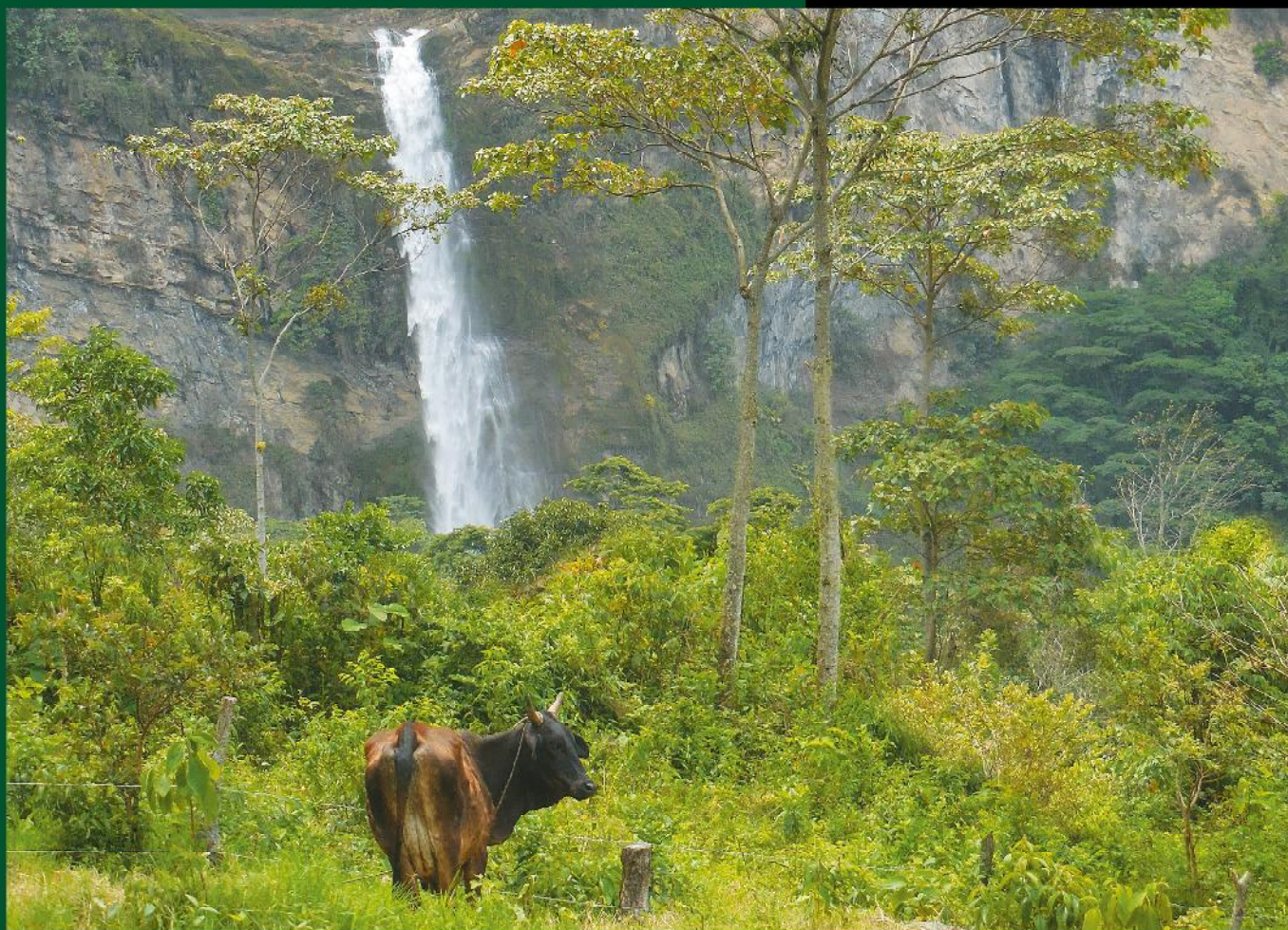


REVISTA de INVESTIGACIÓN

AGRARIA y AMBIENTAL

Volumen 7 Número 2

ISSN. 2145 - 6097



Publicación oficial de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Bogotá, Colombia. Julio - Diciembre de 2016

UNAD
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Volumen 7 Número 2 Julio - Diciembre de 2016
ISSN 2145-6097

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Volumen 7 Número 2 – julio - diciembre 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

YOLVI PRADA MILLAN

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

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

“Cascada Ventanas de Tisquizoque”

Tomada y cedida a RIAA por Laura Victoria Ramírez.

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

Remoção de partículas similares aos oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta ascendente usando um coagulante natural: estudo em escala piloto

Removal of Cryptosporidium oocyst like particles by direct upward filtration using a natural coagulant: pilot scale study

Eliminación de partículas similares a *Cryptosporidium* ooquistes por filtración directa ascendente utilizando un coagulante natural: estudio a escala piloto.

Ingrith Marcela Romero Méndez, Yovanka Pérez Ginoris, Cristina Celia Silveira Brandão & Marcely Ferreira Nascimento

15

Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico por sitio de la fertilidad del suelo

Production of coffee (Coffea arabica L.) in response to specific handling by site of soil fertility

Produção de café (*Coffea arabica* L.) em resposta ao manejo específico por local da fertilidade do solo

Luz Adriana Lince Salazar & Siavosh Sadeghian Khalajabadi

25

Phytochemical variability between Colombian accessions of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown

Variabilidad fitoquímica entre accesiones colombianas de Lippia alba (Mill.) N.E. Brown

Variabilidade fitoquímica entre acessos colombianos de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown

José Omar Cardona Montoya & Jaime Eduardo Muñoz Flórez

39

**Riesgos biológico y químico en planta de compostaje
de ingenio azucarero, Valle del Cauca, Colombia**

***Biological risks and chemical in composting plant of sugar mill,
Valle del Cauca, Colombia***

Riscos biológicos e químicos compostagem usina de açúcar
da planta, Valle del Cauca, Colômbia

Iván Darío López Villalobos, Ana María Muñoz & Mariana Muñoz

51

**Análise qualitativa e quantitativa da arborização urbana
de um bairro no Bauru, São Paulo, Brasil**

***Qualitative and quantitative analysis of urban trees
in a neighborhood of Bauru, São Paulo, Brazil***

Análisis cualitativo y cuantitativo de árboles urbanos de un barrio
de Bauru, São Paulo, Brasil

Renan Borgiani, Yury Baldo De Arruda, Juliana Sanchez Carlos, Marcos
Vinicius Bohrer Monteiro Siqueira & José Dorival Coral.

73

**Propagación y crecimiento inicial del abarco (*Cariniana
pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres**

***Propagation and initial growth of abarco (*Cariniana pyriformis*
Miers), using wild seed***

Propagação e crescimento inicial do abarco (*Cariniana pyriformis*
Miers), utilizando sementes silvestres

Harlenson Pinilla Cespedes, Henry Hernan Medina Arroyo, Jhon Jerley Torres
Torres, Estivinson Córdoba Urrutia, Juan Carlos Córdoba Moreno, Yosuar
Mosquera Ampudia & Melida Martínez Guardia.

