos son el motivo principal por el cual se cultiva, estos poseen altas cantidades de almidón y otros elementos constituyentes importantes de dieta humana como lo son calcio, fósforo, hierro, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina (Ndon *et al.*, 2003); en algunos lugares las hojas y pecíolos jóvenes también son consumidos como hortaliza (Ademiluyi, 2013; Nwachukwu, 2009). Las características anteriormente mencionadas convierten a la papa china en un alimento básico para muchas personas en países en desarrollo en África, Asia y el Pacífico (Aguigua *et al.*, 1992). En Colombia la papa china puede cultivarse en casi todas las regiones del país, particularmente en las zonas húmedas de la región de la costa del Pacífico en los departamentos

de Cauca, Valle del Cauca y Nariño, en esta región la papa china contribuye de manera efectiva en la seguridad alimentaria y la economía de la población rural (Agronet, 2013). Adicionalmente, algunos investigadores proponen que, debido a las altas cantidades de almidón presentes en el cormo, superiores al 80 %, la papa china podría convertirse en una fuente alternativa de almidón para la industria alimentaria que se podría sumar a las tradicionales maíz, ñame, yuca y papa (Aguilar & Villalobos, 2013). Los datos oficiales para el año 2013 indicaban que el área de cultivo de papa china en la región Pacífica ascendía a 1.016 ha con una producción de 7.154,5 t (Agronet, 2013). Sin embargo, el cultivo de la papa china es poco tecnificado y posee una dinámica de producción fluctuante, con un rendimiento promedio en la región de 7,1 t ha<sup>-1</sup> a esto se suma la escasez de estudios sobre labranza, densidad de

siembra y fertilización. Por lo anterior se requiere desarrollar prácticas agrícolas que permitan mejorar el rendimiento de la papa china a niveles que están más cerca de su potencial de hasta 15 t ha<sup>-1</sup> (Opara & Mejía, 2003), en este sentido el uso de abono orgánico se reporta como una práctica que genera aumentos en los rendimientos en este tipo de cultivos, con la ventaja de que el agricultor no incurre en el alto costo de los fertilizantes químicos (Adekiya *et al.*, 2016). El objetivo general de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de abono orgánico, en forma de gallinaza, y la densidad de siembra en el crecimiento y la producción de papa china en la vereda Zacarías, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia, como un esfuerzo para desarrollar un conjunto de prácticas agronómicas para mejorar la producción de este tubérculo.

## Materiales y métodos

**Área de estudio.** La investigación se realizó en la vereda Zacarías en el Distrito Especial de Buenaventura, departamento del Valle del Cauca, Colombia, a 10 km del perímetro urbano (03°49'27,1" N, 77°00' 1,43" W). Con una precipitación media anual de 7.000 mm y temperatura promedio de 25,6 °C – 26,1°C. El brillo solar efectivo promedio de 3 horas / día y humedad relativa del 86 – 88%.

**Diseño experimental.** El experimento consistió en la evaluación del efecto de tres distancias de siembra: larga (100 cm x 50 cm), media (60 cm x 60 cm) y corta (50 cm x 40 cm), y tres dosis de fertilización orgánica (gallinaza): alta (3 kg planta<sup>-1</sup>), media (2 kg planta<sup>-1</sup>), y baja de (1 kg planta<sup>-1</sup>) en el crecimiento y la producción de papa china. El material de siembra consistió en la parte basal del tallo (15-20 cm de la base de los peciolo más el ápice del cormo) el cual fue obtenido de plantas que presentaban un tamaño apropiado para la siembra y buen estado fitosanitario. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela mayor correspondió a la distancia de siembra (100 cm x 50 cm, 60 cm x 60 cm y 50 cm x 40 cm), mientras que la sub parcela se asoció a las dosis de abono orgánico (alta,

media, baja y control). Para un total de 180 plantas, 60 plantas por cada repetición y 5, por unidad experimental. Se realizaron tres fertilizaciones con el abono orgánico, la primera fue antes de la siembra de las secciones basales de papa china, la segunda en el tercer mes y la última en el quinto mes, cada fertilización se realizó con la dosis estimada para cada tratamiento.

**Mediciones.** Las variables de crecimiento (altura, número de hojas, y circunferencia del tallo) fueron evaluadas a los 30, 60, 90, 120, 150, 180, y 210 días después de la siembra. La altura de la planta se determinó midiendo desde la inserción del pseudo-tallo con el cormo primario hasta la inserción del limbo con el peciolo de la hoja más alta, la circunferencia del tallo se midió a 5 cm del suelo. Adicionalmente se evaluaron las variables de producción: longitud del cormo, circunferencia del cormo, y peso del cormo; estas variables se determinaron al finalizar el experimento. La longitud cormo se consideró como la distancia desde la punta del cormo hasta el punto donde el peciolo se con éste, y para determinar la circunferencia del cormo se midió el máximo diámetro que presentaba.

**Análisis de los datos.** Se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo para las variables altura de la planta, número de hojas y circunferencia del tallo. Las variables circunferencia, longitud y peso del cormo, se sometieron a análisis de varianza ANAVA. En los casos en los cuales la técnica de descomposición de la suma de cuadrado total detectó diferencias significativas, se realizó la prueba múltiple de Tukey para la comparación los promedios.

## Resultados

### Variables de crecimiento

Los resultados del análisis de varianza para las variables altura, número de hojas y circunferencia del tallo indican que éstas fueron afectadas de manera significativa por la distancia de siembra, pero no fueron afectadas por la fertilización (Tabla 1). En este sentido, la distancia de siembra corta (50 cm x

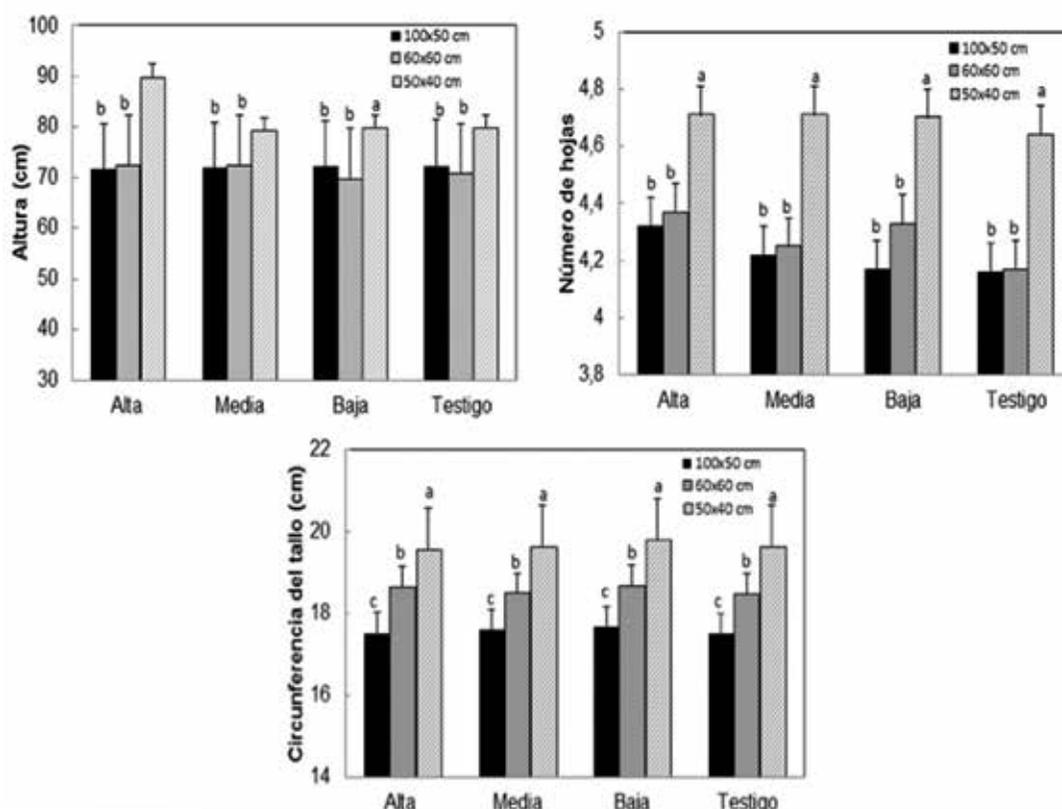
40 cm) fue la que mayor efecto tuvo en las variables, los valores para la altura fueron mucho mayores cuando las plantas se sembraron a distancia corta

que a distancia media o larga, el mismo patrón se encontró para el número de hojas, y la circunferencia del tallo (Figura 1).

**Tabla 1.** Análisis de varianza del efecto de la distancia de siembra y fertilización orgánica en las variables altura (A), número de hojas (NH) y circunferencia del tallo (CT) de papa china.

	GI	A	NH	CT
Distancia	2	0,00***	0,00***	0,00***
Fertilización	3	0,38ns	0,097ns	0,058ns
Distancia x Fertilización	6	0,52ns	0,87ns	0,75ns

\* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$ , ns No significativo.



**Figura 1.** Variables de desarrollo en plantas de papa china sometidas a tres dosis de fertilización orgánica alta (3 kg planta<sup>-1</sup>), media (2 kg planta<sup>-1</sup>), y baja (1 kg planta<sup>-1</sup>) más el testigo (0 kg planta<sup>-1</sup>). Barras con la misma letra no difieren estadísticamente.

### Variables de producción

Los resultados del análisis de varianza para las variables de producción, longitud, circunferencia y peso del cormo, mostraron que los tratamientos tuvieron un efecto significativo en éstas; igualmente

se encontró una interacción entre tratamientos (Tabla 2). Para las tres variables evaluadas, la distancia que resultó en mayores valores fue la distancia larga (100 cm x 50 cm), (Figura 2). En general, los cormos de las plantas cultivadas a mayor distancia entre

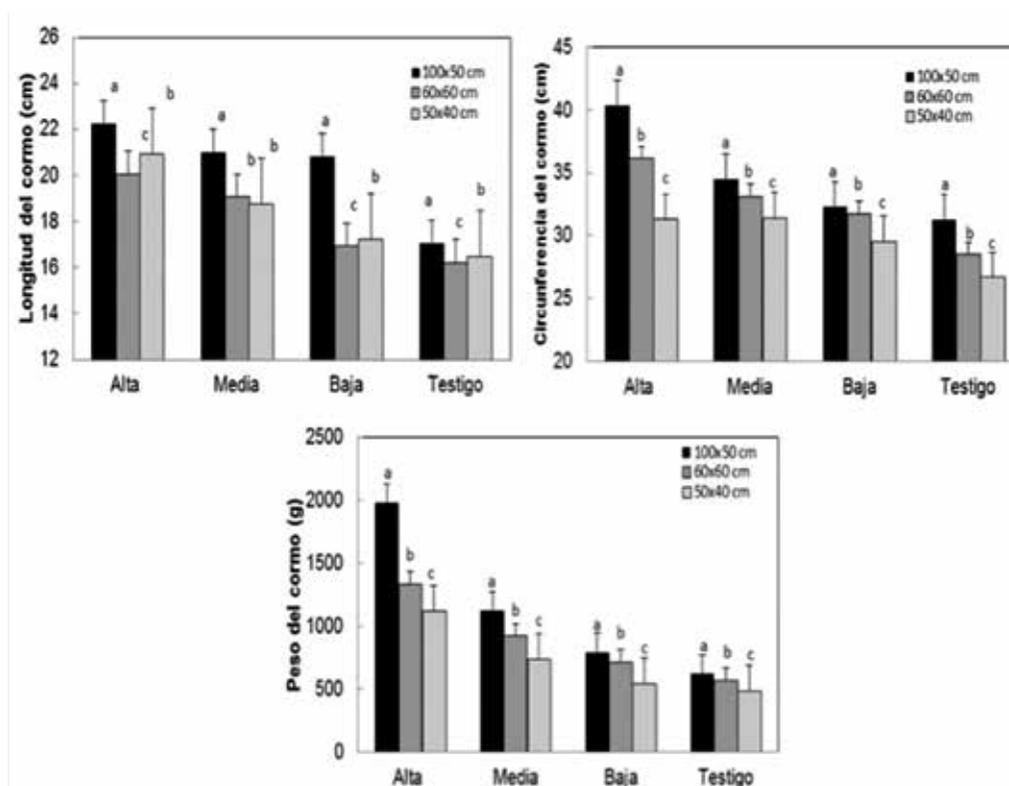
sí, eran más pesados que los de las plantas estrechamente espaciadas. Sin embargo, el rendimiento estimado de la papa china fue significativamente ( $P < 0,05$ ) mayor en las plantas cultivadas a distancias cortas, así el rendimiento promedio para la distancia de siembra de larga fue de  $22,6 \text{ t ha}^{-1}$ , para la distancia de siembra de media fue de  $23,9 \text{ t ha}^{-1}$  y para la distancia de siembra de corta fue de  $36,4 \text{ t ha}^{-1}$ . En cuanto a la fertilización se encontró que la dosis alta ( $3 \text{ kg planta}^{-1}$ ) fue la que generó valores

más elevados en las variables de producción de la planta (Figura 2). La dosis de fertilización alta resultó en un rendimiento de  $43,9 \text{ t ha}^{-1}$ , la dosis media en  $28,2 \text{ t ha}^{-1}$ , la dosis baja en  $21,0 \text{ t ha}^{-1}$  y el testigo de  $17,5 \text{ t ha}^{-1}$ . La interacción entre fertilización y distancia de siembra se debe a que la distancia de siembra media tiene valores más grandes que la distancia de siembra corta bajo todas las condiciones de fertilización, excepto para la fertilización alta en la cual el valor es más bajo.

**Tabla 2.** Análisis de varianza del Efecto de la distancia de siembra y fertilización en las variables longitud del cormo (LC), circunferencia del cormo (CC) y peso del cormo (PC) de papa china.

	GI	LC	CC	PC
Distancia	2	0,003***	0,003***	0,00***
Fertilización	3	0,00***	0,00***	0,00***
Distancia x Fertilización	6	0,009***	0,031***	0,00***

\* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$ .



**Figura 2.** Variables de producción en plantas de papa china sometidas a tres dosis de fertilización orgánica alta ( $3 \text{ kg planta}^{-1}$ ), media ( $2 \text{ kg planta}^{-1}$ ), baja ( $1 \text{ kg planta}^{-1}$ ) y testigo ( $0 \text{ kg planta}^{-1}$ ). Barras con la misma letra no difieren estadísticamente.

## Discusión

### **Variables de crecimiento**

Los resultados aquí presentados muestran que la distancia de siembra es un factor que afecta de manera significativa las variables de desarrollo inicial de las plantas de papa china. En cuanto a las variables de producción, la distancia de siembra también tuvo un efecto significativo en el desarrollo de los cormos. Se evidencia que las distancias de siembra más cortas disminuyen el peso de los cormos por planta, lo que coincide con los resultados reportados por Osundare (2004). Igualmente, los resultados muestran que la distancia de siembra más corta es la que genera el mayor rendimiento de cormos por ha, resultados similares encontraron Pardales & Belmonte (1984) para un ensayo en Filipinas, Tumuhimbise, *et al.* (2009) y Talwana *et al.* (2010) en Uganda, y Ogonna *et al.* (2015) para un experimento en Nigeria. La tendencia anteriormente mencionada se ha reportado en la literatura para otras aráceas (Goenaga & Chardon, 1995; Goenaga, 1996) y para otros cultivos (Ogonna & Obi, 2000; Ofori & Stern, 1987). El efecto de las altas densidades de siembra en el aumento en el rendimiento se asocia a un alto número de tallos y cormos y por unidad de superficie (Pardales & Belmonte, 1984; Onwueme, 1994) y a un alto índice de área foliar (Squire, 1990). Los resultados aquí presentados permiten recomendar para el cultivo de papa china en zona Pacífica colombiana, el uso de una la distancia de siembra 50 cm x 40 cm pues genera rendimientos de 36,4 t ha<sup>-1</sup>, adicionalmente, en esta zona existe abundante material para hacer la propagación del cultivo.