87

**Development of a protocol for the in vitro establishment
of *Stevia rebaudiana* Bertoni Morita II variety**

***Desarrollo de un protocolo para el establecimiento in vitro
de *Stevia rebaudiana* variedad Bertoni Morita II***

Desenvolvimento de um protolo para o estabelecimento *in vitro*
da variedade Morita II (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

Sandra Bibiana Aguilar Marín, Laura Alexandra Laitón Jiménez, Fernando
Esteban Mejía García & Carlos Felipe Barrera Sánchez.

99

Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono

Effect of the age at first calving and open days in a bovine dual purpose on the water and carbon footprints

Efeito da idade ao primeiro parto e os dias abertos em um bovino de duplo propósito sobre a impressão hídrica e de carbono

Raúl A. Molina, Hugo Sánchez Guerrero & José R. Uribe, Alberto S. Atzori

107

Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq)

Efficiency of use of nutrients in hot pepper tabasco (*Capsicum frutescens* L.) and habanero (*Capsicum chinense* Jacq)

Eficiência de uso de nutrientes na pimenta tabasco (*Capsicum frutescens* L.) e “habanero” (*Capsicum chinense* Jacq)

María del Pilar Romero-Lozada, Christian Felipe Enciso Murillo, Sandra Marcela Garcia, Juan José Wagner Guerrero, Yina Jazbleidi Puentes-Páramo & Juan Carlos Menjivar-Flores

121

Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana

Assessment ecosystem based on the use of metrics of landscape using geographic information systems in African palm crops

Valorização do ecossistema, a partir do uso de métricas da paisagem, aplicando sistemas de informação geográfica em cultivos de palma africana

Claudia Ramírez Cano

129

La nueva ruralidad en la educación: percepciones de la comunidad académica universitaria de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

New ruralidad in the education: perceptions of the university academic community of Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

A nova ruralidade na educação: percepções da comunidade acadêmica universitária da Universidade Pedagógica e Tecnológica da Colômbia

Luz Adriana Pita Morales & Wilson González Santos

145

Costos y rendimientos de producción de tres néctares de manzana (*Pyrus malus* L.) variedades Anna, Pensilvania y Winter

*Costs and yields of production of three nectars of apple (*Pyrus malus* L.) varieties Anna, Pensilvania and Winter*

Custos e rendimentos de produção três néctares de maçã (*Pyrus malus* L.) variedades Anna, Pennsylvania e Winter

Darío Alberto Pinto Medina, Yesenia Fernández Vargas & Efrain Martínez Quintero

157

Análisis de valoración contingente de restauración ecológica de una cantera en Soacha, Cundinamarca, Colombia

Analysis of contingent valuation of ecological restoration of a quarry in Soacha, Cundinamarca, Colombia

Análise de valoração contingente de restauração ecológica de uma pedreira em Soacha, Cundinamarca, Colômbia

Lina Melissa Tequia Mayorga & David Andrés Camargo Mayorga

171

Cómo citar los artículos publicados en el Volumen 7 Número 2 - julio - diciembre de 2016

185

Instrucciones para los Autores

188

Editorial

Para el segundo semestre del 2016, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias, tiene prevista la convocatoria para la evaluación de revistas científicas. Actualmente se halla en discusión la política para mejorar la calidad de las publicaciones científicas nacionales. Según las orientaciones de la política, el nuevo modelo de Colciencias estará basado en el impacto de las publicaciones científicas, lo cual comporta la incorporación de criterios que permitan medir y clasificar las revistas especializadas colombianas. El modelo contempla una mayor autogestión editorial e indicadores de medición del impacto, complementarios a los ofrecidos por *Web of Science (WoS)* y *Scopus*, especialmente el índice H5, por áreas de conocimiento.

El equipo editorial y científico de la Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA está realizando las acciones necesarias para posicionar la revista en el ámbito nacional e internacional. Con ello, da continuidad a las gestiones que comprometen tal posicionamiento de su proyecto editorial. La literatura científica publicada en RIAA es consultada y citada por la comunidad académica. El nuevo modelo de clasificación de revistas científicas, basado en el impacto de las publicaciones, se constituye, por tanto, en una oportunidad más que promueve una comunicación fluida y eficiente entre la comunidad de investigadores de las áreas agraria y ambiental.

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

Texto citado:

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS (2016). Política nacional para mejorar el impacto de las publicaciones científicas nacionales. Dirección de Fomento a la Investigación. Documento 1601. Bogotá. Versión para discusión (mayo). Recuperado de: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/politica-publindex-colciencias.pdf>

Editorial

For the second half of 2016, the Administrative Department of Science, Technology and Innovation Colciencias, is scheduled to call for the evaluation of scientific journals. The policy to improve the quality of national scientific publications is currently under discussion. According to the guidelines of the policy, the new model of Colciencias will be based on the impact of scientific publications, which implies the incorporation of criteria to measure and classify the specialized Colombian journals. The model contemplates a greater editorial self-management and impact measurement indicators, complementary to those offered by Web of Science (WoS) and Scopus, especially the H5 index, by areas of knowledge.

The editorial and scientific team of the Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA is carrying out the necessary actions to position the magazine in the national and international scope. With this, it gives continuity to the efforts that compromise such positioning of its editorial project. The scientific literature published in the RIAA is consulted and quoted by the academic community. The new model of classification of scientific journals, based on the impact of the publications, is therefore an opportunity that promotes a fluid and efficient communication between the community of researchers in the agrarian and environmental areas.

Reinaldo Giraldo Díaz

Docente Asociado

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

Libia Esperanza Nieto Gómez

Docente Asistente

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

Quoted text:

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS (2016). Política nacional para mejorar el impacto de las publicaciones científicas nacionales. Dirección de Fomento a la Investigación. Documento 1601. Bogotá. Versión para discusión (mayo). Recuperado de: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/politica-publindex-colciencias.pdf>

Editorial

Para o segundo semestre do 2016, o Departamento Administrativo de Ciência, Tecnologia e Inovação Colciencias, tem a previsão de uma convocatória para a avaliação de revistas científicas. Atualmente está em discussão a política para melhorar a qualidade das publicações científicas nacionais. Segundo as orientações dessa política, o novo modelo de Colciencias estará baseado no impacto das publicações científicas, isso incorpora critérios que permitam medir e classificar as revistas especializadas colombianas. O modelo considera maior auto-gestão editorial e indicadores de medição do impacto, complementários aos oferecidos por *Web of Science (WoS)* y *Scopus*, especialmente o índice H5, por áreas de conhecimento.

A equipe editorial e científica da *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA* está realizando ações necessárias para posicionar a revista no espaço nacional e internacional. Assim, dar continuidade aos processos que comprometem esse posicionamento do seu projeto editorial. A literatura científica publicada no RIAA é acessada e citada pela comunidade acadêmica. O novo modelo de classificação de revistas científicas baseado no impacto das publicações constitui, mais uma grande oportunidade para promover uma comunicação fluida e eficiente entre a comunidade de pesquisadores das áreas agraria e ambiental.

Reinaldo Giraldo Díaz

Docente Asociado

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias

y del Medio Ambiente

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Libia Esperanza Nieto Gómez

Docente Asistente

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias

y del Medio Ambiente

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Texto citado:

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnologia e Inovação COLCIENCIAS (2016). Política nacional para mejorar o impacto das publicações científicas nacionais.