### **Variables de producción**

La fertilización con gallinaza no tuvo un efecto significativo en las variables de crecimiento, lo que contrasta con los resultados de investigaciones similares en las que la fertilización orgánica tuvo un efecto positivo en dichas variables. Por ejemplo, múltiples autores reportan una tendencia lineal creciente en la altura de las plantas como resultado de la fertilización orgánica (Barrera, 2005; Hamma *et al.*, 2014; Adekiya *et al.*, 2016; Agbede & Adekiya, 2016; Adekiya & Agbede, 2016). En este ensayo la fertilización orgánica tampoco tuvo un efecto significativo en el número de hojas,

resultado similar a lo reportado por Barrera (2005) para un experimento en Ecuador, donde no se encontró evidencia de algún tipo de efecto de la fertilización con gallinaza en el número de hojas de las plantas de papa china, pero contrasta con los hallazgos de Hamma *et al.* (2014) quienes reportan un aumento en el número de hojas cuando las plantas de papa china fueron sometidas a fertilización orgánica. En cuanto a las variables de rendimiento, la fertilización con gallinaza tuvo un efecto positivo, lo que es consistente con los resultados reportados en múltiples investigaciones. Por ejemplo, Agbede & Adekiya (2016) encontraron incrementos de un 12% en el peso de cormos, como resultado de la fertilización con gallinaza, de igual forma Hamma *et al.* (2014) reportan que la fertilización orgánica aumentó de forma significativa el rendimiento y el número de cormos de papa china, aumentos en el rendimiento de cormos también fueron reportados por Adekiya & Agbede (2016). El aumento en el rendimiento de los cormos en la papa china se explicaría como el resultado del aumento general en el contenido de nutrientes del suelo, pues el rendimiento de los cultivos de papa china usualmente está limitado por los nutrientes del suelo (Hamma *et al.*, 2014; Agbede *et al.*, 2013) y la gallinaza es una fuente natural y eficaz de nutrientes y su presencia también aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Odedina, 2011; Agbede & Ojeniyi, 2009). Cabe mencionar, que las dosis evaluadas en este ensayo pueden ser demasiado altas para ser implementadas por los agricultores de la zona, en este sentido se plantea evaluar el efecto de dosis de fertilizante menos elevadas, por ejemplo 0,5 y 0,25 kg planta<sup>-1</sup>.

La papa china es un cultivo importante para los habitantes de la región Pacífica colombiana, el cultivo esta poco tecnificado y posee una dinámica de producción fluctuante con rendimientos promedio muy por debajo de su potencial. La implementación de mayores densidades de siembra combinada con fertilización orgánica aumenta los rendimientos del cultivo de papa china. En aras de lograr un incremento en la productividad de cormos y que están más cerca de su potencial, se recomienda que los agricultores implementen el cultivar de plantas a altas densidades de siembra en combinación con fertilización baja con gallinaza.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los profesores Juan Carlos Montoya PhD. y Francisco Sánchez Marín IA., por haber participado activamente en la realización de la parte inicial de la investigación y por haber apoyado en la realización del análisis estadístico. Igualmente agradecen al Ingeniero Carlos Julio Medina por sus valiosas sugerencias y comentarios y al señor Carlos Emiro Arboleda por permitir la realización de la fase de campo de la investigación, finalmente al Programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico por el apoyo continuo.

## Literatura Citada

- Adekiya, Aruna & Agbede, Taiwo. (2016). The influence of three years of tillage and poultry manure application on soil and leaf Nutrient Status, Growth and Yield of Cocoyam. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, (3), 104-109.
- Adekiya, A. O., Agbede, T. M. & Ojeniyi, S. O. (2016). The Effect of three years of tillage and poultry manure application on soil and plant nutrient composition, growth and yield of cocoyam. *Experimental Agriculture*, 52: 466-476.
- Ademiluyi, B. O. (2013). Evaluation of weed management strategies in cocoyam (*Colocasia esculenta* L.) production in Ado-Ekiti, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Soil Sciences*, 3(2), 38 – 40.
- Agbede, T. M. & Ojeniyi, S. O. (2009). Tillage and poultry manure effects on soil fertility and sorghum yield in southwestern Nigeria. *Soil and tillage research*, 104(1), 74-81.
- Agbede, T., Adekiya, A. & Ogeh, J.S. (2013). Effects of organic fertilizers on yam productivity and some soil properties of a nutrient-depleted tropical Alfisol. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(4-6), 803-822.
- Agbede, Taiwo & Adekiya, Aruna. (2016). Effects of Sole and Integrated Application of Cocoa Pod Ash and Poultry Manure on Soil Properties and Leaf Nutrient Composition and Performance of White Yam. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 113, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 10(5), 244 - 251.
- Agueguia, C. A. & Hahn S. K. 1992. Protein analysis of ten cocoyam, *Xanthosoma sagittifolium* (L.). Schott and *Colocasia esculenta* (L.) Schott genotypes, Root crops for food security in Africa. Proceedings of the fifth triennial symposium, Kampala, Uganda. pp. 348.
- Aguilar, P. V. & Villalobos, D. H. (2013). Harinas y almídonos de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista Tecnología en Marcha*, 26(1), 37-45.
- AGRONET (2013). Estadísticas. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx>
- Ararat O., M. C.; Sinisterra G., C.; Hernández R., C. 2014. Valoraciones agronómicas y de rendimiento en la cosecha de "papa china" (*Colocasia esculenta* L.) en el trópico húmedo colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, v. 5, n. 2, p. 169 - 180, sep. 2014. ISSN 2145-6453
- Barrera, A. (2005). Producción del cultivo de papachina (*Colocasia esculenta*) utilizando dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica. Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sangolqui Ecuador.
- Goenaga, R. & Chardón, U. (1995). Growth, yield and nutrient uptake of Taro grown under upland conditions. *Journal of Plant Nutrition* 18: 1037-1048.
- Goenaga, R. (1996). Taro yield and dry matter distribution under upland conditions in Puerto Rico. *African Crop Science Journal* 4: 289-294
- Hamma, I. L., Mahmoud, B. A., Wakili A. & Hayatudeen, M. A. (2014). Performance of cocoyam (*Colocasia esculenta* L.) as influenced by organic and inorganic manure in Samaru, Zaria, Nigeria. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAAR)*, 5(5), 97-103.
- Ndon, B. A., Ndulaka, N. H. & Ndaeyo, N. U. (2003). Stabilisation of yield parameters and some nutrient components in cocoyam cultivars with time in Uyo, southern Nigeria. *Global Journal of Agricultural Sciences*, 2: 74 – 78.
- Nwachukwu, I. (2009). Composition and nutritive value of corms, cormels and leaves of *Colocasia esculenta* (L) schott. *Journal of Science, Food and Agriculture* 35, 1112-1119.
- Odedina, J.N., Ojeniyi S.O. & Odedina S.A. (2011). Comparative effect of animal manures on soil nutrients status and performance of cassava. *Nigerian Journal of Soil Science*, 21(1), 58-63.
- Ofori, F. & Stern, W. R. (1987). Relative sowing time and density of component crops in a maize/cowpea intercrop system. *Experimental Agriculture*, 23(01), 41-52.
- Ogbonna, P. E. & Obi, I. U. (2000). The influence of poultry manure application and plant density on the growth and yield of egusi melon (*Colocynthis citrullus*) on the Nsukka plains of south eastern Nigeria. *Agro-Science*, 1(1), 122-129.
- Ogbonna, P. E., Orji, K. O., Nweze, N. J. & Opata, P. (2015). Effect of planting space on plant population at harvest and tuber yield in taro (*Colocasia esculenta* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 10(5), 308-316.
- Onwueme I. C. & Charles, W. B. (1994). Tropical root and tuber crops: production, perspectives and future prospects (No. 126). *Food & Agriculture Org.*

22. Opara, L. U. & Mejía, D. (2003). Edible aroids: Post-Harvest Operation. FAO.
23. Osundare, B. (2004). Effects of fertilizer types and varying population on the performance of cocoyam. *Moor Journal of Agricultural Research*, 5(1), 7-12.
24. Pardales, J. R. & Belmonte, D. V. (1984). Cultural management studies on upland taro: Effect of population density and planting method on growth and yield. Philipp. *J. Crop Sci*, 9(1), 29-32.
25. Squire, G. R. (1990). The physiology of tropical crop production. CAB International.
26. Talwana, H. L., Tumuhimbise, R. & Osiru, D. S. O. (2010). Comparative performance of wetland taro grown in upland production system as influenced by different plant densities and seedbed preparation in Uganda. *J. Root Crops*, 36(1), 65-71.
27. Tumuhimbise R., Talwana, H. L., Osiru, D. S. O., Serem, A. K., Ndabikunze, B. K., Nandi, J. O. M. & Palapala, V. (2009). Growth and development of wetland-grown taro under different plant populations and seedbed types in Uganda. *African Crop Science Journal*, 17(1).

#### **Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 10 de noviembre de 2015  
**Aceptado:** 30 de noviembre de 2015

# Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética

## Control of negative energy balance and productive and metabolic behavior in dual purpose cows under energy supplementation

### *Controle do balanço energético negativo e comportamento produtivo e metabólico em vacas duplo propósito baixo suplementação energética*

Laura Gómez Ortiz<sup>1</sup> & Rómulo Campos Gaona<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zootecnista. Magister en Ciencias Agrarias. Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Colombia. <sup>2</sup>Médico Veterinario. Magister en Medicina Veterinaria.

<sup>1,2</sup>Laboratorio de Nutrición Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Carrera 32 No 12 - 00 Chapinero, Vía Candelaria Palmira - Valle del Cauca - Colombia. Doctor en Ciencias Veterinarias

<sup>1</sup>lgomez@unal.edu.co,

<sup>2</sup>rcamposg@unal.edu.co

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un suplemento energético de alta densidad sobre el control del balance energético negativo y el comportamiento productivo y metabólico durante el período de transición de vacas doble propósito, para este fin se utilizaron 14 vacas de dos a tres partos, con producciones promedio de 15 l/día y que estuvieran en los 15 días próximos al parto, las vacas se distribuyeron en dos grupos aleatoriamente. Las vacas del tratamiento 1 (n=7) recibieron 150g de propilenglicol (PG) vía oral cada tercer día durante 90 días y el tratamiento control (n=7) no recibió suplementación. Se obtuvieron 8 muestras de sangre a partir del primer día y con intervalos de 15 días, hasta el día 75 después del parto. Se determinó la concentración sérica de NEFA, BHB y Glucosa,

además se evaluó la producción de leche, la actividad reproductiva y la relación costo-beneficio de la suplementación. Los resultados fueron analizados bajo un diseño mixto de medidas repetidas en el tiempo utilizando el software InfoStat (2008). Se encontraron diferencias significativas para todos los metabolitos evaluados. La producción de leche aumentó en un 13.4% para los animales suplementados con PG y se mejoró la actividad reproductiva. Los resultados permiten concluir que la suplementación con propilenglicol tiene un efecto positivo sobre el control del balance energético negativo en vacas doble propósito.

**Palabras clave:** suplementación, balance energético negativo, periodo de transición, propilenglicol.

## Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of an energy supplement of high density of negative energy balance control and behavior productive and metabolic during the period of transition from cows dual purpose, for this purpose 14 cows from two to three deliveries, with average yields of 15 l/day were used and were in the next birth 15 days, the cows were distributed into two groups randomly. The cows of the treatment 1 (n = 7) received 150 g of propylene glycol (PG) via oral every third day for 90 days and the treatment control (n = 7) not received supplementation. It obtained 8 samples of blood starting from the first day and with intervals of 15 days, until the day 75 after the childbirth. Serum concentration of NEFA, BHB and glucose was determined, also assessed milk production, reproductive activity and the relationship cost-benefit from supplementation. The results were analyzed under a joint design of repeated measurements in time using the InfoStat (2008) software. They found differences significant for all those metabolites evaluated. The production of milk increased in a 13.4% for the animals supplemented with PG and is improved the activity reproductive. The results suggest that supplementation with propylene glycol has a positive effect on the control of negative energy balance in dual purpose cows.

**Key-words:** supplementation, negative energy balance, transition period, propyleneglicol.

## Resumo

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de um suplemento energético de alta densidade sobre o controle do balanço energético negativo e o comportamento produtivo e metabólico durante o período de transição de vacas de duplo propósito. Com essa finalidade foram usadas 14 vacas de dois e três partos com produções em média de 15 l/dia e que estivessem nos 15 dias próximos ao parto. As vacas foram distribuídas ao acaso. As vacas do tratamento 1 (n=7) receberam 150g de propilenglicol (PG) via oral cada terceiro dia ao longo de 90 dias. O tratamento controle (n=7) não recebeu suplemento. Obtiveram-se 8 amostras de sangue desde o primeiro dia e com intervalos de 15 dias, até o dia 75 depois do parto. Foi determinada a concentração sérica de NEFA, BHB e Glucose, além disso foi avaliada a produção de leite, a atividade reprodutora e a relação custo-benefício da suplementação. Os resultados foram analisados baixo um desenho experimental misturado de medições repetidas no tempo utilizando-se o programa InfoStat (2008). Foram encontradas diferenças significativas para todos os metabolitos avaliados. A produção de leite incrementou em 13,4% para animais com suplemento PG e melhorou a atividade reprodutora. Esses resultados permitem concluir que a suplementação com propilenglicol tem efeito positivo no controle do balanço energético negativo nas vacas de duplo propósito.

**Palavras-chave:** suplementação, balanço energético negativo, período de transição, propilenglicol.

## Introducción

El balance energético negativo (BEN) es universal en las vacas lecheras durante las primeras semanas de lactancia, resultando que la mayoría de ellas lo soportan sin desarrollar enfermedades peripartales durante el intento de adaptar su metabolismo al BEN (Cardoso, 2008) sin embargo, las vacas lecheras (*Bos taurus*) de alta producción, desde el periodo preparto hasta la octava semana posparto presentan balance energético negativo (BEN) no compensado debido a la disminución del consumo

de materia seca en el preparto y al incremento en la demanda energética para la producción de leche en el posparto, que conlleva a una movilización lipídica para suplir sus requerimientos energéticos (Cardoso, 2008).

Durante la vida de la vaca lechera es necesario que pase por diferentes procesos, nacimiento, destete y parto (Stalling, 1999), pero de todos estos procesos, es el periodo de transición asociado al parto,

el más importante por todas las implicaciones que tiene sobre la presentación de diversas disfunciones metabólicas, productivas, reproductivas y sanitarias que pueden poner en riesgo la vida misma del animal (Correa, 2004). En el posparto y el inicio de la lactancia, se presenta un acelerado incremento en los requerimientos nutricionales (Correa, 2001), causando un balance energético negativo, que puede prolongarse durante varias semanas. En condiciones del trópico, la nutrición de los animales está basada en pasturas de baja calidad nutricional que limitan el consumo de materia seca, al igual que la presión por estrés calórico, sumado a esto, las condiciones de manejo y la gran variabilidad genética, provocan que la condición corporal de las vacas sea de por sí baja, inclusive antes del parto (Dominguez, Garmendia, & Martínez, 2007); como resultado, los animales en periodo de transición presentan procesos de movilización de tejidos grasos para cubrir sus requerimientos energéticos, esta movilización presenta diferentes grados de intensidad y afecta la homeostasis del animal.