Direção de Fomento à Pesquisa. Documento 1601. Bogotá. Versão para discussão (maio). Recuperado de: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/politica-publindex-colciencias.pdf>

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.

Remoção de partículas similares aos oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta ascendente usando um coagulante natural: estudo em escala piloto

Removal of *Cryptosporidium* oocyst-like particles by direct upward filtration using a natural coagulant: pilot scale study

*Eliminación de partículas similares a *Cryptosporidium* ooquistes por filtración directa ascendente utilizando un coagulante natural: estudio a escala piloto*

Ingrith Marcela Romero Méndez¹, Yovanka Pérez Ginoris²,
Cristina Celia Silveira Brandão³ & Marcely Ferreira Nascimento⁴

¹ Ingeniera Ambiental, Magíster en Tecnología Ambiental y Recursos Hídricos. ² Engenharia Química, Mestra. em Biotecnologia Industrial, Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. ³ Engenharia Química, mestra em Engenharia Química, Doutora em Engenharia Ambiental.

⁴ Engenharia Sanitária, mestra em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

¹ Corporación Universitaria Minuto de Dios. Garzón, Huila. Colombia.

^{2,3} Professor adjunto da Universidade de Brasília. Brasil. ⁴ Instituto Federal de Brasília. Brasil.

¹ iromeromend@uniminuto.edu.co, ² yovanka.perez@gmail.com,

³ cbrandao@unb.br, ⁴ marcely.nascimento@ifb.edu.br

Resumo

No presente estudo foram realizados ensaios de filtração direta ascendente, em escala piloto, para avaliar o desempenho do coagulante natural quitosana na remoção de microesferas de poliestireno com dimensões similares às dos oocistos de *Cryptosporidium*, no tratamento de água natural com turbidez de cerca de 30 uT, induzida com caulinita. Os parâmetros avaliados foram turbidez, matéria orgânica (absorvância UV-254 nm) e a concentração de microesferas. Inicialmente foram efetuados testes de jarros para a construção do diagrama de coagulação e definição das condições a serem adotadas nos ensaios de filtração. Os ensaios de filtração direta ascendente foram efetuados em condições

de coagulação ótima, superdosagem e subdosagem de quitosana. Nos ensaios de filtração realizados na condição de coagulação ótima a turbidez média do efluente foi de 0.29 uT no período de operação regular do sistema. Nessa condição de coagulação a remoção de microesferas oscilou entre 4.4 log e 4.9 log. As condições de superdosagem e subdosagem afetaram o desempenho do filtro com aumentos na turbidez do efluente e redução na remoção de microesferas com respeito à condição ótima de coagulação da ordem de 0.65 log e 0.98 log, respectivamente, no período de operação regular do sistema, indicando que tais condições de coagulação levam aumentos do número de

partículas com dimensões similares às dos oocistos de *Cryptosporidium* no efluente do filtro, o que pode comprometer a qualidade microbiológica da água produzida. Finalmente, em todas as condições de coagulação investigadas, a remoção média de absorvância ($UV_{254\text{ nm}}$) foi de até 50%.

Palavras chave: coagulação, ensaio de filtração, quitosana, microesferas de poliestireno, tratamento de água.

Abstract

In the present study were performed up-flow in-line filtration experiments, in pilot scale, to evaluate the performance of the natural coagulant chitosan on the removal of polystyrene microspheres with similar dimensions to the *Cryptosporidium* oocysts in the natural water treatment with turbidity around 30 uT, with kaolinite-induced. The parameters evaluated were the turbidity, organic matter (absorbance 254 nm) and microspheres concentration. Initially, were performed jar tests for the coagulation diagram construction and definition of the conditions to be adopted in the filtration experiments. The up-flow in-line filtration experiments were effectuated in the optimal coagulation conditions, over-optimal and sub-optimal dosages. The coagulation diagram showed a region of optimal performance of chitosan, corresponding to effluent turbidity values from 0.5 uT to 0.25 uT at doses between 0.9 e 1.5 mg/L and pH values between 5 and 6. In the filtration experiments conducted in optimal coagulation conditions the mean effluent turbidity was 0.29 uT during the regular operation of the system. In this coagulation condition the microspheres removal ranged between 4.3 log e 4.9 log. The over optimal and suboptimal coagulation conditions, affected the filter performance with increases in the effluent turbidity and was accompanied by removal reduction of microspheres with respect to the optimal coagulation condition of the order of 0.65 to 0.98 log, respectively, during the regular operation of the system, indicating that these coagulation conditions lead to increases the number of particles with similar dimensions to the *Cryptosporidium* oocysts in the filter effluent, which can compromise the microbiological quality of the water produced. Finally, in all investigated coagulation conditions the mean absorbance ($UV_{254\text{ nm}}$) removal was 50%.

Key-words: chitosan, coagulation, filtration experiment, polystyrene microspheres, water treatment.

Resumen

En la presente investigación fueron realizados experimentos de filtración de flujo ascendente en línea, a escala piloto, para evaluar el desempeño del coagulante natural quitosano en la extracción de microesferas de poliestireno con dimensiones similares a *Cryptosporidium* oocysts, en el tratamiento de aguas con turbidez natural aproximada de 30 uT, inducida con caolinita. Los parámetros evaluados fueron turbidez, materia orgánica (absorbancia a 254 nm) y concentración de microesferas. Inicialmente, se realizaron pruebas de jarras para la construcción del diagrama de coagulación y la definición de las condiciones para ser adoptadas en experimentos de filtración. Los experimentos de filtración de flujo ascendente en línea se efectuaron en condiciones de coagulación de dosis óptimas, super-óptimas y sub-óptimas. El diagrama de coagulación mostró una región de un rendimiento óptimo de quitosano, correspondiente a los valores de turbidez del efluente de 0,5 uT a 0.25 uT en dosis entre 0,9 e 1,5 mg/L y pH valores entre 5 y 6. En los experimentos de filtración en condiciones de coagulación óptima la turbiedad promedio del efluente fue 0.29 uT durante el funcionamiento normal del sistema. En la coagulación de esta condición la extracción de microesferas osciló entre 4,3 log e log 4.9. En condiciones de coagulación super-óptima y subóptima, se afectó el rendimiento del filtro con incrementos en la turbiedad del efluente y fue acompañado por la reducción en la extracción de microesferas con respecto a la condición de coagulación óptima del orden de 0,65 a 0,98 log, respectivamente, durante el funcionamiento normal del sistema, lo que indica que estas condiciones de coagulación conducen a aumentar el número de partículas con dimensiones similares a *Cryptosporidium* oocysts en el efluente del filtro, lo cual puede comprometer la calidad microbiológica del agua producida. Finalmente, en todas las condiciones de coagulación investigadas con absorbancia ($UV_{254\text{ nm}}$) la extracción media fue de 50%.

Palabras clave: quitosano, coagulación, experiment de filtración, microesferas de poliestireno, tratamiento de aguas.

Introdução

Embora a tecnologia convencional de tratamento de água seja a mais difundida no Brasil, nos últimos anos tem se intensificado o uso das tecnologias de tratamento simplificadas baseadas em filtração direta, dentre elas a filtração direta ascendente (FDA).

Um dos grandes desafios da filtração direta ascendente é garantir a qualidade microbiológica da água para consumo, devido a que essa tecnologia apenas apresenta uma única barreira física contra as impurezas. A ocorrência de microrganismos de veiculação hídrica como o *Cryptosporidium parvum* com oocistos de tamanho reduzido (4 a 6 µm), resistentes à desinfecção com cloro, reforça a necessidade de garantir condições operacionais que promovam eficiências elevadas de remoção desses organismos.

Devido aos elevados custos na recuperação e detecção dos oocistos na água, além do risco à saúde pela sua manipulação, microesferas de poliestireno de tamanho similar ao dos oocistos vêm sendo utilizadas como substitutos nos ensaios experimentais para avaliação da remoção desses organismos por diferentes tecnologias de tratamento de água.

Tradicionalmente, o tratamento da água mediante tecnologias que empregam coagulação química tem sido realizado usando sais metálicos, sendo o sulfato de alumínio o coagulante mais difundido. Entretanto, o uso desse coagulante apresenta como principais desvantagens a necessidade de doses elevadas para efetuar uma coagulação eficiente, a geração de grandes volumes de lodo de difícil tratamento e disposição, representando um risco para o meio ambiente pela sua reduzida biodegradabilidade. Dessa forma, esforços vêm sendo realizados pela comunidade científica no sentido de desenvolver pesquisas voltadas para a substituição desse coagulante por substâncias cujos impactos ao meio ambiente sejam menores.

A quitosana é um polímero de origem natural que tem despertado interesse, devido a que pode ser utilizada como agente coagulante/floculante no tratamento de água, gerando menor quantidade de

lodo que o tratamento com sulfato de alumínio. Ainda apresenta como vantagem o fato de não deixar residual metálico na água tratada.

O uso da quitosana como coagulante tem sido avaliado nas tecnologias convencionais e não convencionais de tratamento de água, com resultados satisfatórios em termos de remoção de turbidez, matéria orgânica e micro-organismos patogênicos como o *Cryptosporidium* (Brown & Emelko, 2009; Capelete & Brandão, 2013). Contudo, são escassos os estudos que avaliam o desempenho desse biopolímero no tratamento de água por filtração direta ascendente. Dessa forma, o presente trabalho avaliou o potencial de uso da quitosana como coagulante no tratamento de água com turbidez moderada contendo microesferas de poliestireno em substituição aos oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta ascendente.

Materiais e métodos

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Análise de Água (LAA) do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília e compreenderam uma etapa, em escala de bancada (Etapa I), referente à construção do diagrama de coagulação a partir de testes de jarros adaptados para filtração direta, e outra, em escala piloto (Etapa II), destinada aos experimentos de filtração direta ascendente para avaliação do desempenho da quitosana na remoção de microesferas.

A água utilizada no estudo foi preparada usando como água base água do Lago Paranoá, Brasília – Distrito Federal, Brasil. A preparação da água de estudo consistia na filtração da água base através de rede de fitoplâncton. A turbidez era induzida pela adição de suspensão de caulinita micronizada, preparada seguindo recomendações de Di Bernardo (2004), até a obtenção de um valor próximo de 30 uT.

A quitosana usada como coagulante foi adquirida da Sigma em forma de pó, com grau de pureza analítica, grau de desacetilação de 0.75 – 0.85 e peso molecular na faixa de 50 – 190 kDa.

O preparo da solução de quitosana foi realizado seguindo o procedimento de Vasyukova, Terrichova, Azevedo, Brandão & Uhl (2010): dissolução de 0.5 gramas de quitosana em 1L de solução de HCl 0.5 mol/L, mantido sob agitação durante 48 horas em aproximadamente 30 rpm, seguido de 30 minutos em banho de ultra-som.

A suspensão de microesferas de poliestireno auto-fluorescentes (diâmetro de 4.5 μm e densidade de 1.045 g/mL) foi adquirida da Polyscience Incorporation, Warrington, Pensilvânia, EUA.

Etapa I: Ensaios em escala de bancada

Nessa etapa experimental foram realizados testes de jarros adaptados para filtração direta, conforme metodologia proposta por Di Bernardo, Mendes, Brandão, Sens e Pádua (2003), para a construção do diagrama de coagulação e determinação das condições ótimas de remoção de turbidez e absorvância a 254 nm (UV_{254}) para a água de estudo.

Utilizou-se quitosana em dosagens de 0.5 a 5 mg/L (incrementos de 0.5 mg/L) e valores de pH de coagulação entre 5.0 e 8.

Etapa II: Ensaios em escala piloto

Nesta etapa foi avaliada a remoção de microesferas, turbidez, cor aparente e matéria orgânica em unidade de filtração direta ascendente. A instalação piloto utilizada para a realização dos ensaios de filtração foi projetada por Nascimento (2009) (Figura 1). A instalação era constituída pelos seguintes componentes: Reservatório de água de estudo sem microesferas (capacidade de 500 L); Reservatório de água de estudo com microesferas (capacidade de 150 L); Bomba de alimentação de água de estudo; Reservatório de coagulante; Bomba peristáltica para dosagem do coagulante; Dispositivo de mistura rápida (DMR) do tipo injetor hidráulico; Tomadas piezométricas; Filtro direto ascendente com meio filtrante de areia; Câmara de carga; Bomba destinada à lavagem do filtro e Reservatório de água de lavagem.

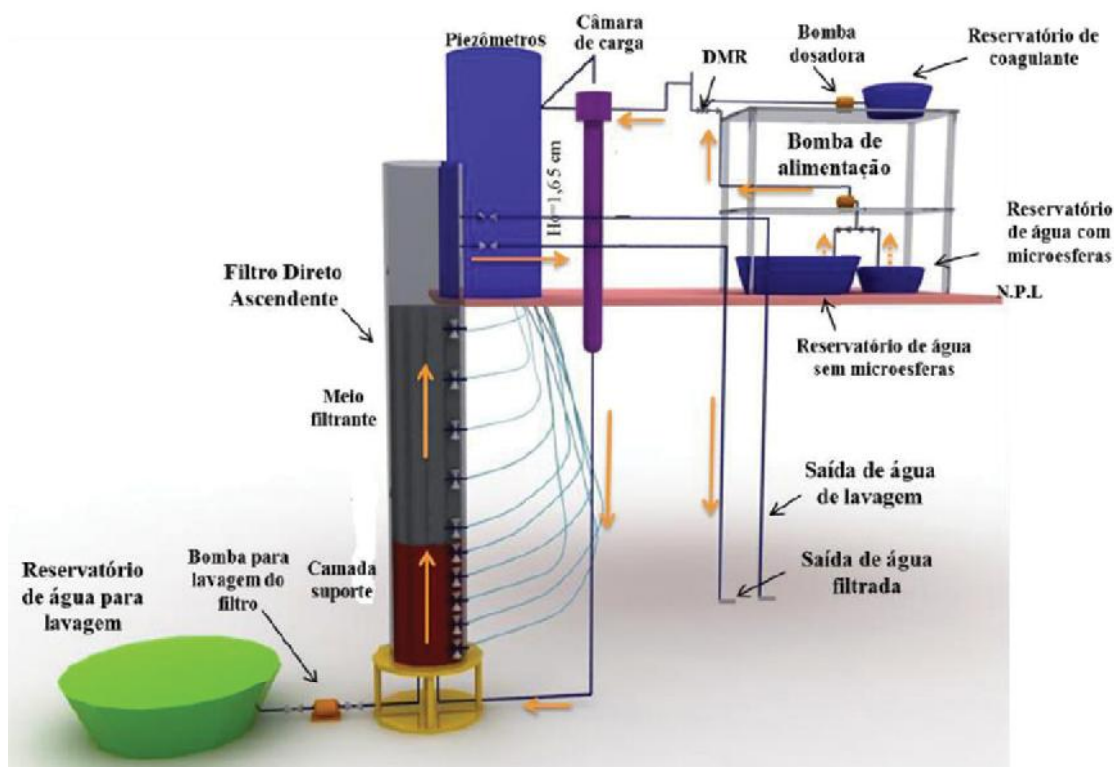


Figura 1. Esquema da instalação piloto.