Los precursores de energía tales como propilenglicol, suministrados en soluciones orales durante el periodo de transición, reducen la concentración de ácidos grasos no esterificados y cuerpos cetónicos, y aumentan la insulina y la glucosa en el plasma sanguíneo (Bell, 1995), lo que le permitirá al animal mostrar el comportamiento productivo y reproductivo de acuerdo a su potencial genético sin ser afectado por el desbalance nutricional. El estudio de respuestas fisiológicas a dicha suplementación, no sólo muestra diferentes alternativas en la nutrición del ganado lechero, sino que, puede ayudar a realizar un adecuado balance energético de la dieta del hato (Contreras, 2011).

## Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en un sistema doble propósito semi-intensivo localizado en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, con una posición geográfica 3° 37' Norte, 76° 06' Oeste y 1706 msnm. Se utilizaron 14 animales con peso promedio de 450 a 630 kg que se encontraban entre

segundo y tercer parto, de componente genético multirracial, con cruzamientos orientados hacia la producción de leche, con cruces 1/2, 3/8, 5/8, *Bos Indicus* x *Bos taurus* y creciente evolución hacia *Bos Indicus*. Los animales fueron seleccionados por encontrarse 15 días antes del parto y distribuidos aleatoriamente en dos grupos, el grupo control con 7 animales y el grupo suplementado con 7 animales, cada uno, al cual se le asignó un nivel de suplementación, con 150 g de propilenglicol de uso alimenticio denominado Tratamiento 1.

Los animales se encontraban bajo un sistema de pastoreo rotacional con pasto estrella (*Cynodon plectostachium*) suplementado con concentrado comercial según mérito productivo (relación media 2:1) (Tabla 1). La dieta se calculó mediante el software Spartan (Spartan Dairy Ration, Evaluator/Balancer, Versión 3.0). El propilenglicol fue suministrado después del ordeño de la mañana, la suplementación se inició 15 días antes del parto, con el fin de que las vacas tuvieran un período de acostumbamiento, y hasta los 75 días después del parto.

**Tabla 1.** Análisis Bromatológico de Pasto Estrella (*Cynodon Plectostachium*) y Concentrado Comercial

Nutriente	Composición química	
	Cynodon plectostachium	Concentrado comercial
	Valor en %	Valor en %
Materia Seca	22,97	92.61
Proteína	17.07	18.71
FDN	68.91	28.89
FDA	38.65	11.81
Carbohidrato	1.69	38.22
Celulosa	31.54	8.64
Hemicelulos	30.28	17.08
Lignina	7.12	3.20
EE	2.64	6.91
Genizas	9,69	7.27

La muestra fue realizada con 2 repeticiones y los datos expresados en base seca. El factor de conversión de nitrógeno a proteína es de 6.25. Fuente: Laboratorio Nutrición Animal Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Las variables a analizar fueron: producción de leche, actividad reproductiva, relación costo beneficio, NEFA (sigla proveniente del inglés Non Esterified Fatty Acids), Betahidroxibutirato, y glucosa.

Las muestras de sangre se realizaron entre 6 y 7 am por venopunción coccígea y se centrifugaron a 2700 rpm durante 15 minutos y se almacenaron en alícuotas a -20 °C, hasta que fueron recolectadas todas las muestras del experimento, luego fueron analizadas mediante pruebas enzimáticas colorimétricas para reflectometría óptica con kits comerciales Randox (Antrim, UK); para equipo de reflectometría óptica automatizada RT-1904C (Rayto, Shenzhen, China).

Los datos recolectados fueron analizados bajo un diseño mixto de medidas repetidas en el tiempo utilizando el software InfoStat (2008). El número de lactancias, el tiempo y su interacción constituyeron los efectos fijos y la vaca, anidada en el periodo de muestreo, representó el efecto aleatorio. Tres estructuras de covarianza se evaluaron en su capacidad de ajuste, componente simétrico (CS), no estructurada (UN) y autorregresiva de primer orden (AR (1)). El menor valor del criterio de información de Akaike (AIC) y del criterio de información bayesiano (BIC) fueron utilizados como métodos para determinar la mejor estructura de covarianza (Littell *et al.*, 1998 citado por Posada *et al.*, 2012). La estimación y comparación de las medias se realizó usando la instrucción ESTIMATE. Un análisis descriptivo exploratorio de tipo unidimensional, incluyendo media y desviación estándar, también fue realizado.

## Resultados y Discusión

### NEFA (Non Esterified Fatty Acids - Ácidos Grasos no esterificados)

Para NEFA se obtuvieron resultados comparables con los obtenidos por otros autores, se encontraron

diferencias significativas entre el control y el tratamiento PG ( $p < 0.05$ ) como se muestra en la Tabla 2 con los resultados de las medias obtenidas en el análisis estadístico.

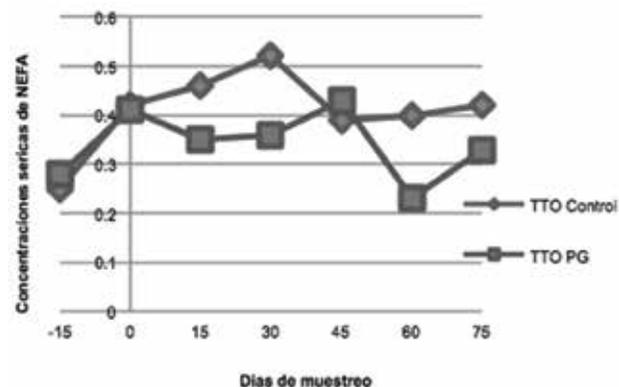
**Tabla 2.** Medias Estadísticas de los Tratamientos para Niveles Séricos de Nefa.

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	p<0.05
CONTROL	0,41	0,04	A*
PROPILENGLICOL	0,37	0,03	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Múltiples estudios han informado que las concentraciones séricas de NEFA durante el parto deben estar entre 0.3 mmol/L a 0.5 mmol/L (LeBlanc, Leslie & Duffield, 2005; Ospina Nydam, Stokol & Overton, 2010; Chapinal, 2011; Roberts *et al.*, 2012) y durante el pos-parto entre 0,70 a 1,0 mmol/L (LeBlanc *et al.*, 2005; Ospina *et al.*, 2010; Chapinal *et al.*, 2011; Roberts *et al.*, 2012), lo cual coincide con los valores séricos de NEFA encontrados en esta investigación.

Para cada tratamiento hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días evaluados, para el control hubo diferencias significativas entre el día -15 y los otros días de muestreo, para el grupo suplementado con PG hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días -15, 60 y los otros días evaluados como lo muestra la Figura 1.



**Figura 1.** Concentraciones séricas de NEFA en vacas lecheras sometidas a dos tratamientos durante el periodo de transición.

Los niveles séricos de NEFA aumentaron durante la semana del parto para el tratamiento PG, durante las dos semanas posteriores al parto los niveles de NEFA disminuyeron para el tratamiento PG, alcanzando un valor de  $0.35 \pm 0.07$  mmol/L, estos valores sugieren que a pesar de que se puede reducir la respuesta insulínica mediada por un efecto lipogénico, los niveles séricos de NEFA pueden reducirse a través de la inhibición de la movilización grasa producida por el propilenglicol (Stephenson *et al.*, 1997).

El propilenglicol (propano-1,2-diol) (PG), es un compuesto que realiza un metabolismo similar al propionato por lo tanto, puede ser utilizado como un precursor gluconeogénico exógeno (Nielsen & Ingvarsten, 2004), ya que controla la movilización de grasa a partir de la estimulación de la liberación de insulina, que tiene un efecto inhibitor de la movilización de grasa del tejido adiposo. Este efecto se manifiesta en la reducción de los niveles de NEFA en sangre y la reducción de los niveles de triglicéridos en el hígado (Studer, Grummer & Bertics, 1993); bajo esta premisa, Hoedemaker *et al.* (2004) encontraron que vacas en periodo de transición alimentadas con PG redujeron significativamente las concentraciones séricas de NEFA, al igual que los resultados reportados por Rizo *et al.* (2008) que demostraron que con el suministro de PG mejoraron el balance energético negativo de los animales, resultante de una disminución del catabolismo de grasa corporal y los niveles séricos de NEFA.

### BHB (beta-hidroxi-butirato)

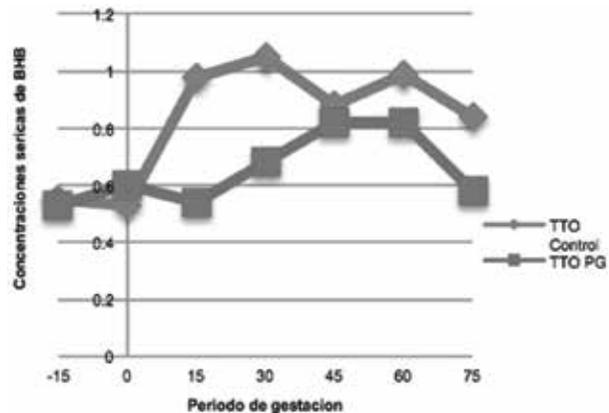
Para BHB se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre el control y el tratamiento PG como lo muestra la Tabla 3, demostrando así que el PG tiene un efecto reductor.

**Tabla 3.** Medias Estadísticas de los Tratamientos para Niveles Séricos de Bhb.

TRATAMIENTO	MEDIAS	E.E	$p < 0.05$
CONTROL	0,83	0,04	A*
PROPILENGLICOL	0,65	0,04	B*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Entre los días de muestreo para el tratamiento control, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días -15, 0 que corresponde al parto y los otros días muestreados que van del día 15 al 75 después del parto, para el tratamiento PG se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los días 45, 60 y los otros periodos como lo muestra la Figura 2.



**Figura 2.** Concentraciones séricas de BHB en vacas lecheras sometidas a dos tratamientos durante el periodo de transición.

Chapinal *et al.* (2011) indican que las concentraciones preparto por encima de 0.8 mmol/L se asocian con problemas post-parto, bajo las condiciones de esta investigación las concentraciones de BHB para el tratamiento PG durante el periodo preparto (-15 días con respecto al parto) tuvieron un valor medio de  $0.65 \pm 0.02$  que se encuentra por debajo de los valores reportados en el anterior estudio.

Para el periodo pos-parto se reporta la presencia de enfermedades metabólicas con valores de BHB entre 1.2 y 1.4 mmol/L (Ospina *et al.*, 2010; Chapinal *et al.*, 2011; Seifi *et al.*, 2007; Roberts *et al.*, 2012), bajo las condiciones de esta investigación no se encontraron valores medios para cada periodo por encima  $0.90 \pm 0.06$ , sin embargo, los animales del tratamiento control tuvieron siempre concentraciones séricas con valores superiores a las de PG lo que hace a estos animales más propensos a presentar enfermedades (Allen & Piantoni, 2013). En estudios realizados por Rizo *et al.* (2008) se encontró que animales tratados con PG

redujeron las concentraciones séricas de BHB, Hoedemaker *et al.* (2004) también reportaron que animales tratados durante el periodo de transición con PG tuvieron concentraciones séricas de BHB menores comparados con el tratamiento control, al igual que los resultados obtenidos en la presente investigación donde los valores de BHB para los animales tratados con PG fueron significativamente ( $p < 0.05$ ) menores que los animales del grupo control, lo que sugiere que la disponibilidad de energía se mejoró con la suplementación de PG (Wang *et al.*, 2009).

### Glucosa

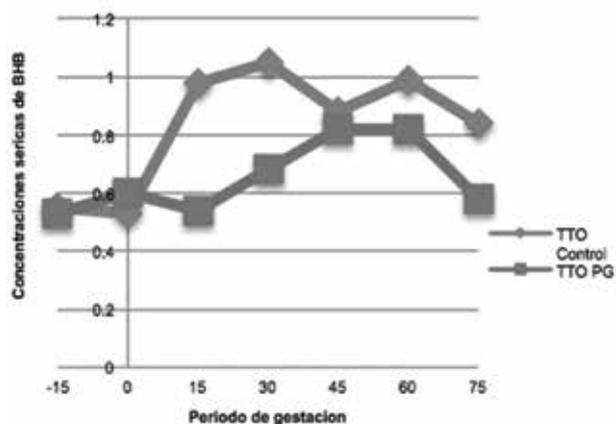
Según los valores de referencia de Kaneko *et al.* (2008) las concentraciones séricas normales de glucosa deben estar entre 2.5 y 4.16 mmol/L al igual que lo informado por Macrae *et al.* (2006) quienes consideran que los valores óptimos de glucosa deben ser  $> 3,0$  mmol/L, bajo las condiciones de este estudio las concentraciones séricas de glucosa tuvieron valores similares a los reportados por la literatura, sin embargo el tratamiento PG difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) del tratamiento control según las medias estadísticas informadas en la Tabla 4

**Tabla 4.** Medias Estadísticas de los Tratamientos para Niveles Séricos de Glucosa

Tratamiento	Medias	E.E	$p < 0.05$
Control	3.05	0,09	B*
Propilenglicol	3.39	0,09	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Para los días de muestreo se encontraron diferencias significativas para el tratamiento control entre el día 75 y los otros periodos, para el tratamiento PG no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los periodos (Figura 3).



**Figura 3.** Concentraciones séricas de Glucosa en vacas lecheras sometidas a dos tratamientos durante el periodo de transición

Para los días de muestreo se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los tratamientos en los días 30 y 45 que corresponden fisiológicamente al pico de la curva de lactancia, con respecto a los otros días de muestreados. Las concentraciones séricas de glucosa durante el parto son bajas debido a la menor disponibilidad de sustratos para su formación como consecuencia de la disminución en el consumo de nutrientes y aumento de la demanda de nutrientes en el último tercio de la gestación (Bauman *et al.*, 2000 citado por Strieder *et al.*, 2014), estos niveles tienen un aumento durante el parto y luego caen nuevamente, este aumento se debe a un incremento en los glucocorticoides y glucagón, que agotan las reservas hepáticas de glucógeno, después de superadas las dos semanas pos-parto, los niveles séricos de glucosa se recuperan y aumentan parcialmente como consecuencia del incremento de la gluconeogénesis necesaria para la lactancia como se muestra en la Figura 3. (Doepel, Lobley, Bernier, Dubreuil & Lapierre, 2009). Christensen Grummer, Rasmussen & Bertic (1997), encontraron en su estudio resultados similares, donde la suplementación con PG fue más eficaz en el aumento de la glucosa sérica durante la lactancia que durante el parto (Citado por Butler, Pelton & Butl, 2006).

Varios estudios describen un aumento significativo en los niveles séricos de glucosa en animales tratados con PG durante el periodo de transición (DeFrain, Hippen, Kalscheur & Jardon, 2004; Wang *et al.*, 2009), también se han encontrado mayores concentraciones de glucosa en vacas suplementadas con glicerol (Chung *et al.*, 2007), siendo estos resultados consistentes con los encontrados bajo las condiciones de la presente investigación. El aumento en las concentraciones séricas de glucosa después del suministro de PG es debido a una disminución en la utilización de la glucosa por los tejidos periféricos, incluso bajo el aumento de los niveles séricos de insulina (Kristensen & Raun, 2007). Esta resistencia insulínica en los tejidos periféricos fue probablemente inducida por el suministro oral de PG, una disminución en la proporción de metabolitos cetogénicos a glucogénicos en la sangre a partir del metabolismo PG, o ambos (Kristensen & Raun, 2007).