Foram realizados seis ensaios de filtração, com taxa de 120 m³/m².d. As condições de coagulação testadas nos experimentos de filtração foram definidas com base no diagrama de coagulação e confirmadas por meio de teste de jarros que eram realizados antes do início dos ensaios. Nos quatro primeiros ensaios foi avaliada a dose ótima de coagulação. No ensaio 5 foi adotada uma dose 20% acima da ótima e no ensaio 6 foi utilizada uma dose 50 % menor que a dose ótima.

Após a definição da dose de coagulante, o pH da água de estudo era corrigido para atender ao pH de coagulação. Em seguida 120 L de água de estudo eram transferidos para o reservatório destinado à água de estudo inoculada com microesferas, onde era realizada a inoculação com microesferas em concentração de 10⁵ unidades/L. Para avaliar a eficiência de remoção de microesferas no período de amadurecimento do filtro, era alimentada água de estudo com microesferas durante o referido período (correspondente ao tempo de detenção hidráulica da unidade de filtração de 45 min). Transcorrido esse período, a alimentação de água de estudo com microesferas era interrompida e iniciava-se a alimentação com água de estudo isenta de microesferas. A alimentação com água de estudo contendo microesferas era reiniciada na quarta hora de operação do sistema, com o intuito de avaliar a remoção de microesferas no período de operação regular.

Ao final de cada ensaio de filtração era realizada a lavagem ascensional do filtro utilizando água da torneira com velocidade mínima de fluidificação de 1.54 m/min, correspondendo a uma expansão do meio filtrante de 18 cm, por um período de tempo de 30 minutos.

No decorrer dos experimentos, com duração aproximada de 7 horas, eram coletadas amostras de água de estudo, água coagulada e água filtrada para análise de turbidez e pH. A amostragem era realizada inicialmente a cada 15 minutos, e quando atingido o tempo de detenção a frequência de coleta passava a ser de 30 minutos. Paralelamente eram monitoradas a vazão e a perda de carga do sistema por meio de leituras piezométricas. A alcalinidade e a cor aparente foram monitoradas na água de estudo

e na água filtrada no período de amadurecimento e no final do período de operação regular.

Para detecção e enumeração das microesferas era realizada a coleta de três amostras: água de estudo inoculada com microesferas (AE); água filtrada durante o período de amadurecimento (AFA); e duas amostras referentes ao período de operação regular do filtro; a primeira aos 45 minutos após o início da inoculação (AFR_45) e a segunda uma hora após (AFR_1h). A fim de assegurar a detecção de microesferas na água filtrada, considerando possíveis remoções entre 3 e 4 log, foram coletados volumes das amostras AFR_45, AFR_1h de 2L e de 1L de AFA. Em virtude da elevada concentração de microesferas inoculada na água de estudo, era coletada uma alíquota de apenas 30 mL de amostra imediatamente após a inoculação das microesferas.

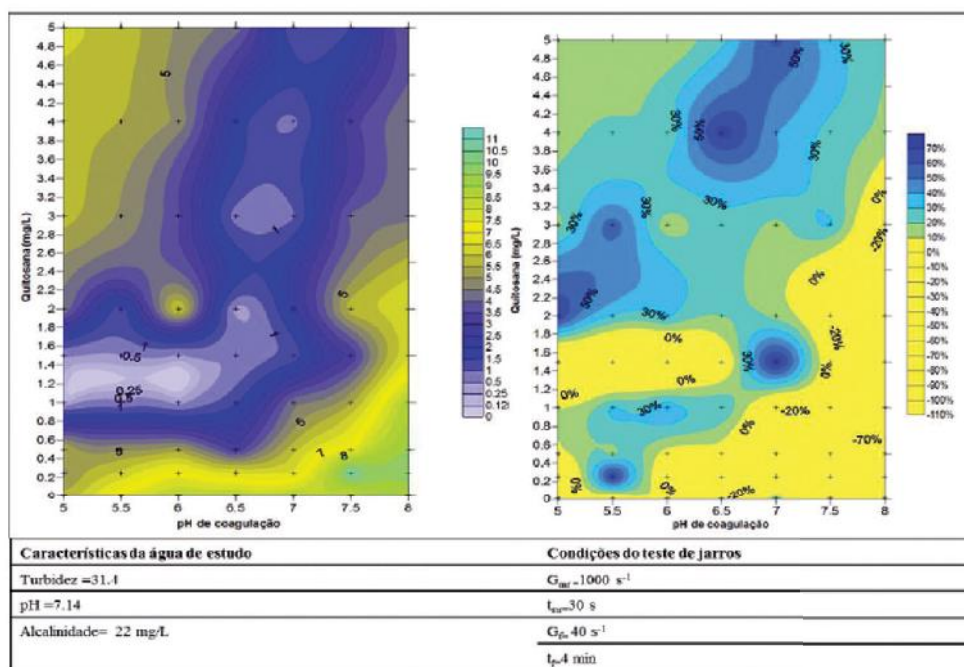
O procedimento de recuperação das microesferas na água de estudo e água filtrada foi realizado em duplicata e seguiu a metodologia proposta por Cerqueira (2008). Essa metodologia consiste na filtração de alíquotas das amostras através de membranas filtrantes de éster de celulose e tamanho de poros 0,45 µm. Após a filtração, as microesferas eram recuperadas das membranas filtrantes por raspagem com o auxílio de um raspador de células e adição de 2 mL de solução de PBST. As suspensões de microesferas eram, então, transferidas para tubos Falcon e preservadas a 4°C para posterior contagem.

Para efetuar a contagem das microesferas recuperadas, alíquotas de 1 mL da suspensão de microesferas eram transferidas dos tubos Falcon para uma câmara de Segdwick-Rafter. A contagem era realizada por microscopia de fluorescência (FITC) usando microscópio Leica Modelo DM LB2 e aumento de 100X.

Resultados e discussão

Etapa I: Ensaios em escala de bancada

Na Figura 2 são apresentados os diagramas de coagulação correspondentes à turbidez no efluente filtrado e a porcentagem de remoção de absorbância para todas as condições testadas.



G_{mr} : Gradiente de velocidade para a mistura rápida; t_{mr} : tempo de mistura rápida; G_{fr} : Gradiente de velocidade para a floculação; t_{fr} : tempo de floculação.

Figura 2. Diagramas de coagulação da água de estudo com turbidez moderada utilizando quitosana como coagulante – turbidez residual e redução de absorbância ($UV_{254 \text{ nm}}$).