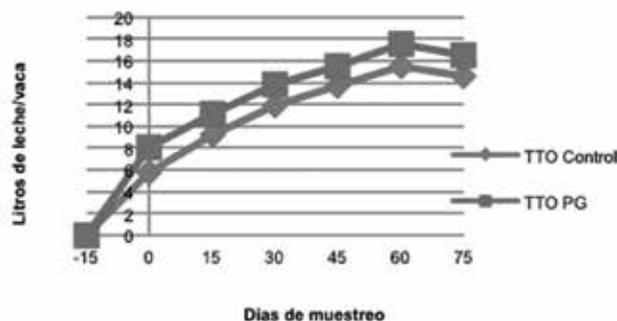
### Producción de leche

Para la producción de leche hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) del tratamiento PG con respecto al tratamiento control (Tabla 5) (Figura 4), estos resultados son comparables con los informados por Pickett *et al.* (2003) quienes encontraron que vacas suplementadas con propilenglicol durante el final de la gestación y el inicio de la lactancia incrementaron la producción de leche en un 12% con respecto al grupo control. El aumento de la producción de leche se puede esperar ya que el PG aumenta la concentración energética de la ración. PG es un aditivo con un alto contenido energético que se aproxima a 23.7 MJ de energía bruta/kg MS (Miyoshi, Pate & Palmquist, 2001).

**Tabla 5.** Medias Estadísticas de los Tratamientos de Estudio para Producción de Leche

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	p<0.05
CONTROL	10,64	0,29	B*
PROPILENGLICOL	11,43	0,26	A*

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).



**Figura 4.** Leche producida por vacas sometidas a dos tratamientos durante el periodo de transición

### Relación costo-beneficio

En Colombia un kg de propilenglicol se adquiere comercialmente por un valor de \$7900 pesos lo que representa un valor por g de \$7.9 pesos, cada animal fue suplementado para el tratamiento PG con 150 g durante 30 días. Para la suplementación oral del precursor energético se requieren 2 personas, en este caso personal del equipo de ordeño, los cuales reciben en Colombia un salario integral mensual por \$800000 pesos, este personal ocupa 10 minutos aproximadamente de su tiempo de trabajo suplementando cada animal lo que corresponde a \$1092.89 pesos por animal suplementado/día. En total el costo de la suplementación por animal durante todo el tratamiento se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Costo Total de Suplementación por Animal Durante Todo el Tratamiento

Suplemento	Costo PG/día	Días Tto	Costo total PG/30 días	Costo de mano de obra/ 30 días	Total
PG	\$ 1.185,00	30	\$ 35.550,00	\$ 32.786,70	\$ 68.336,70

Producir un litro de leche en Colombia cuesta \$764 pesos (País, 2013) para las condiciones de trópico bajo, suplementar una vaca con PG durante el periodo de transición bajo las condiciones de esta investigación tuvo un valor de \$22.14 pesos L/vaca/día lo cual corresponde a un costo total de producción de \$786.14 pesos L/vaca/día, este valor incrementa en un 2.8% los costos de producción para el hato, sin embargo, con respecto a la producción de leche del grupo control, los animales suplementados con propilenglicol obtuvieron en promedio 414 L más de leche durante el total de la lactancia lo que corresponde a un incremento de la producción de 13.4%.

### Actividad reproductiva

Durante el estudio se presentaron casos de repetición de celo después de la inseminación artificial para el tratamiento control que corresponde al 42% de los animales evaluados para el grupo, los animales suplementados con PG no presentaron esta condición reproductiva y quedaron preñadas dentro de los tiempos estimados en el hato, además se pasó de tener hasta 150 días abiertos a 110 días abiertos para los animales tratados con PG. Estudios realizados han demostrado que el balance energético negativo se asocia a una mayor incidencia de ciclos reproductivos irregulares que pueden aumentar al primer servicio y reducir las tasas de concepción (Wathes, Cheng & Chowdhury, 2007). Este BEN ocasionado por el agotamiento prolongado de las reservas corporales y las fluctuaciones en la ingesta de materia seca durante el inicio de la lactancia, pueden tener efectos negativos importantes sobre la reactivación ovárica y las tasas de concepción (Ceballos, Villa, Betancourth, & Roncancio, 2004). El mal estado energético del animal se ha asociado con menores tasas de recuperación de ovocitos y posteriores problemas en el desarrollo embrionario en las vacas lecheras (Butler, Pelton & Butler, 2000).

Los efectos de reducción de niveles séricos de NEFA y BHB ocasionados por PG son un indicador de que la vaca está movilizandole menos grasa y como consecuencia el balance de energía tiende a ser positivo (Nielsen & Ingvarstent, 2004).

El balance negativo de energía excesivo y altos niveles de cuerpos cetónicos se han asociado con disminución de la eficiencia reproductiva en vacas lecheras (Trevisi, Amadori, Cogrossi, Razzuol, E, & Bertoni, 2012) por lo tanto, la capacidad de PG para reducir la movilización grasa, especialmente en vacas con altos niveles de NEFA podría tener efectos beneficiosos en la reproducción.

### Conclusiones

Haber suplementado con precursores energéticos, como el propilenglicol, PG, incrementó la producción de leche durante el periodo de transición.

La suplementación con PG corrigió parcialmente el balance energético negativo de las vacas y fue evidenciado en la reducción de los niveles séricos de NEFA y BHB y el aumento en los niveles séricos de glucosa.

La suplementación con PG mejoró la eficiencia reproductiva del hato con una menor incidencia en la repetición de celos después de la inseminación y la reducción de los días abiertos.

Suplementar una vaca con PG incremento en 13.4% la producción y sólo incrementó los costos de producción en un 2.8%, por lo tanto existe una relación positiva costo-beneficio.

### Literatura Citada

1. Allen, M. & Piantoni, P. (2013). Metabolic Control of Feed Intake Implications for Metabolic Disease of Fresh Cows. *Vet Clin Food Anim*, 279–297.
2. Bauman, D. (2000). Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis. En *Ruminant physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction* (págs. 311-28). Pretoria: Cronjé PB.
3. Bell, A. (1995). Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73:2804-2819.
4. Butler, S., Pelton, S. & Butler, W. (2006). Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. *J Dairy Sci*, 89:2938–51.

5. Cardoso, F. (2008). Indicadores hematológicos, bioquímicos e ruminais no diagnóstico do deslocamento de abomaso à esquerda em vacas leiteiras do Sul do Brasil. *Pseq agrop bras*, 43:141-147.
6. Ceballos, A., Villa, N., Betancourth, T. & Roncancio, D. (2004). Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales, Colombia. *Rev Col Cienc Pec*, Vol. 17:2.
7. Chapinal, N. C. (2011). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 94, 4897-4903.
8. Christensen, J., Grummer, R., Rasmussen, F. & Bertics, S. (1997). Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *J. Dairy Sci.*, 80, 563–568.
9. Chung, Y., Rico, D., Martínez, C., Cassidy, T., Noirot, V., Ames, A. *et al.* (2007). Effects of Feeding Dry Glycerin to Early Postpartum Holstein Dairy Cows on Lactational Performance and Metabolic Profiles. *J. Dairy Sci.*, 90:5682–5691.
10. Contreras, A. (2011). Lipid mobilization and inflammatory response during the transition period of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 34:281-289.
11. Correa, H. (2001). Consumo de materia seca durante el periodo de transición. *Curso de educación continuada.*, 3-15.
12. Correa, H. (2004). La vaca en transición: metabolismo y manejo nutricional. Seminario Nacional de lechería especializada: Bases Nutricionales y su impacto en la productividad. *Eventos y Asesorías Agropecuarias* (págs. 141-152). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
13. DeFrain, J. M., Hippen, A., Kalscheur, K. & Jardon, W. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 87:4195.
14. Doepel, L., Lobley, G., Bernier, J., Dubreuil, P. & Lapierre, H. (2009). Differences in splanchnic metabolism between late gestation and early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci*, 92 :3233–3243.
15. Dominguez, C., Garmendia, J. & Martinez, N. (2007). Influencia de la época de parto, la condición corporal y la suplementación sobre la actividad ovárica postparto de vacas mestizas bajo pastoreo mixto en el norte del Estado Guárico. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48:37-50.
16. Hoedemaker, M., Prange, D., Zerbe, H., Frank, J., Daxenberger, A. & Meyer, H. (2004). Peripartal propylene glycol supplementation and metabolism, animal health, fertility, and production in dairy cow. *J. Dairy Sci*, 87:2136–2145.
17. Kaneko, J. (2008). Carbohydrate metabolims and its diseases. En J. Kaneko, J. Harvey, & M. Bruss, *Clinical Biochemistry of Domestic Animal* (págs. 46-80). San Diego, California: Kaneko, J; Harvey, J; Bruss, M.
18. Kristensen, N. & Raun, M. (2007). Ruminant and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 90: 4707–4717.
19. LeBlanc, S., Leslie, K. & Duffield, T. (2005). Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88, 159-170.
20. Littell, R. , Henry, P. & Ammerman, C. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Animal Sci.* 76:1216-1231
21. Macrae, A., Whitaker, D., Burrough, E., Dowell, A. & Kelly, J. (2006). Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. *Vet Rec.*, 155: 655-661.
22. Miyoshi, S., Pate, J. & Palmquist, D. (2001). Propylene glycol for dairy cows A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Anim. Reprod. Sci.*, 68:29-43.
23. Nielsen, N. & Ingvarstsen, K. (2004). Propylene glycol for dairy cows a review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameter, feed intake, milk production and risk of ketosis. *J Dairy Sci*, 115:191-213.
24. Ospina, P., Nydam, D., Stokol, T. & Overton, T. (2010). Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and betahydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. *Journal of Dairy Science*, 93, 3595-3601.
25. País, R. (02 de Sep de 2013). 'Producir un litro de leche vale \$800'. *EL TIEMPO*.
26. Pickett, M. M., Piepenbrink, M. S. & Overton, T. R. (2003). Effects of propylene glycol or fat drench on plasma metabolites, liver composition and production of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 86:2113-2121.
27. Posada, S., Noguera, R. & Bedoya, O. (2012). Perfil metabólico de cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina. *Livestock Research for Rural Development*, 1-9.
28. Rizos, D., Kenny, D., Griffin, W., Quinn, K., Duffy, P., Mulligan, F. *et al.* (2008). The effect of feeding propylene glycol to dairy cows during the early postpartum period on follicular dynamics and on metabolic parameters related to fertility. *Theriogenology*, 688–699.
29. Roberts, T., Chapinal, N., LeBlanc, S., Kelton, D., Dubuc, J. & Duffield, T. (2012). Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk. *J. Dairy Sci*, 95:3057–3063.
30. Seifi, H., Gorji-Dooz, M., Mohri, M., Dalir-Naghadeh, B. & Farzaneh, N. (2007). Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. *Compendium of Clinical Pathology*, 16, 253–258.
31. Stalling, C. (1999). Transition Cow Nutrition. Recuperado el 20 de Marzo de 2013, de Feed and Nutritional Management Cow College: [www.dasc.vet.edu/nutrition](http://www.dasc.vet.edu/nutrition).
32. Stephenson, K. A., Lean, I., Hyde, M., Curtis, M., Garvin, J. & Lowe, L. (1997). Effects of monensin on the metabolism of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci*, 80:830–837.

33. Strieder, C., Cucunubo, L., Smulders, J., Wittwer, F. & Noro, M. (2014). Indicadores energéticos de vacas lecheras a pastoreo en período de transición y lactancia temprana con alta o moderada condición corporal preparto. *Revista Científica, FCV-LUZ*, Vol. XXIV, N° 1, 73 - 82.
34. Studer, V., Grummer, R. & Bertics, S. (1993). Effect of Prepartum Propylene Glycol Administration on Periparturient Fatty Liver In Dairy Cows. *J Dairy Sci* , 76:2931-2939.
35. Trevisi, E., Amadori, M., Cogrossi, S., Razzuol, E. & Bertoni, G. (2012). Metabolic stress and inflammatory response in high-yielding, periparturient dairy cows. *Veterinary Science*, 695-704.
36. Wang, C., Liu, Q., Yang, W., Huo, W., Dong, K., Huang, Y. *et al.* (2009). Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol*, 151:12–20.
37. Wathes, D., Cheng, Z. & Chowdhury, W. (2009). Negative energy balance alters global gene expression and immune responses in the uterus of postpartum dairy cows. 39 1–13. *Physiological Genomics*, 39:1–13.

#### **Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 11 de agosto de 2015

**Aceptado:** 30 de septiembre de 2015

# Determinación de monóxido de carbono (CO) como factor de riesgo laboral en estaciones de servicio de combustible

## Determination of carbon monoxide (CO) as an occupational risk factor at fuel service stations

### *Determinação do monóxido de carbono (CO) como fator de risco laboral nos posto de combustível*

Isidro Andrés Tejedor Cassiani<sup>1</sup> & Nini Johana Mena<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biólogo, Magister en Toxicología.

<sup>2</sup>Administradora en Salud Ocupacional.

<sup>1,2</sup>Programa de Administración en Salud Ocupacional.

Corporación Universitaria Minuto de Dios, Pitalito. Huila, Colombia.

<sup>1</sup>isidro.tejedor@uniminuto.edu,

<sup>2</sup>nmenaarbole@uniminuto.edu.co

### Resumen

El propósito de la investigación fue la determinación del CO como factor de riesgo laboral en las estaciones de servicio del municipio de Pitalito, Huila, Colombia, donde se realizaron mediciones de las concentraciones de CO en los ambientes laborales de 9 estaciones de servicio de gasolina, mediante el monitor de gases portátil GX 2009, marca RKL que permite medir concentración de Oxígeno, CO, H<sub>2</sub>S e hidrocarburos alifáticos. Estas mediciones se realizaron cada 15 minutos en el transcurso de 2 horas en la mañana, al medio día, la tarde y la noche, repitiendo el procedimiento durante 3 jornadas de 8 horas laborales. En la primera estación se obtuvo un promedio de 37,20ppm de CO con una desviación estándar de 19,47 (37,20 ± 19,47), en la segunda se obtuvo 48,82ppm de CO y una desviación estándar de 25,82 (48,82 ± 25,82), en la tercera (28,12 ± 24,15), en la cuarta (37,05 ± 21,44), en la quinta (10,77 ± 12,56), la sexta (30,47 ± 25,05), en la

séptima (43,53 ± 30,09), en la octava (42,55 ± 30,96), en la novena (27,72 ± 20,99) y por último la media de las concentraciones de CO durante una jornada laboral en las estaciones de servicio corresponde a 34,02ppm. Se concluye que las concentraciones de CO no siguen un patrón de relación directamente proporcional con los síntomas manifestados por los trabajadores; pero muchas de estas alteraciones pueden estar directamente relacionadas con el tiempo de exposición al CO.

**Palabras clave:** monóxido de Carbono, factor de riesgo, estaciones de servicio, Pitalito

### Abstract

The purpose of the research was the determination of CO as a risk factor for workers in the service stations of the municipality of Pitalito, Huila, Colombia, where measurements were made of the concentration

of CO in the work environments of 9 service stations of petrol, through the gas monitor laptop GX 2009, brand RKI that allows to measure concentration of oxygen, CO, H<sub>2</sub>S and aliphatic hydrocarbons. These measurements were carried out every 15 minutes during 2 hours in the morning, at mid-day, evening and night, repeating the procedure during the 3 days of 8 working hours. In the first station was obtained an average of 45.32 ppm CO with a standard deviation of 19,47 (37,20 ± 19,47), in the second was obtained 48,82ppm CO and a standard deviation of 25,82 (48,82 ± 25,82), in the third (28.12 ± 24.15), in the fourth (37.05 ± 21,44), in the fifth (10.77 ± 12.56), the sixth (- 30.47 ± 25.05), in the seventh (43,53 ± 30,09), in the eighth (42,55 ± 30,96), in the ninth (27,72 ± 20,99) and finally the average concentrations of CO during a labor day in service stations corresponds to 34,02ppm. It is concluded that the concentrations of CO do not follow a pattern of directly proportional relationship with symptoms manifested by the workers; but many are alterations can be directly related to the time of exposure to the CO.

**Key-words:** Carbon monoxide, risk factor, service stations, Pitalito

## Resumo

O propósito do estudo é a determinação do CO como fator de risco laboral nos postos de combustível de

Pitalito, Huila, onde foram feitas medidas de concentrações de CO nos ambientes de trabalho de 9 pontos de combustível do local usando-se o monitor de gases portátil GX 2009, marca RKI que permite medir a concentração de Oxigênio, CO, H<sub>2</sub>S e hidrocarbonetos alifáticos. Estas medições foram feitas cada 15 minutos ao longo de 2 horas no horário da manhã, meio dia, tarde e noite, repetindo o procedimento em 3 expedientes de 8 horas. No primeiro posto foi obtida uma média de 37,20 ppm de CO com um desvio padrão de 19,47 (37,20 ± 19,47), no segundo posto encontrou-se 48,82 ppm de CO e um desvio padrão de 25,82 (48,82 ± 25,82), no terceiro posto (28,12 ± 24,15), no quarto posto (37,05 ± 21,44), no quinto posto (10,77 ± 12,56), no sexto posto (30,47 ± 25,05), no sétimo posto (43,53 ± 30,09), no oitavo posto (42,55 ± 30,96), no nono (27,72 ± 20,99) e finalmente a média das concentrações de CO durante um dia de expediente nos postos de combustível corresponde a 34,02 ppm. Conclui-se que as concentrações de CO não seguem um padrão de relação diretamente proporcional com os sintomas observados nos trabalhadores, mesmo assim, muitas das alterações podem estar diretamente relacionadas com o tempo de exposição ao CO.

**Palavras-chave:** Monóxido de Carbono, Fator de Risco, Postos de combustível, Pitalito

## Introducción

En el presente siglo, diversos estudios han puesto en manifiesto, que la intoxicación por monóxido de carbono (CO) es la primera causa de muerte accidental en la sociedad actual, la cual podría ser considerada como potencialmente letal, cuando se relaciona en un contexto de intento de suicidio; aunque en Europa y muchas partes del mundo, suele ser accidental con mucha frecuencia (Hampson, 2016). Esta situación, permite pensar en este tipo de intoxicación, cuando el xenobiótico relacionado es desconocido y el diagnóstico de la misma es algo dudoso (Donati *et al.*, 2005).

Algunos de las propiedades fisicoquímicas de esta sustancia, permiten definir al CO como un gas inodoro, incoloro, insípido, no irritante, inflamable y potencialmente explosivo, que en ocasiones se comporta como un compuesto relativamente inerte, por lo que necesita la interacción con algunos contaminantes como el ozono y oxígeno para aumentar su letalidad (Guzmán, 2012); pero en realidad, se difunde con gran rapidez en el medio ambiente y en el organismo se une con el grupo hemo de moléculas de hemoglobina al interior de los glóbulos rojos, para formar compuestos de carboxihemoglobina,

desplazando al oxígeno y evitando su transporte hasta las células del organismo, haciendo que una persona muera por hipoxia (Hampson & Bodwin, 2013; Castillo & Casan, 2006). En algunos casos, en el metabolismo de proteínas como hemoglobina, citocromos, catalasas, mioglobina y peroxidasas se produce fisiológicamente hasta 10ml de CO en un día; no obstante, la fuente primaria de CO, ocurre a partir de fuentes exógenas (Sandilands & Bateman, 2016). En la mayoría de los casos, el CO es el producto de la combustión incompleta de hidrocarburos como la gasolina durante el funcionamiento de motores de vehículos, puede producirse a partir de incendios de bosques, hace parte de las emisiones de los volcanes durante sus erupciones (Romero *et al.*, 2006). Por consiguiente, la exposición a este tóxico es de mayor preocupación desde el punto de vista accidental, doméstico y ocupacional; aunque la predominación, sigue presentándose en ambientes relacionados con calefacción defectuosos y los gases emitidos por los automóviles.

La exposición al CO pueden conllevar a la manifestación de cefaleas, vértigos, debilidad muscular, náuseas o vómitos, pérdida del conocimiento, alteraciones visuales, dolores torácicos y dolor abdominal (Fleta *et al.*, 2005); (Oliu *et al.*, 2010). A raíz de las diferentes complicaciones que puede desarrollar las personas expuestas, la Organización Mundial para la Salud (OMS) ha definido algunos parámetros relacionados con estas concentraciones. Por tal motivo, un trabajador no puede exceder a una exposición de 10ppm de CO durante una jornada laboral de 8 horas continuas en un ambiente abierto, ni 90ppm durante 15 minutos en la misma jornada en las mismas condiciones (Donati *et al.*, 2005); (Vargas, 2006).

La exposición al CO puede dejar consigo serias consecuencias en el organismo de trabajadores relacionados con ambientes laborales saturado de este compuesto. Por ello, una de estas alteraciones es su gran adherencia al hierro presente en los grupos hemo de la hemoglobina, en la cual se halla un sitio nucleofílico con 240 - 250 de mayor afinidad que la unión que forma la hemoglobina con el oxígeno. Lo que conlleva a la muerte celular en algunos

tejidos principales como miocardio (Cardiga *et al.*, 2015) y nervioso (Arreguín *et al.*, 2014). Tal situación, puede conllevar a la muerte del paciente, si a éste no se le presta la atención requerida.

Las condiciones laborales que relacionan los ambientes de los trabajadores de estaciones de servicio de gasolina requieren la determinación de las concentraciones de CO, de tal manera que las mismas se controlen y de esta forma se eviten enfermedades relacionadas con esta exposición, para lo cual es necesario la implementación posterior de programa de prevención y promoción que ayuden a garantizar cada día una calidad de vida de éstos trabajadores de acuerdo a sus actividades laborales (Muñoz *et al.*, 2007).

## Materiales y métodos

La investigación, corresponde a un estudio de carácter descriptivo transversal, dentro de un enfoque cuantitativo. Donde se realizaron mediciones de las concentraciones de monóxidos de Carbono en los ambientes laborales de 9 estaciones de servicio de gasolina del municipio de Pitalito, con el monitor de gases portátil GX 2009, marca RKI que permite medir concentración de Oxígeno, CO, H<sub>2</sub>S e hidrocarburos alifáticos. Estas mediciones se realizaron cada 15 minutos en el transcurso de 2 horas en la mañana, el medio día, la tarde y la noche, repitiendo el procedimiento durante 3 jornadas de 8 horas laborales. Por lo tanto, se aplicó una encuesta a 57 trabajadores de las diferentes estaciones como parte del instrumento de recolección de datos y un consentimiento informado que garantice la participación voluntaria en el estudio en cuestión. Por otro lado, se utilizó la estación meteorológica RMW 200 de marca Oregón para determinar la presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, dirección del viento en cada uno de los ambientes en cuestión.

Existen diversas metodologías que permiten la medición de monóxido de carbono, dentro de las cuales están presentes aquellas relacionadas con el monitoreo a partir de aparato portátil, que garantizan la

cuantificación de la concentración de este gas en los ambientes laborales en tiempo real, como en el presente estudio. En algunos casos, se tiene en cuenta la medición de los porcentajes de carboxihemoglobina en sangre como bioindicador (Rojas *et al.*, 2001). Y en término de medición global, se ha utilizado de forma frecuente la cromografía en fase gaseosa y la espectrometría que permite la obtención total de la concentración de oxígeno y el porcentaje de carboxihemoglobina en todo el torrente sanguíneo respectivamente.

## Resultados

Las edades de los trabajadores de las estaciones, comprenden un promedio de 30.23 y una desviación estándar de 8.40 ( $30,23 \pm 8,40$ ), siendo los hombres el grupo mayoritario con 72%. Al comparar las edades de las mujeres y los hombres, se evidenció que el valor-P es mayor que 0.05, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las edades correspondientes (Tabla 1).

**Tabla 1.** Distribución de las edades en los trabajadores de las estaciones de servicio

Género	N	X	SD	CV	Mín.	Máx.	Valor P
F	16	28,5	5,33	18,70%	21,0	39,0	
M	41	30,93	9,30	30,06%	19,0	51,0	
Total	57	30,23	8,40	27,77%	19,0	51,0	0,33

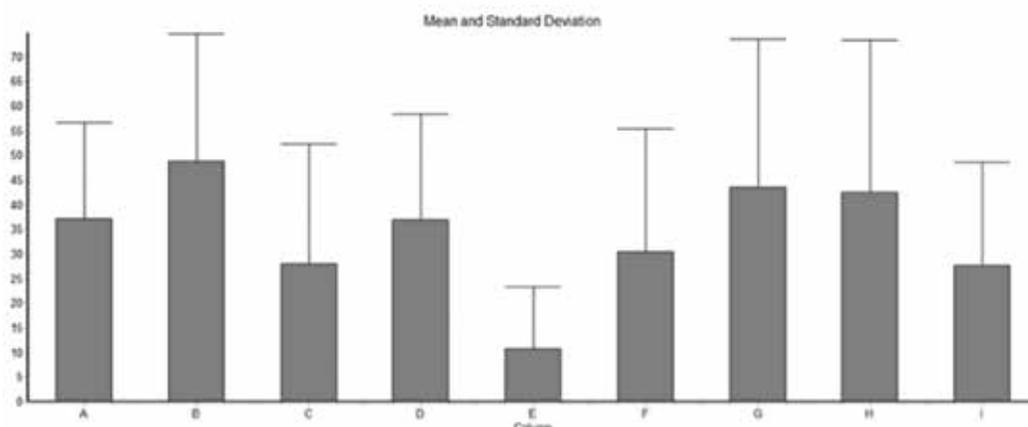
El desarrollo de esta investigación permitió la determinación de las concentraciones de monóxido de Carbono, a las cuales están expuestos los trabajadores de estaciones de servicio de la ciudad de Pitalito, durante las jornadas laborales, en sus quehaceres cotidianos, lo que corresponde a los promedios de las concentraciones de CO correspondientes en cada una de las ocho horas laborales. Como se aprecia en la Tabla 2 y en la Figura 1, en la primera estación se obtuvo un promedio de 37,20 ppm de CO con una desviación estándar de 19,47 ( $37,20 \pm 19,47$ ), en la segunda se obtuvo 48,82 ppm de CO y una desviación estándar de 25,82 ( $48,82$

$\pm 25,82$ ), en la tercera ( $28,12 \pm 24,15$ ), en la cuarta ( $37,05 \pm 21,44$ ), en la quinta ( $10,77 \pm 12,56$ ), la sexta ( $30,47 \pm 25,05$ ), en la séptima ( $43,53 \pm 30,09$ ), en la octava ( $42,55 \pm 30,96$ ), en la novena ( $27,72 \pm 20,99$ ). Es importante establecer que, aunque se identificaron algunos promedios por debajo de los valores máximos permisibles durante una hora laboral; es considerable el hecho de que en algunos momentos de una hora laboral, éstos valores son exorbitantes y extremos, como en el caso 144 ppm y un mínimo de 0,00 ppm. La media de las concentraciones de CO durante una jornada laboral en las estaciones de servicio corresponde a 34,02 ppm.

**Tabla 2.** Concentraciones de CO en las Estaciones de Servicio

Estaciones	SID	ALC	LTP	LAB	LGE	CTB	ECS	SOL	MAR
MA	53,3	35,75	9,25	29	52,5	6	26	89,8	4,25
MA	27	49,25	19,5	50,25	23,3	26,5	53,8	28,5	19,25
MA	20,5	87,75	17	50,25	8,75	44	25	26,5	54,25
MA	76	52	94,75	19,75	18	110	35,8	31,3	14,5
MA	17,3	45,75	15,25	54,25	9,25	10,5	69,8	23,5	95,5
MA	41,5	54	43,25	35,75	1,75	24,5	66,8	15,8	41,5
ME	21	15,75	10,75	23,5	9,25	16,3	47	41,3	28,5
ME	26,3	17,5	39,75	62,5	13,3	8,5	25	4,75	7,75
ME	45,8	42,5	11,25	9	11,8	16,5	16,8	54	7,5
ME	25,5	87,75	13,5	22,5	20,3	3,83	59,3	72,5	5,75
ME	33,5	41	87	6,25	16,5	7,5	8,5	49,5	26
ME	23,5	14,5	14,25	27	0	22,3	53,3	34,5	24,25
TA	18,3	35,75	33,5	11,25	1,5	72,3	9	26,5	13,75
TA	49,5	84,5	50,5	29	6,25	26,3	29,5	49,5	43
TA	42,8	57,25	6,75	54,5	1,75	17,8	42,3	25,3	28,5
TA	91,3	49,5	15,75	54,25	4,5	12	70,3	42,3	36,75
TA	45,3	59,75	30	17,5	4	49	21	88	24,25
TA	65	37,75	17,25	82,25	36,3	26,5	18	52	52,75
NO	21	16,25	16,25	45	2,25	55,8	20	37,3	24,5
NO	15,8	9,5	60,75	42,75	0	22,5	81,8	41,3	27,75
NO	22,3	101,3	35	10	2	12	104	23,8	51
NO	45	78,25	5,25	41,75	0	35	122	144	15,75
NO	36,8	29,75	16,5	82	11,3	56,3	15,3	8,25	7,5
NO	29,3	68,75	12	29	4,25	50	25,5	11,5	10,75

MA (Mañana), ME (Medio Día), TA (Tarde), NO (Noche)



**Figura 1.** Desviación estándar de concentraciones de CO en las estaciones de servicio Estaciones SID (A), ALC (B), LTP (C), LAB (D), LGE (E), CTB (F), ECS (G), SOL (H), MAR (I).

Después del procesamiento de los datos correspondientes a los promedios de cada una de las ocho horas, durante tres jornadas en las estaciones de servicio participantes, se aplicó una prueba de normalidad (Tabla 3), lo que evidenció que el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se encuentran fuera del rango de -2 a +2 en siete de las nueve estaciones de servicio. Esto indica, que los datos obtenidos en estas muestras no presentan un comportamiento de distribución normal. Lo

anterior, permite la comparación de las medianas en lugar de los promedios de las concentraciones de CO en cada estación, por medio de la prueba de Kruskal-Wallis, la cual expreso un valor de  $P = 2,54$  dentro de un nivel de confianza del 95%. Esta situación, confirma que las medianas de las concentraciones de monóxidos de carbono en cada estación, difieren considerablemente y presentan una divergencia estadísticamente significativa a la hora de asumirla como una población total.