Verifica-se que para doses de quitosana entre 1 mg/L e 1.5 mg/L e valores de pH entre 5 e 6.4, existe uma região bem definida de eficiência de remoção de turbidez de 99.2%, correspondente a valores de turbidez residual do efluente de até 0.5 uT, valor prescrito pela legislação brasileira, Portaria MS nº 2914/2011, para efluentes de filtros rápidos (Ministério da Saúde, 2011).

Além disso, verifica-se que com o uso da quitosana em doses entre 1 e 1.4 mg/L e valores de pH entre 5 e 6.3, é possível se obter água filtrada com valores de turbidez inferiores ao limite de 0.3 uT estabelecido pela referida Portaria quando a concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. nos pontos de captação de água do manancial de abastecimento apresenta valor médio a partir de 3.0 oocistos/L.

Por outro lado, pode ser constatado que o uso da quitosana entre 1 e 1.5 mg/L em valores de pH superiores de 6.4, bem como entre 0 e 0.9 mg/L e em doses acima de 1.5 mg/L para toda a faixa de valores de pH testados, a remoção de turbidez é afetada com valores de turbidez residual no efluente que não atendem ao padrão de potabilidade brasileiro.

As condições de coagulação ótimas diferem daquelas encontradas em outros estudos (Capelete e Brandão, 2013; Fonseca, Ferraz, Ginoris, Nascimento e Brandão, 2014) que avaliaram o desempenho da quitosana na remoção de turbidez de água do lago Paranoá por meio de ensaios de coagulação/floculação/sedimentação e ensaios de coagulação/floculação/filtração, respectivamente. Capelete e Brandão encontraram máxima remoção de turbidez para valores de pH na faixa de 6.5 a 7.5 e doses entre 1 mg/L e 1.5 mg/L. Entretanto, Fonseca *et al.* (2014), obtiveram boa eficiência com doses de quitosana de 0.8 a 5 mg/L em valores de pH entre 5.7 e 7. Estas divergências de resultados podem ser resultantes das diferenças na concentração e na natureza das partículas nas águas de estudo. Diferente do presente estudo, em que a turbidez da água foi induzida com caulinita, nesses trabalhos a turbidez natural da água de estudo é causada por material de natureza orgânica principalmente microalgas, o que pode promover interações diferentes da quitosana com essas partículas.

No diagrama de absorvância observa-se que nas condições de maior eficiência de remoção de turbidez a quitosana consegue remover 30% da absorvância (UV_{254nm}) inicial. Entretanto, verifica-se que existem 4 regiões bem restritas onde foi observada maior remoção de absorvância (até 70%): na dose de 0.25 mg/L e pH 5.5, em 2 mg/L e pH 5, 1.5 mg/L e pH 7 e na dose de 4 mg/L no pH 6.5. Por outro lado, verificasse uma região ampla em que não ocorreu remoção de absorvância localizada perto da região ótima de remoção de turbidez nas doses entre 1 mg/L e 1.7 mg/L na faixa de pH de 5 a 6.5. E ainda condições em que senão houve remoção o uso da quitosana resultou em aumento do material orgânico na água, como foi nos valores de pH de 6.5 a 8 com doses crescentes de quitosana até 3.5 mg/L.

Como o valor inicial de absorvância da água de estudo foi baixo, não representando risco de

formação de subprodutos da desinfecção, optou-se por utilizar nos ensaios de filtração as condições ótimas de coagulação que resultam em maior remoção de turbidez. Dessa forma, foram escolhidos com base no diagrama de coagulação para remoção de turbidez o pH de coagulação de 6.0 bem como as doses ótima, subdosagem e superdosagem de coagulação. Para a condição de dosagem ótima foi escolhida a faixa de trabalho de 0.8 até 1.2 mg/L para o coagulante buscando obter valores de turbidez residual de 0.3 uT. A dose subdosagem de quitosana escolhida foi 50% menor que a ótima e a dose superdosagem foi definida como 20% superior a dose ótima.

Etapa II: Ensaios em escala piloto

Na Tabela 1 é apresentado um resumo das condições estudadas em cada ensaio de filtração bem como as características da água de estudo e da água filtrada nos ensaios de FDA.

Tabela 1. Resumo dos ensaios de filtração direta ascendente e resultados de turbidez residual e remoção de microesferas.

Ensaio	Dose de quitosana (mg/L)	pH AC	Água de estudo	Água filtrada (Turbidez média)			Remoção (log) de microesferas	
		Variação	Turbidez média	AFA	AFR	AFi	AFA	AFR_1h
1	1 (DO)	5.45 - 6.06	27.5	1.64	0.25 - 0.57	0.3	3.7	4.83
2	0.9 (DO)	5.72 - 6.4	25.1	14	0.21 - 0.4	0.23	3.56	4.91
3	0.9 (DO)	5.85 - 6.31	29	5.43	0.15 - 0.41	0.36	3.2	4.47
4	1 (DO)	5.53 - 6.23	30.3	1.16	0.16 - 0.3	0.21	4.25	4.43
5	1.2 (SD)	5.55 - 6.05	28.3	6.93	0.27 - 1.16	0.45	3.35	3.63
6	0.5 (SUD)	5.71 - 6.38	28.7	1	0.2 - 0.4	0.3	3.99	3.83

DO: Dose ótima; SD: Superdosagem; SUD: Subdosagem; AFA: Água filtrada no período de amadurecimento; AFR: Água filtrada na operação regular do filtro; AFi: Água filtrada no período de inoculação.

Pode ser constatado que em todos os ensaios realizados a turbidez do efluente do filtro no período de amadurecimento apresentou valores consideravelmente superiores a 0.3 uT. Esses valores também foram maiores que os observados durante operação regular do filtro. Tal comportamento, está associado

à eficiência da lavagem do filtro que influencia de forma negativa nos mecanismos de aderência nesta fase inicial da carreira de filtração. A vulnerabilidade do filtro ascendente em relação a eficiência de remoção de turbidez durante esse período também foi relatada por Nascimento (2009).

O baixo desempenho do filtro na remoção de turbidez também foi acompanhado pelas menores remoções de microesferas nesse período em todas as condições experimentais avaliadas, com exceção do ensaio 6 referente à condição de subdosagem de quitosana. Contrário ao esperado, para esse período inicial, a remoção de microesferas foi maior do que no período regular de operação, o que pode estar relacionado a erros na contagem das microesferas, sendo necessários ensaios adicionais para confirmar tais resultados.

Pode ser observado que nos ensaios conduzidos com dose ótima de quitosana, exceto no ensaio 1, a turbidez da água filtrada, no período regular de operação, manteve valores abaixo de 0.5 uT, preconizado pela legislação brasileira para água produzida em unidades de filtração rápida. Uma possível explicação para o maior valor de turbidez observado no ensaio 1 podem estar atreladas às variações da vazão fornecida pela bomba de alimentação da água de estudo que causaram oscilações do valor do pH de coagulação ótimo ao longo da carreira de filtração, comprometendo o desempenho do filtro.