**Tabla 3.** Prueba de normalidad. Concentraciones de CO en las estaciones de servicio

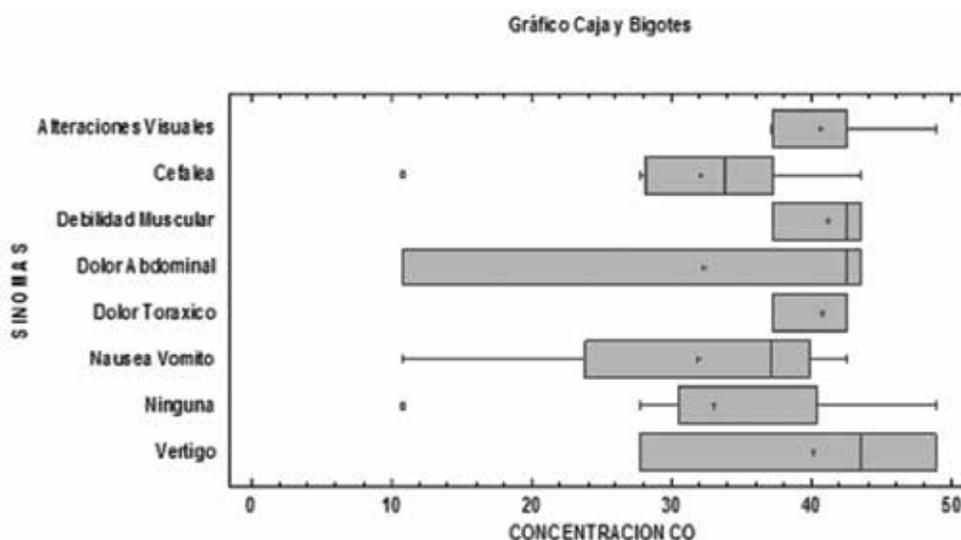
Est.	N	X	SD	CV	Mín.	Máx.	Rango	Sesgo	Curtosis	Kruskal-Wallis.
SID	24	37,20	19,48	52,35%	15,75	91,25	75,5	2,53	1,41	125,89
ALC	24	48,82	25,83	52,9%	9,5	101,25	91,75	<b>0,69</b>	<b>-0,65</b>	146,20
LTP	24	28,12	24,15	85,87%	5,25	94,75	89,5	3,31	2,25	90,65
LAB	24	37,05	21,45	57,89%	6,25	82,25	76,0	<b>1,07</b>	<b>-0,27</b>	123,70
LGE	24	10,77	12,57	116,66%	0	52,5	52,5	4,03	4,65	38,52
CTB	24	30,47	25,05	82,22%	3,83	109,75	105,92	3,23	3,096	99,0
ECS	24	43,53	30,09	69,12%	8,5	121,5	113,0	2,13	0,65	129,97
SOL	24	42,55	30,96	72,75%	4,75	144,0	139,25	3,51	4,03	128,18
MAR	24	27,71	20,99	75,72%	4,25	95,5	91,25	3,13	3,43	94,354
<b>Total</b>	216	34,02	25,86	76,01%	0	144,0	144,0	7,39	4,98	125,89

Lo anterior, permite considerar a la población en estudio, como un fenómeno de distribución particular, que obedece a la aplicación de pruebas no paramétricas. Dentro de las cuales, está presente la correlación de Spearman rho, utilizada para relacionar algunas variables. Para éste caso, se asociaron las concentraciones de monóxido de Carbono con las temperaturas medidas en los ambientes laborales (Tabla 4 y Figura 2), obteniendo un coeficiente de correlación de (- 0,024), que demuestra que no

existe relación significativa entre estas dos variables y por ende que la temperatura no incide de forma determinante en la saturación del CO presentes estos ambientes. Caso similar, sucede al asociar las concentraciones de CO con la Humedad relativa, con un coeficiente rho de 0,028. Las concentraciones de los compuestos en niveles de explosividad (LEL) corresponden a  $(0,73 \pm 1,43)$ , lo que demuestra un riesgo insignificante con respecto a la exposición de los trabajadores.

**Tabla 4.** Concentraciones de CO relacionadas con los síntomas de algunos trabajadores

Síntomas	N	X	SD	Mín.	Máx.	Valor-P
Alteraciones Visuales	5	40,56	5,17	37,05	48,82	
Cefalea	20	32,09	8,97	10,77	43,53	
Debilidad Muscular	3	41,09	3,41	37,2	43,53	
Dolor Abdominal	3	32,28	18,64	10,77	43,53	
Dolor Torácico	3	40,77	3,09	37,2	42,55	
Nausea Vomito	4	31,86	14,29	10,77	42,55	
Ninguna	16	33,01	11,04	10,77	48,82	
Vértigo	3	40,02	10,98	27,71	48,82	
Total	57	34,43	10,15	10,77	48,82	<b>0,45</b>



**Figura 2.** Desviación estándar de concentraciones de CO relacionadas con los síntomas de algunos trabajadores

De acuerdo a las manifestaciones expresadas por cada uno de los trabajadores participantes, se obtuvo que la cefalea es el síntoma de mayor frecuencia, mientras que la debilidad muscular, dolores abdominales y vértigo son los de menor predominancia; aunque las alteraciones visuales, debilidad muscular, dolor torácico y vértigo se han presentado en trabajadores expuestos a mayores concentraciones de CO en sus ambientes laborales, todas alrededor de 40 ppm aproximadamente. Por otro lado, el valor de  $P$  es 0.45, indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa de las concentraciones de CO de los ambientes laborales de los trabajadores que manifestaron los síntomas correspondientes. Esta situación deja en manifiesto, que los síntomas manifestados por los trabajadores no siguen un patrón proporcional a las concentraciones de CO presentes en estos ambientes laborales.

## Discusión

Según Donati (2015), la organización mundial de la salud (OMS), determinó que los límites máximo permisibles (TLW) de exposición al CO es de 10ppm durante hora 8horas y 90ppm de CO durante 15 minutos; aunque la exposición a CO en las diferentes estaciones de servicio no fue continua, es muy importante establecer que estas concentraciones, en muchos casos, sobrepasaron los límites máximo permisibles y en ocasiones excedieron de forma exuberante tales niveles, como en el caso de 114 ppm durante 15 minutos en una de la estaciones. Tal situación, conlleva a establecer medidas de prevención y promoción, debido a que la exposición al CO es crónica con un promedio de 54 meses de tiempo laborado, donde un trabajador puede llegar a trabajar hasta 30 turnos de 8 horas en un mes.

Algunas de las manifestaciones clínicas de la exposición al CO están relacionadas con la cefalea, aunque este síntoma puede tener diferentes causas, en el presente estudio cerca del 35% de los trabajadores manifestaron haber presentado muy frecuente este trastorno. Situación que se agudiza, al evidenciar que el promedio de exposición a CO de estos trabajadores corresponde a 32,09 ppm en cualquiera en una hora laboral. De acuerdo a lo

anterior, es coherente establecer que la cefalea es el síntoma más frecuente en trabajadores expuestos al CO como lo referencian muchos autores.

## Conclusiones

Aunque las concentraciones de CO no son continuas, en muchos casos están muy por encima de los TLW, lo que puede estar relacionado con los diferentes síntomas presentados por los trabajadores de las estaciones de servicio.

Las concentraciones de CO de las estaciones de servicio del municipio de Pitalito no están influenciadas en relación directamente proporcional por la temperatura y la humedad, es decir, la saturación de CO es independiente de estas dos variables.

En la mayoría de los casos, las concentraciones de CO no siguen un patrón de relación directamente proporcional con los síntomas manifestados por los trabajadores; pero muchas de estas alteraciones pueden estar directamente relacionadas con el tiempo de exposición al CO.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Julián Castañeda de UNIMINUTO por su apoyo incondicional, a los estudiantes del grupo OCUPAMED y a los trabajadores de las estaciones de servicio de Pitalito, participantes en la investigación.

## Literatura Citada

1. Arreguín-González, I. J., Ayala-Guerrero, F., Gasca-Zamudio, P. D. & Melo-Balderas, M. A. (2014). Funciones neurocognitivas alteradas en paciente intoxicada por monóxido de carbono. *Neurología*, Volume 31, Issue 6, Pages 416-417 <http://dx.doi.org/10.1016/j.nrl.2014.11.004>.
2. Cardiga, R., Proenca, M., Carvalho, C., Costa, L., Botella, A., Marques, F., Paulino, C., Carvalho, A. & Fonseca, C. (2015). Intoxicação por monóxido de carbono com compromisso cardíaco: o que sabemos?. *Rev Port Cardiol.* 34(9):557-560.

3. Castillo, D. & Casan, P. (2006). Monóxido de carbono: Dos caras de un mismo personaje. *Arch Bronconeumol.* 42(10):489-9.
4. Donati, S., Gainnier, M. & Chibane-Donati, O. (2015). Intoxicación por monóxido de carbono. *EMC.* 36(10):1-17.
5. Fleta, J., Fons, C., Arnauda, P., Ferrer, A. & Olivares, J. L. (2005). Intoxicación por monóxido de carbono. *An Pediatr (Barc).* 62(6):587-90.
6. Guzmán, J. A. (2012). Carbon Monoxide Poisoning. *Critical Care Clinics.* 28(4): 537–548.
7. Hampson, N. B. (2016). Cost of accidental carbon monoxide poisoning: A preventable expense. *Preventive Medicine Reports.* (3):21–24.
8. Hampson, NB. & Bodwin, D. (2013). Toxic CO-ingestions in Intentional Carbon Monoxide Poisoning. *The Journal of Emergency Medicine.* 44(3): 625–630.
9. Oliu, G., Nogué, S. & Miró, O. (2010). Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento. *Emergencias.* (22): 451-459.
10. Rojas, M., Dueñas, A. & Sidorovas, L. (2001). Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health.* 9(4): 240-245.
11. Romero Placeres, M., Diego Olite, F. & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol.* 44(2): 1-14
12. Sandilands, E. A. & Bateman, D. N. (2016). Carbon monoxide. *Medicine.* 44(3):151–152.
13. Sircar, K., Clower, J., Shin M., Bailey, C., King, M. & Yip, F. (2015). Carbon monoxide poisoning deaths in the United States, 1999 to 2012. *The American Journal of Emergency Medicine.* 33(9): 1140–1145.
14. Téllez, Jairo, Rodríguez, Alba & Fajardo, Álvaro. (2006) Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Rev. salud pública.* 8 (1): 108-117.
15. Muñoz, A. M., Paz, J. J. & Quiroz, C. M. (2007). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran a diferentes niveles de exposición. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.* 25(2): 85-94.}
16. Vargas, T. (2006). Toxicología. Capítulo 83. Toxicidad por Monóxido de Carbono. 582-586. Grupo Difusión. Recuperado de: [http://www.geocities.ws/lucho16/documents/Monoxido\\_Carbono\\_L\\_Vargas.pdf](http://www.geocities.ws/lucho16/documents/Monoxido_Carbono_L_Vargas.pdf)

**Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Recibido:** 20 de octubre de 2015

**Aceptado:** 24 de noviembre de 2015



# Cómo citar los artículos publicados en el volumen 7

## Volumen 7 Número 1 enero-junio

### **Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia**

Puentes-Páramo, Y.J., Menjivar-Flores, J.C. & Ortiz Camacho, A.M. (2016). Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 17-24.

### **Patrones de distribución de insectos de escama sobre cuatro especies del arbolado urbano de Bogotá, Colombia**

Posada Almanza, R.H. (2016). Patrones de distribución de insectos de escama sobre cuatro especies del arbolado urbano de Bogotá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 25-36.

### **Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia**

Lince Salazar, L.A., Castaño Castaño, W.A., Castro Quintero, A.F. & Torres Angarita, F.A. (2016). Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Risaralda, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 37-46.

### **Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde**

Granada, C. A. & Prada Millán, Y. (2016). Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 47-58.

### **Componentes trofodinámicos de la alimentación de corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) en el Pacífico colombiano**

Rosero, O., Gómez, G. & Moran, R. S. (2016). Componentes trofodinámicos de la alimentación de corvina (*Cynoscion phoxocephalus*) en el Pacífico colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 59-70.

### **Producción de café (*Coffea arabica* L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia**

Lince Salazar, L. A. & Sadeghian Khalajabadi, S. (2016). Producción de café (*Coffea arabica* L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 71-82.

### **Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)**

Henao Zambrano, J.C. & Barreto Cruz, O.T. (2016). Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 83-92.

### **Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia**

Ramos Franco, A., Prieto Naranjo, J.M., Cárdenas Nieto, D.M. & Bernal Sierra, M.S. (2016). Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 93-104.

**Contribución económica de la pesca artesanal a la economía de las comunidades ribereñas del Amazonas colombiano**

Trujillo Osorio, C. & María Flórez Laiseca, A.M. (2016). Contribución económica de la pesca artesanal a la economía de las comunidades ribereñas del Amazonas colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 105-122.

**Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera de La Guajira, Colombia**

Doria Argumedo, C. & Vivas Aguas, L. (2016). Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera de La Guajira, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 123-138.

**Efecto de abono orgánico y densidad de siembra en crecimiento y producción de papa china (Colocasia esculenta L.)**

Lasso-Rivas, N. L. & Cundumí-Jori, I. (2016). Efecto de abono orgánico y densidad de siembra en crecimiento y producción de papa china (Colocasia esculenta L.). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 139-148.

**Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética**

Gómez Ortiz, L. & Campos Gaona, R. (2016). Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 147-156.

**Determinación de monóxido de carbono (CO) como factor de riesgo laboral en estaciones de servicio de combustible**

Tejedor Cassiani I.A. & Mena, N.J. (2016). Determinación de monóxido de carbono (CO) como factor de riesgo laboral en estaciones de servicio de combustible. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (1), enero-junio, 157-166.

# Instrucciones para los Autores

---

## **Público al que se dirige**

La Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) es una publicación oficial de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), destinada a publicar artículos resultantes de investigaciones originales en el área agraria y ambiental y en las áreas de conocimiento afines, en temas relacionados con los avances en producción animal, agricultura y uso sostenible de los recursos naturales. Como ejemplos de áreas afines citamos, entre otras, ética, ecología, sociología, geografía, historia, derecho, educación y economía, cuando se ocupan de perspectivas del desarrollo, de estilos de agricultura, de historia agraria, de desarrollo sustentable, de bioética y ética ambiental, de educación ambiental y extensión rural, de política agraria y ambiental, de legislación ambiental, forestal y agraria o de contribuciones significativas e innovadoras con visión sistémica, interdisciplinaria y/o transdisciplinaria. La publicación circula en formato impreso y en forma electrónica con acceso libre.

## **Misión**

La misión de RIAA es fomentar la comunicación y colaboración entre investigadores nacionales e internacionales a través de la divulgación y transferencia de conocimiento relacionado con las ciencias agrarias y del medio ambiente, con el fin de fortalecer la generación de nuevo conocimiento (<http://riaa.unad.edu.co/>).

## **Temáticas de la revista**

Los artículos publicados en RIAA se encuentran dentro de temas relacionados con

1. Agroecología
2. Fisiología y Nutrición animal
3. Etología y bienestar animal
4. Modelos de producción sostenible
5. Impacto ambiental de los sistemas de producción
6. Uso y manejo del suelo
7. Desarrollo rural, Educación y Proyección social
8. Biotecnología y energías alternativas

9. Sistemas Agroforestales
10. Agroforestería, Agrobiodiversidad
11. Impacto ambiental
12. Higiene y seguridad laboral
13. Principios y estrategias de gestión ambiental
14. Tecnologías limpias
15. Modelación Ambiental
16. Residuos sólidos
17. Manejo de recursos naturales
18. Riegos y drenajes
19. Dendrología
20. Gestión integral de residuos sólidos

### **Proceso de arbitraje de los artículos**

El editor recibe los manuscritos postulados para publicación y revisa que estén orientados a las temáticas de RIAA y conforme a las normas de publicación. Después de esto, los originales pasan al Comité Editorial para designación de pares externos. Todo original se somete a arbitraje en la modalidad de doble ciego, al menos por dos pares, los cuales deben ser académicos, especialistas o árbitros ad hoc. De acuerdo con el dictamen de los pares (el cual se registra en el formato para concepto de evaluación), se solicita o no a los autores la realización de modificaciones mayores o menores y la adecuación de los originales a la política editorial de la revista. En caso de que un documento presente un concepto favorable y otro desfavorable, será enviado a un tercer evaluador cuya opinión será definitiva, siendo el Comité Editorial el encargado de dirimir cualquier controversia que se presente con respecto a las evaluaciones, y es la instancia que decide qué artículos serán publicados. Las decisiones del Comité Editorial son inapelables. Las correcciones ortográficas en el texto pueden ser hechas directamente por el Comité Editorial de la revista, sin consultar a los autores. Sin embargo, una versión final antes de impresión y/o publicación en la página web de la RIAA será enviada a los autores para su aprobación. Se considera que la versión final es aceptada si el autor no responde en los tiempos estimados.

### **Periodicidad**

RIAA es una publicación semestral (enero-junio y julio-diciembre).

### **Política de acceso libre**

RIAA proporciona acceso público y gratuito a todo su contenido con el fin de promover un mayor intercambio global del conocimiento y fomentar la lectura y citación de los originales publicados. RIAA no tolera ninguna forma de plagio (total, parcial o conceptual). En caso de identificar algún plagio, además de informar al autor el retiro del artículo, buscará advertir a los autores plagiados. RIAA se acoge a lo establecido en la política de plagio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

### **Cesión de derechos**

Cuando RIAA recibe la postulación de un original por parte de su autor, ya sea a través de correo electrónico o postal, considera que puede publicarse en formatos físicos y/o electrónicos y facilitar su inclusión en bases de datos, hemerotecas y demás sistemas y procesos de indexación. RIAA autoriza la reproducción y citación del material de la revista, siempre y cuando se indique de manera explícita el nombre de la revista, los autores, el título del artículo, volumen, número y páginas. Las ideas y conceptos expresados en los artículos son responsabilidad de los autores y en ningún caso reflejan las políticas institucionales de la UNAD.

### **Originalidad y exclusividad**

Los originales presentados para su publicación en RIAA no deben estar postulados, aceptados o publicados simultáneamente en otra revista. Los autores deben diligenciar, firmar y entregar la carta de exigencia de originalidad del artículo.

### **Información general**

Los manuscritos deben ser presentados como documento de texto, en MS Word, con las normas de estilo de la *American Psychological Association* (APA), 3ª edición en Español o 6ª en Inglés. Se recomienda que la extensión de los manuscritos postulados para publicación no exceda 15 páginas.

**Idioma:** Los manuscritos enviados pueden estar escritos en portugués, español o inglés.

## Presentación del manuscrito

**Página de título:** El objetivo de esta página es reunir los elementos claves del manuscrito. Debe incluir los ítems señalados a continuación.

**Título del artículo.** Debe ser claro, preciso e informativo, procurando no excederse de 20 palabras. Los nombres científicos deben ir escritos en letra cursiva, de acuerdo con la nomenclatura científica. Evite el uso de abreviaturas y fórmulas.

**Autor(es).** Escriba el nombre completo de cada autor, especificando el nombre, primer y segundo apellido. En el siguiente renglón, especifique la institución de afiliación (donde el trabajo enviado fue realizado), la dirección y el país. Indique el correo electrónico de cada autor. Una vez enviado el manuscrito a evaluación, la lista de autores no puede ser modificada.

**Correspondencia.** Al final de la página señale el autor responsable de la correspondencia del manuscrito indicando el nombre, teléfono, fax (con códigos de área), dirección completa y el correo electrónico. El autor de correspondencia es aquel que se va a encargar de mantener contacto con la revista durante todo el proceso de revisión y publicación.

## Página de encabezado

**Título del artículo.** Es el mismo reportado en la página de título.

**Resumen.** Debe tener un máximo de 250 palabras. Deberá ofrecer una idea clara del contenido del artículo. El resumen debe describir brevemente los objetivos de la investigación, los métodos, los principales resultados y puntos de discusión y las conclusiones. Evite el uso de abreviaturas. El resumen no debe contener referencias, a menos que sean estrictamente necesarias, en cuyo caso debe incluir la cita completa.

**Palabras clave.** Indique las palabras clave que sirvan como guía para la clasificación del artículo y faciliten la elaboración del índice de materias. Se sugiere emplear un máximo de cinco palabras, las cuales deben presentarse en orden alfabético.

Evite el uso de palabras en plural y frases. No repita palabras que ya hayan sido usadas en el título.

**Abstract.** Corresponde al resumen del manuscrito traducido al inglés. Debe poseer una estructura y contenido igual al especificado en español o portugués.

**Key Words.** Palabras clave en inglés. Deben ser las mismas usadas en español, pero en idioma inglés. Deben presentarse en orden alfabético.

## Cuerpo del artículo de investigación

### científica y tecnológica

**Introducción.** Debe indicar claramente los objetivos del trabajo y proporcionar los antecedentes necesarios para dar contexto internacional al estudio realizado. Debe incluir la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aportaron ideas fundamentales para el planteamiento y desarrollo del trabajo. En esta sección no se deben incluir datos ni conclusiones del trabajo que está dando a conocer.

**Materiales y métodos.** La presentación debe ser clara, concreta y suficientemente detallada para que el trabajo pueda ser reproducido. Debe describir los procedimientos empleados en la investigación, incluyendo diseño estadístico y análisis de datos. Esta sección deberá estructurarse indicando tipo de estudio, sitio, condiciones geoclimáticas, coordenadas del sitio de estudio, animales de estudio, métodos de laboratorio, aspectos éticos, etc. En caso de haber usado un método ya publicado, sólo debe indicarse la referencia; en tal caso, únicamente las modificaciones relevantes deben ser incluidas en la descripción. Las cifras menores de diez deben escribirse en letras y las mayores, en números.

**Resultados.** Corresponde a la información concisa de los hallazgos de la investigación. No se deben incluir comentarios ni referencias a otros trabajos. La información presentada debe seguir una secuencia lógica en el texto, tablas e ilustraciones, de acuerdo a la forma como se presentaron los métodos. No se debe duplicar información en el texto, tablas o ilustraciones.

**Discusión y conclusiones.** Es la interpretación de los resultados obtenidos. Indique las contribuciones significativas de su estudio, las limitaciones, ventajas y posibles aplicaciones. Discuta sus resultados a la luz de investigaciones internacionales y señale el mayor aporte de la investigación y las consecuencias ambientales. Resalte las conclusiones del estudio, así como las recomendaciones para futuras investigaciones.

**Agradecimientos.** Esta sección se utilizará para hacer un reconocimiento a aquellas personas o instituciones que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia en la investigación (técnica, financiera, logística, intelectual, entre otras.). Los agradecimientos deben ir como una sección separada después de la discusión y antes de las referencias, en un párrafo que es opcional.

**Literatura citada.** Asegúrese de que todas las referencias citadas en el texto estén en la lista de referencias y viceversa. Tenga en cuenta que no se admitirán artículos sin referencias. Un 60% de las citas debe provenir de investigaciones publicadas en los últimos 10 años. Siga el formato que establece la revista para hacer citas, el cual aparece más adelante en la sección Literatura citada.

**Nota:** En algunos casos el Comité Editorial puede aceptar manuscritos con la siguiente estructura: Introducción, Materiales y métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos y Literatura citada.

Se recomienda una extensión de 6000 palabras.

### Cuerpo del artículo de reflexión

Un artículo de reflexión es un texto donde el autor presenta resultados de una investigación con una perspectiva analítica, interpretativa y crítica, basado en observaciones o fuentes originales. **Estructura:** Introducción, Planteamiento de la temática, Desarrollo, Conclusiones, Agradecimientos y Literatura citada.

### Cuerpo del artículo de revisión

Un artículo de revisión es la sistematización, análisis y balance de lo investigado sobre un problema en particular y tiene por objeto dar cuenta de sus referentes conceptuales, metodológicos y epistemológicos, además de los avances y tendencias del campo investigado. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión analítica de por lo menos 50 referencias bibliográficas. Un 60% de la literatura citada debe provenir de investigaciones publicadas en los últimos 2 años. **Estructura:** Introducción, Planteamiento de la temática, Recuperación bibliográfica, Tendencias en el campo de conocimiento, Conclusiones, Agradecimientos y Literatura citada.

### Consideraciones de formato

**Figuras y tablas.** Los títulos de ambas deben estar centrados, en letra cursiva, tamaño de 10 puntos y numerados en arábigos. Tanto las tablas como las figuras deben ocupar el lugar más adecuado dentro del texto.

**Figuras:** Dentro del texto refiérase a la figura de la siguiente forma: (Figura 1). Las figuras deben ir sin líneas de división tanto en las abscisas como en las ordenadas y sin volumen ni sombra (barras o puntos en tres dimensiones), a menos que haya más de dos ejes. Los ejes y señaladores deben ser claros y grandes. Cada figura debe tener su correspondiente leyenda. Las abreviaturas y acrónimos deben ser explicados en la leyenda de la figura. Las figuras deben ser enviadas en formato .jpg o .gif, y deben tener la calidad necesaria para su publicación (más de 300dpi). Sólo se aceptarán figuras en blanco y negro.

**Tablas:** Dentro del texto refiérase a la tabla de la siguiente forma: (Tabla 1). Presente los datos en una tabla real con líneas y columnas, a doble espacio, sin divisiones verticales ni divisiones internas. Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI). Las abreviaturas y acrónimos deben ser explicados como notas al pie en cada tabla. En ningún caso se admitirán tablas en formato apaisado.

**Ecuaciones.** Deben ir justificadas a la izquierda y numeradas consecutivamente. Utilice el Editor de Ecuaciones de Word 2003. El significado de cada símbolo debe aclararse en el texto del manuscrito.

**Pie de página.** No haga uso de este recurso en ninguna página.

**Nomenclatura y unidades.** Use las reglas y convenciones internacionales según el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los nombres comunes de las especies deben ser reportados en minúsculas, seguidos del nombre científico de la especie entre paréntesis. Los nombres científicos deben presentarse en letra cursiva. Después de la primera mención, los géneros deben limitarse a la primera letra.

**Literatura citada.** En el cuerpo del artículo las referencias se citarán por el apellido del autor y el año de publicación separados por una coma y entre paréntesis. Las referencias se incluirán al final del texto como un apartado más del mismo, listadas en orden alfabético, con sangría francesa. Las referencias electrónicas deben estar respaldadas por instituciones científicas; no se aceptan como referencias aquellos documentos que provengan de casas comerciales o páginas Web privadas. Las citas se deben elaborar de acuerdo con las normas APA, ejemplos de las cuales se presentan a continuación:

**Artículo de una revista:**

Skinner, M. (2005). Regulation of primordial follicle assembly and development. *Human Reproduction*, volumen (número), 461-471. Ciudad, país: Editorial.

**Libro completo:**

Gomella, C. & Guerree, H. (1977). *Tratamiento de aguas para abastecimiento público*. Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados.

**Capítulo de un libro:**

Casanovas, E., Novoa, R., Socorro, A., Pa-

rets, E., González, M. & Liriano, R. (2007). Crianza porcina en la agricultura urbana de Cienfuegos (Cuba). En G. Castro (Ed.), *Porcicultura urbana y periurbana en ciudades de América latina y el Caribe* (pp. 19-24). Lima, Perú: Editorial.

**Tesis y Trabajos de grado:**

Niño, P. (2011). Modelos de reciclaje de residuos. Maestría en..., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Documentos de congresos o seminarios:**

De Souza, J. (2010). Construir un día después del desarrollo. En L. Carvalho (autoridad máxima del congreso), *Tercer Congreso Nacional de Educación Rural llevado a cabo en ciudad, país*.

**Documentos en Internet\*:**

Merzthal, G. (2004). *Marco normativo y legal para la agricultura urbana*. Recuperado de <http://www.bibliotecaverda.wikieco.org/cuaderno142.pdf>

\*Solo utilice fuentes electrónicas que correspondan a publicaciones con respaldo institucional, cuyo contenido no pueda ser modificado o eliminado en el futuro. No utilice información proveniente de páginas comerciales o sitios de opinión.

**Nota:**

Cuando no se disponga de los datos básicos de publicación de un escrito, se debe incluir la respectiva página web, o en su defecto el doi, o si no el PMID. Los autores asumen la responsabilidad de devolver a la revista las correcciones de las artes finales de su artículo a la mayor brevedad posible. El Comité editorial se toma la libertad de publicar o no, suplementos para apoyar la publicación de resúmenes en eventos científicos nacionales e internacionales.

# Instructions to authors for the presentation of research articles

## I. General Information

Manuscripts should be submitted as a text document in MS Word, with the following style rules:

- \* Letter size paper
- \* Times New Roman font, size 12.
- \* Paragraph double spacing.
- \* Left justified.
- \* 2.5 cm margins on all sides.
- \* Headers or footers are not allowed.
- \* The titles of the different sections and subsections of the article should be numerically sorted. Do not hold caps or bold letters.
- \* Use continuous numbering of lines in the whole document.
- \* Consecutively number all pages of the document, including title page, references, charts, figures, etc.
- \* Do not use *italics* to indicate words of Latin origin such as “in vivo”, “et al”, “Per se”.
- \* Use decimal points (not commas).
- \* Make sure that each new paragraph is well indicated.

## II. Language

The presented manuscripts may be written in Spanish or English. In either case, make sure they are well written.

## III. Manuscript Presentation

**A. Title page.** The purpose of this page is to bring together the key elements of the manuscript. You must include the items listed below.

**1. Article title.** It should be clear, precise and informative, taking care not to exceed 20 words. Scientific names should be written in *italics*, according to the scientific nomenclature. Avoid using abbreviations and formulas.

**2. Author(s).** Enter the full name of each author, specifying the first and last name. On the next line, specify the institutional affiliation (where the submitted work was completed), address and country. Enter the email

of each author. After submitting the manuscript for evaluation, the list of authors cannot be changed.

**3. Correspondence.** At the bottom of the page indicate the author responsible for manuscript correspondence including name, telephone, fax (with area code), complete address and email. The corresponding author is the one who will be responsible for maintaining contact with the journal during the whole reviewing and publication process.

## B. Header Page

**1. Title of the article.** The same as reported on the title page.

**2. Summary.** You must have a maximum of 250 words. A clear picture of the article contents should be provided. The summary should briefly describe the research objectives, methods, main findings and discussion points and conclusions. Avoid using abbreviations. The abstract should not contain references, unless strictly necessary, but in case it is needed the full citation must be included.

**3. Keywords.** Enter the key words in Spanish to serve as a guide to the classification of the article and facilitate the development of the index. Using a maximum of five (5) words is suggested, these should be presented in alphabetical order. Avoid using plural words and phrases. Do not repeat words that have already been used in the title.

**4. Abstract.** It corresponds to the abstract of the manuscript translated into English. It must have a structure and a similar context to the one specified in Spanish.

**5. Key Words.** Keywords in English. They must be the same used in Spanish, but in English. They should be presented in alphabetical order.

## C. Article Body

**1. Introduction.** It should clearly state the objective of the work and provide the necessary background to

give an international context to the developed study. It should include a review of literature with the most recent research that contributed with fundamental ideas to the planning and development of the work. This section should not include data nor conclusions from the work that is being reported.

**2. Materials and methods.** The presentation should be clear, specific and detailed enough so the work can be reproduced. It should describe the procedures used in research, including statistical design and analysis. This section should be structured indicating type of study, place, geo-climatic conditions, geographical coordinates of the study site, animal studies, laboratory methods, ethical issues, etc. In this case it should have used an already published method, only the reference must be indicated, in which case, only relevant modifications should be included in the description. The numbers under ten (10) must be written and the higher ones to these must be enumerated.

**3. Results.** It corresponds to the concise findings of the research. Do not include comments or references to other works. The information presented should follow a logical sequence in the text, charts and illustrations, according to the form methods were presented. Do not duplicate information in the text, graphs or illustrations.

**4. Discussion and conclusions.** It is the interpretation of the obtained results. Indicate the significant contributions of the study, limitations, advantages and possible applications. Discuss your results in the light of international research and point to the greater contribution of the research and its environmental consequences. Highlight the study's conclusions and recommendations for future research.