No intervalo de alimentação de água com microesferas a turbidez média residual apresentou valores de até 0.3 uT nos ensaios 1, 2 e 4, conduzidos com dose ótima de quitosana. Esse valor de turbidez para a água filtrada é recomendado pela Portaria MS 2914/2011 quando água do manancial de abastecimento no ponto de captação apresenta concentração de oocistos com média aritmética a partir de 3 ooc/L. Deve ser ressaltado, que nessas condições, o menor valor de turbidez residual não coincide com a maior remoção de microesferas.

Observa-se ainda que no ensaio 3, embora realizado em condição ótima de coagulação, a turbidez residual no intervalo de alimentação de microesferas foi levemente superior a 0.3 uT. Contudo, a remoção de microesferas no referido intervalo foi comparável com a observada no ensaio 4.

Esses resultados reforçam a necessidade de obter valores turbidez da água filtrada de 0.3 uT ou menores para ter maior garantia de elevadas remoções de partículas similares aos oocistos.

Em estudo relacionado, utilizando a mesma instalação piloto, no tratamento de água do Lago Paranoá com 30 uT induzida com caulinita, usando sulfato de alumínio como coagulante, Nascimento (2009) obteve valores de turbidez no efluente do filtro ascendente similares aos encontrados neste trabalho no período de operação regular, ao utilizar dose ótima de sulfato de alumínio entre 12 e 18 mg/L. As doses ótimas de quitosana empregadas no presente estudo representam entre 5.6 e 8.3 % das doses de sulfato de alumínio necessárias para atingir o mesmo nível de remoção de turbidez encontrado no estudo de Nascimento (2009).

Em relação aos ensaios efetuados em condições não ótimas de coagulação verifica-se que no ensaio 5 a dose 20% superior à ótima pode ter levado à reestabilização da carga das partículas, resultando em aumento da turbidez residual e consequente diminuição da eficiência de remoção de microesferas de 0.65 log comparado com as remoções obtidas nas condições ótimas de coagulação.

No ensaio 6, realizado com dose de quitosana 50% menor do que a ótima, a turbidez foi removida efetivamente pelo filtro durante o período regular de operação incluindo o intervalo de alimentação das microesferas. Entretanto, a remoção de partículas com dimensões similares aos oocistos de *Cryptosporidium* foi reduzida em 0.98 log em relação aos ensaios desenvolvidos com dose ótima de quitosana.

Em trabalho desenvolvido por Brown & Emelko (2009) para avaliar a remoção de microesferas (10^7 unidades/L) e oocistos de *Cryptosporidium* (10^7 unidades/L) por meio de filtração descendente no tratamento de água da torneira com turbidez induzida com caulinita (2.5 - 5 uT) foram utilizados diferentes coagulantes, entre eles a quitosana. Em condições de coagulação ótima (dose= 3 mg/L; pH= 7.3) foram observadas remoções similares de oocistos de *Cryptosporidium* e microesferas (4.2 e 4.1 log), comparáveis com a remoção obtida (4.6 log) nos ensaios de filtração realizados em condição ótima de coagulação do presente estudo (dose = 0.9 - 1 mg/L; pH= 6). Quando os autores avaliaram uma dose 50% menor que a ótima (1.5 mg/L), houve afetação da remoção

de microesferas (2 log) e oocistos (1.7 log). A remoção de microesferas foi menor do que a remoção observada nessa pesquisa (3.6 log) no período regular da carreira de filtração com o uso de uma dose 50% menor que a ótima. Essa maior remoção de microesferas encontrada no presente estudo pode ter sido promovida pela maior turbidez da água de estudo resultando em maior retenção das partículas de tamanho similar aos oocistos no filtro.

Por se tratar de um polímero de natureza orgânica, avaliou-se se nas condições de coagulação

testadas nos ensaios de filtração contribuía para o aumento da absorbância da água. Na Tabela 2, são apresentados os valores de absorbância ($UV_{254\text{ nm}}$) obtidos para a água de estudo (AE) e para água filtrada no período de amadurecimento (AFA) e no período regular de operação (AFR).

Pode ser constatado que em todas as condições de coagulação testadas nos ensaios de filtração o uso de quitosana promoveu redução dos valores de absorbância ($UV_{254\text{ nm}}$) na água filtrada tanto no período inicial como na operação regular do filtro.

Tabela 2. Valores de Absorbância (254 nm) da água de estudo nos experimentos de filtração.

Ensaio	Absorbância AE	Absorbância água filtrada		% Remoção de Absorbância	
		AFA	AFR	AFA	AFR
1	3.60	1.90	1.70	47.22	52.78
2	3.71	3.00	2.12	19.21	42.83
3	3.47	2.00	1.90	42.31	45.19
4	3.90	1.50	1.10	61.54	71.79
5	3.27	1.90	2.30	41.96	29.74
6	4.40	1.70	1.78	61.36	59.66

Com base no estudo de García & Moreno (2012), a faixa de valores de absorbância obtidas para a água filtrada nos períodos de amadurecimento e de operação regular correspondem a uma concentração de trihalometanos de aproximadamente 0.016 mg/L. Esse valor não excede de 0.1 mg/L preconizado pela Portaria MS 2914/2011 para água destinada a consumo humano.

Conclusões

O diagrama de coagulação revelou que a quitosana é efetiva na remoção de turbidez de água com turbidez moderada induzida com caulinita. As doses entre 1 mg/L e 1.5 mg/L e valores de pH entre 5 e 6.4, forneceram as máximas remoções com valores de turbidez da água filtrada que atendem ao padrão de

potabilidade brasileiro. Entretanto, a quitosana não se mostrou eficiente na remoção de absorbância. A região que proporcionou a maior remoção deste parâmetro (70%) não coincidiu com a região de máxima remoção de turbidez. Nessas condições a remoção de absorbância foi de 30%.

A maioria dos ensaios de filtração em escala piloto, conduzidos com dose ótima de quitosana (0.9 a 1 mg/L) apresentaram resultados satisfatórios, com valores de turbidez residual que atenderam ao padrão de potabilidade tanto em ausência de oocistos de *Cryptosporidium* na água bruta como para situações em que o manancial apresenta concentrações desse protozoário a partir de 3 ooc/L. Nessas condições foram obtidas remoções de microesferas de 4.4 a 4.9 log e remoção média de absorbância de 50%.

Em geral, foi constatado que na condição de dose ótima, valores de turbidez da água filtrada de 0.3 uT ou menores não se correspondem com as maiores remoções de microesferas indicando que esses valores de turbidez não são garantia de remoção efetiva de partículas com dimensões similares aos oocistos de *Cryptosporidium*.

É importante promover remoções de turbidez bem elevadas para garantir eficiência na remoção de partículas similares aos oocistos.

Na condição de superdosagem foi comprometido o desempenho do filtro com turbidez residual de 0.45 uT que não atendeu o padrão de potabilidade, acompanhada da redução de remoção de microesferas em 0.65 log quando comparada com as condições ótimas de coagulação. Por outra parte, o uso de uma dose 50 % menor que ótima embora tenha resultado em bom desempenho do filtro em termos de turbidez com valor que atendeu ao atingido o padrão de potabilidade, a remoção de partículas com tamanho similar aos oocistos foi afetada conforme indicado pela menor remoção de microesferas em relação aos ensaios efetuados com dose ótima de quitosana.