**5. Acknowledgments.** This section will be used to recognize those individuals or institutions that have made substantial contributions to the work or that have provided technical assistance in the investigation (financial, logistics, intellectual, among others.). The acknowledgments should go as a separate section after the discussion and before the references. This paragraph is optional.

**6. References.** Make sure all references cited in the text are in the reference list and vice versa. Please note that items will not be accepted without references. Follow the established format for citations in the journal (Section 4. Cited Literature).

## D. Format Considerations

**1. Figures and Charts.** Figures and charts should be included along with the text of the manuscript on separate sheets at the end of the document, a figure or chart per page. Submit the title and legend of the figures and the title of the chart as a list in a separate section. Both charts and figures must be consecutively numbered and cited in the text with arabic numerals ..... **i. Figures:** Within the text refer to figure as it follows: (Figura 1) Figures should not be lines of division in both the abscissa as in the ordinates and without volume or shadow (bars or points in three dimensions) unless there are more than two axes. Axes and signposts should be clear and large. Each figure must have a corresponding legend. Abbreviations and acronyms should be explained in the legend of the figure. Figures should be submitted in .jpg or .gif, and have the quality needed for publication (more than 300dpi) ..... **ii. Charts/Tables:** Within the text make reference to the chart as it follows: (Chart 1). Present data in a real chart with rows and columns, double-spaced without vertical divisions or divisions. You must use the International System of Units (SI). Abbreviations and acronyms should be explained as footnotes in each table. In no case shall there be tables in landscape format.

**2. Equations.** They should be left justified and numbered consecutively. The numbers should be right justified and enclosed in brackets ( ). Use the Equation Editor in Word 2003. The meaning of each symbol should be clarified in the text of the manuscript.

**3. Footer.** Do not use footnotes.

**4. Nomenclature and Units.** Use the rules and conventions: the International System of Units (SI). The common names of species should be reported

in lowercase, followed by the scientific species name in parentheses. Scientific names should appear in italics. After their first mentioning, genders should be simplified to the first letter.

**E. Cited References.** In the body of the article text references are cited by author's surname and year of publication separated by a space and brackets ( ). In the case of quoting two authors use the symbol " & ". When the citation refers to more than two authors use the word "et al". Italicized. When citing more than one publication, it should be in chronological order and then alphabetically. For example, (Joe 1970, Alvarado & Gómez 1999, 2004, Oates 2001, Roberts 2004, Smith 2006, Albert et al. 2008).

References are included at the end of the text as one more headland of the same section, listed in alphabetical order, with french indent. Electronic references must be supported by scientific institutions; they won't be accepted as reference documents that come from commercial firms or private Web pages. Appointments will be documented according to the models listed below:

**\* Published Arte:**

Halpern, S.D., P.A. Ubel & A.L. Caplan. 2003. Solid-organ transplantation in HIV-infected Patients. *Engineering New England Journal*, 347: 284-287

**\* Article with supplement:**

Geraud, G., E.L. Spierings & C. Keywood. 2002. Tolerability and safety of frovatriptan with short-and long-term Treatment of migraine and used for in comparison with sumatriptan. *Headache*, 42 (Suppl 2): S93-9

**\* Book**

F. 1982. Medical and surgical management. 2nd Ed W B Saunders, Philadelphia.

**\* Book:**

Gilstrap, L.C., F.H. Cunningham & J.P. VanDorsten (Eds.). 2007. Operative obstetrics. 2nd Ed McGraw-Hill, New York.

**\* Book Chapter:**

Meltzer, P.S., A. Kallioniemi & J.M. Trent. 2005. Chromosome Alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler FG (Eds.). The genetic basis of human cancer. McGraw-Hill, New York, pp. 91-110

**\* Graduate Thesis and Dissertations:** Gómez-Mayor M.S. 1989 violent mortality in the Judicial District of Alcalá de Henares [thesis / dissertation]. Alcalá de Henares: Faculty of Medicine, University of Alcalá de Henares.

**\* Internet \*:**

T. Collum 1997. Supplementation Strategies for beef cattle. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A & M University System. Available online: <http://agpublications.tamu.edu/pubs/eanim/b6067.pdf>. [Include the date this document was consulted].

\* Only use fonts that correspond to electronic serials, with institutional support, which contents cannot be changed or removed in the future. Do not use information from commercial sites or sites of opinion.

**Note:** Check that all references cited in the text appear in the literature cited section and vice versa.

**IV. Clarification Note**

The authors assume responsibility to return to the magazine the corrections of the final artwork (galley) of the article, as soon as possible. The Editorial Board takes the liberty to publish or not, supplements to support the publication of abstracts in national and international scientific events.

**V. Manuscript submission.**

Manuscripts that are ready and in accordance with the format of the magazine, should be sent as an attachment to the [riaa@unad.edu.co](mailto:riaa@unad.edu.co)

# Instruções para os autores para a apresentação dos artigos de investigação

## I. Informação Geral

Os manuscritos devem ser apresentados em documento de texto, MS Word, com as seguintes normas de estilo:

- Papel tamanho Carta (21,59 x 27,94 cm) (8,5 x 11 in)
- Fonte Times New Roman, tamanho 12.
- Dupla espaçamento entre linhas.
- Alinhar o texto à esquerda.
- Margens de 2.5 cm em todos os lados.
- Não se admite cabeçalhos nem rodapés.
- Os títulos das diferentes secções e sub-secções do artigo devem estar ordenados numericamente. Não use maiúsculas em negrito.
- Use numeração contínua das linhas no documento todo.
- Numere consecutivamente todas as páginas do documento, incluindo a página do título, referências, tabelas, figuras, etc.
- Não use o itálico para indicar palavras oriundas do latim como *in vivo*, *et al.*, *Per se*.
- Use pontos decimais (não virgulas)
- Assegure-se de que cada novo parágrafo fique bem indicado.

## II. Idioma

Os manuscritos enviados podem ser escritos em Espanhol ou Inglês. Em qualquer dos casos, tem que assegurar de que estão muito bem escritos.

## III. Apresentação do manuscrito

**A. Página do título.** O objectivo desta página é reunir os elementos-chave do manuscrito. Deve incluir os itens assinalados a seguir:

**1. Título do artigo.** Deve ser claro, preciso e informativo, procurando não exceder as 20 palavras. Os nomes científicos devem ser escritos em itálico, de acordo com a nomenclatura científica. Evite o uso de abreviaturas e fórmulas.

**2. Autor(es).** Escreva o nome completo de cada autor, especificando o apelido, nome e sobrenome. Na próxima linha, especifique a afiliação institucional (onde o trabalho enviado foi realizado), o endereço e o país. Indique o e-mail de cada autor. Uma vez enviado o manuscrito para revisão, a lista de autores não pode ser modificada.

**3. Correspondência.** Na parte inferior da página assinala o autor responsável pela correspondência do manuscrito indicando o nome, telefone, fax (com os códigos da área), morada completa e e-mail. O autor da correspondência é aquele que vai estar encarregue de manter contacto com a revista durante todo o processo de revisão e publicação.

## B. Página do Cabeçalho

**1. Título do artigo.** O mesmo escrito na página do título.

**2. Resumo.** Deve ter um máximo de 250 palavras. Deverá oferecer uma ideia clara do conteúdo do artigo. O resumo deve descrever brevemente os objectivos da investigação, os métodos, os principais resultados e pontos de discussão e as conclusões. Evite o uso de abreviaturas. O resumo não deve conter referências, a não ser que sejam estritamente necessárias, neste caso deve incluir a citação completa.

**3. Palavras-chave.** Indique as palavras-chave em espanhol que sirvam como guia para a classificação do artigo e que facilitem a elaboração do índice de matérias. Sugiro usar um máximo de cinco (5) palavras, as quais devem apresentar-se em ordem alfabética. Evite o uso de palavras no plural e frases. Não repita palavras que já tenham sido usadas no título.

**4. Abstract.** Corresponde ao resumo do manuscrito traduzido em inglês. Deve ter uma estrutura e conteúdo igual ao especificado em espanhol.

**5. Key Words.** Palavras-chave em inglês. Devem ser as mesmas usadas em espanhol, mas no idioma inglês. Devem apresentar-se por ordem alfabética.

## C. Corpo do artigo

**1. Introdução.** Deve indicar claramente os objectivos dos trabalhos e proporcionar a base necessária para dar contexto internacional ao estudo realizado. Deve incluir a revisão da literatura com as investigações mais recentes que forneceram as ideias fundamentais para o planeamento e desenvolvimento do trabalho. Nesta secção não se deve incluir dados nem conclusões do trabalho que está dar a conhecer.

**2. Materiais e métodos.** A apresentação deve ser clara, concreta e suficientemente detalhada para que o trabalho possa ser reproduzido. Deve descrever os procedimentos empregues na investigação, incluindo delineamento estatístico e análise de dados. Esta secção deverá ser estruturada indicando o tipo de estudo, local, condições geoclimáticas, coordenadas do local dos estudos, animais de estudo, métodos de laboratório, aspectos éticos, etc. No caso de ter sido usado um método já publicado, só deve indicar a referência; neste caso, só as modificações relevantes devem ser incluídas na descrição. Os números inferiores a dez (10) devem estar escritos e os maiores devem estar numerados.

**3. Resultados.** Corresponde à informação concisa dos resultados da pesquisa. Não inclua comentários nem referências de outros trabalhos. A informação apresentada deve seguir uma sequência lógica no texto, tabelas e ilustrações, de acordo os métodos apresentados. Não duplicar informação no texto, tabelas ou ilustrações.

**4. Discussão e conclusões.** É a interpretação dos resultados obtidos. Indique as contribuições significativas do seu estudo, as limitações, vantagens e as possíveis aplicações. Discuta os resultados à luz das pesquisas internacionais e que traga uma maior contribuição para a pesquisa e as consequências ambientais. Destaque as consequências do estudo, assim como as recomendações para futuras pesquisas.

**5. Agradecimentos.** Esta secção é utilizada para dar reconhecimento aquelas pessoas ou instituições que

tenham feito substanciais contribuições para o trabalho ou tenham prestado assistência técnica na investigação (financeira, logística, intelectual, entre outras). Os agradecimentos devem ir como uma secção separada depois da discussão e antes das referências. Este parágrafo é opcional.

**Referências.** Assegure-se de que todas as referências citadas no texto estejam na lista de referências e vice-versa. Tenha em conta que não se admitam artigos sem referências. Siga o formato estabelecido para citações na revista (Secção 4 -Literatura Citada).

## D. Considerações para o formato

**1. Figuras e Tabelas.** As figuras e as tabelas devem estar incluídas junto com o texto do manuscrito, em folhas separadas no final do documento, uma figura ou tabela por folha. Apresente o título e legenda das figuras e o título das tabelas em lista numa secção aparte. Tanto tabelas como figuras devem ser numeradas e citadas no texto de forma consecutiva com algarismos árabes.

..... **i.Figuras:** Dentro do texto refere a figura da seguinte forma: (Fig.1) As figuras não devem ter linhas de divisão tanto nas abcissas como nas ordenadas e volume nem sombra (Barras ou pontos em três dimensões), a menos que haja mais de dois eixos. Os eixos e sinais devem ser claros e grandes. Cada figura deve ter a respectiva legenda. As abreviaturas e acrónimos devem ser explicados na legenda da figura. As figuras devem ser enviadas no formato .jpg ou .gif, e devem ter a qualidade necessária para a sua publicação (mais de 300dpi).

..... **ii.Tabelas:** Dentro do texto refere a tabela da seguinte forma: (Tabela 1). Apresente os dados numa tabela real com linhas e colunas, em espaço duplo sem divisões verticais, nem divisões internas. Devem utilizar unidades dos Sistema Internacional (SI). As abreviaturas e acrónimos devem ser explicados como notas no rodapé em cada tabela. Não se admite, em nenhum caso, tabelas no formato oblongo.

**2. Equações.** Devem estar justificadas à esquerda e enumeradas consecutivamente. A numeração deve estar justificada à direita e entre parêntesis. Utilize o Editor de Equações do Word 2003. O significado de cada símbolo deve clarificar-se no texto do manuscrito.

**3. Rodapé.** Não use rodapés.

**4. Nomenclatura e unidades.** Use as regras e convenções internacionais: Sistema Internacional de Unidades (SI). Os nomes comuns das espécies devem ser escritos em minúsculas, seguidos do nome científico da espécie entre parêntesis. Os nomes científicos devem apresentar-se em itálico. Depois da primeira menção, devem ser simplificados para a primeira letra.

## E. Literatura citada.

No corpo do texto do artigo as referências se citarão por apelido do autor e o ano da publicação separados por um espaço e entre parêntesis. No caso de citar dois autores use o símbolo "&". Quando a citação faz referência a mais autores use a palavra et al., em itálico. Quando cita mais que uma publicação, deve citar por ordem cronológica e depois alfabética. Por exemplo, (Pérez 1970, Alvarado & Gómez 1999, 2004, Oates 2001, Roberts 2004, Smith 2006, Albert et al. 2008).

As referências são incluídas no final do texto como mais uma secção do mesmo, por ordem alfabética, com recuo deslocado. As referências electrónicas devem estar acompanhadas por instituições científicas; não se aceitam como referências documentos que provenham de casas comerciais ou páginas Web privadas. As citações se documentarão de acordo os modelos seguintes:

### Artigo publicado:

Halpern, S.D., P.A. Ubel & A.L. Caplan. 2003. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. New England Journal Engineering, 347: 284-287

**Artigo com suplemento:**

Geraud, G., E.L. Spierings & C. Keywood. 2002. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*, 42 (Suppl 2):S93-9

**Livro:**

Bradley, F. 1982. *Medical and surgical management*. 2nd Ed. W B Saunders, Philadelphia.

**Livro editado:**

Gilstrap, L.C., F.H. Cunningham & J.P. Van-Dorsten (Eds.). 2007. *Operative obstetrics*. 2nd Ed. McGraw-Hill, New York.

**Capítulo do livro:**

Meltzer, P.S., A. Kallioniemi & J.M. Trent. 2005. Chromosome alterations in human solid tumors. En: Vogelstein B, FG Kinzler (Eds.). *The genetic basis of human cancer*. McGraw-Hill, New York, pp. 91-110

**Teses e Trabalhos de Pós-Graduação:**

Gómez-Alcalde, M.S. 1989 *Mortalidad violenta en el Partido Judicial de Alcalá de Henares* [tesis doctoral/dissertation]. Alcalá de Henares: Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares.

**Internet\*:**

Collum T. 1997. *Supplementation strategies for beef cattle*. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A&M University System. Disponible en línea: <http://agpublications.tamu.edu/pubs/eanim/b6067.pdf>. [Incluya la fecha en que este documento fue consultado].

\*Apenas utilize fontes electrónicas que correspondem a publicações sérias, com apoio

institucional, cujo conteúdo não possa ser modificado ou eliminado no futuro. Não utilize informação proveniente de páginas comerciais ou sites de opinião.

**Nota:** Confira se todas as referências citadas no texto aparecem na secção Literatura Citada e vice-versa.

**IV. Esclarecimento**

Os autores assumem a responsabilidade de devolver à revista as correcções das artes finais (provas) do seu artigo, com a maior brevidade possível. O Comité Editorial toma liberdade de publicar ou não, suplementos para aprovar a publicação de resumos em eventos científicos nacionais e internacionais.

**V. Envio dos manuscritos.**

Os manuscritos que se encontrem preparados e de acordo com o formato da revista, devem ser enviados como anexo para o e-mail: [riaa@unad.edu.co](mailto:riaa@unad.edu.co).