Agradecimentos. – Às pessoas que colaboraram no desenvolvimento desta pesquisa e à CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Literatura citada

1. Ministério da Saúde, Portaria Nº 2914 (2011). Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF.
2. Brown, T. J. & Emelko, M. B. (2009). Chitosan and metal salt coagulant impacts on *Cryptosporidium* and microsphere removal by filtration. *Water Research*, 43, 331-338.
3. Capelete, B. C. & Brandão, C. CS. (2013). Evaluation of trihalomethane formation in treatment of water containing *Microcystis aeruginosa* using chitosan as coagulant, *Water Science & Technology: Water Supply*, 13(4), 1167-1173.
4. Cerqueira, D.A. (2008). Remoção de oocistos de *Cryptosporidium parvum* e de indicadores no tratamento de água por Ciclo Completo, Filtração Direta Descendente e Dupla Filtração, em escala piloto. Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
5. Di Bernardo, A. S. (2004). Desempenho de sistemas de dupla filtração no tratamento de água com turbidez elevada. Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
6. Di Bernardo, L., Mendes, C.G.N., Brandão, C.C.S., Sens, M.L. & Pádua, V.L. (2003). Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro, Brasil: ABES.
7. Fonseca, B., Ferraz, G., Ginoris, Y., Nascimento, M. & Brandão, C. CS. (2014). Avaliação do desempenho da quitosana como coagulante no tratamento de água por filtração direta ascendente. En K. Bella, *XII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental realizado em Natal, Brasil*.
8. García, I. & L. Moreno (2012). Removal of nitrogen and carbon organic matter by chitosan and aluminium sulphate. *Water Science and Technology: Water Supply*, 12(1), 1606-9749.
9. Nascimento, M.F (2009). Remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por meio da Filtração Direta Ascendente em areia: avaliação em escala piloto. (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
10. Vasyukova, E., Terrichova, M., Azevedo, J., Brandão, C.C.S. & Uhl, W. (2010). Influence of Chitosan Coagulation on Desinfection by Products Formation Potential. In IWA – International Water Association, IWA World Water Congress conducted in Montreal, Canada.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 17 de febrero de 2016
Aceptado: 06 de abril de 2016

Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico por sitio de la fertilidad del suelo

Production of coffee (*Coffea arabica* L.) in response to specific handling by site of soil fertility

Produção de café (Coffea arabica L.) em resposta ao manejo específico por local da fertilidade do solo

Luz Adriana Lince Salazar¹ & Siavosh Sadeghian Khalajabadi²

¹Geóloga, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. ²Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Agrarias énfasis Suelos, Doctor en Ciencias Agropecuarias énfasis Fisiología Vegetal

¹Centro Nacional de Investigaciones de Café- CENICAFE. Manizales. Colombia

¹luz.lince@cafedecolombia.com, ²siavosh.Sadeghian@cafedecolombia.com

Resumen

El estudio de la variabilidad espacial es el principal insumo para el manejo específico por sitio MES, con el fin de optimizar los recursos, al reducir los costos de producción de los cultivos y el impacto negativo sobre el ambiente. Con el objetivo de determinar el efecto del MES en la producción del café, durante los años 2011 y 2012 se realizó un experimento del manejo de la fertilidad del suelo en café (*Coffea arabica* L.), Variedad Castillo® en lotes con áreas diferentes (1,0, 2,0 y 3,5 ha), ubicados en tres fincas del departamento del Quindío, Colombia. Se evaluó el efecto de tres tratamientos en la producción de café cereza: i) testigo sin fertilización; ii) manejo de acuerdo a los resultados de los análisis de suelo, logrados mediante un muestreo convencional en zig-zag y, iii) manejo por sitio específico conforme lo indicaron las áreas homogéneas, obtenidas mediante mapas de variabilidad espacial. En ninguno de los lotes hubo efecto de los tratamientos, respuesta que se relacionó con uno o más de los siguientes

factores: tiempo relativamente corto de evaluación, fertilidad del suelo, reservas de los nutrientes en las plantas, y el número reducido de repeticiones (tres por tratamiento).

Palabras clave: *Coffea arabica* L., fertilización, variabilidad espacial, geoestadística

Abstract

The study of variability it is the main input for site specific management SSM, with which resources are optimized by reducing input costs and the negative impact on the environment. With the aim to determine the effect to MES in coffee production, during the years 2011 and 2012, an experiment management of soil fertility in coffee (*Coffea arabica* L.) Castillo® variety was made. In three lots have different areas (1.0, 2.0, and 3.5 ha), and they are located on three farms in the department of Quindío, Colombia. The effect of three treatments of fertilization of

cherry coffee was evaluated: (i) witness without fertilization; (ii) management according to the results of the analysis of soil, using conventional sampling, and (iii) site-specific management according to homogeneous areas, obtained by spatial variability maps. None of the lots showed effect of the treatments. This response was related with one or more of the following factors: the relatively short time of evaluation, soil fertility, reserves of nutrients in the plants, and the small number of repetitions (three per treatment).

Key-words: *Coffea arabica* L., fertilization, spatial variability, geostatistical

Resumo

O estudo da variabilidade espacial é o principal insumo para o manejo específico por local (MES), com a finalidade de otimizar os recursos, reduzindo os custos de produção das culturas e o impacto negativo sobre o ambiente. Com o objetivo de determinar o efeito do MES na produção de café, nos

anos 2011 e 2012, foi realizado um experimento de manejo da fertilidade do solo no

café (*Coffea arabica* L.), Variedad Castillo® em locais com áreas diferentes (1,0, 2,0 e 3,5 ha), localizados em três fazendas do estado de Quindío, Colômbia. Foi avaliado o efeito dos três tratamentos na produção de café cereja: i) controle sem fertilização; ii) manejo em concordância com os resultados da análises de solo, obtidos fazendo amostragem convencional em zigzag e, iii) manejo por local específico conforme indicaram as áreas homogêneas obtidas a partir de um mapa de variabilidade espacial. Em nenhum dos locais houve efeito dos tratamentos, essa reposta foi relacionada com alguns dos fatores seguintes: tempo relativamente curto de avaliação, fertilidade do solo, reservas dos nutrientes nas plantas e número reduzido de repetições (três por tratamento).

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., fertilização, variabilidade espacial, geoestatística

Introducción

La producción de las especies cultivadas cambia a cortas y largas distancias en virtud de la variabilidad del clima, el suelo y el manejo (Blackmore *et al.*, 2003; Aggelopoulou *et al.*, 2013). En cuanto a este último factor, la fertilización ha sido señalada como la principal causa (de Paul & Lal, 2014; Barik *et al.*, 2014). El conocimiento de la variabilidad espacial es una herramienta con la que se define el manejo por zonas homogéneas, que permite hacer un Manejo Específico por Sitio-MES (Ferguson *et al.*, 2003), por medio del cual se optimizan los recursos al reducir los costos (Cid-García *et al.*, 2013) y el impacto negativo sobre el ambiente, que lo convierte en una de las estrategias de adaptación al cambio climático (Lal, 2004).

Los procedimientos que comúnmente se emplean para establecer zonas homogéneas son la

representación de la variabilidad mediante mapas de contornos y la simulación estimada de la varianza de los valores de la interpolación (Goovaerts, 1998); en este sentido, los aspectos de mayor interés han sido las propiedades del suelo y la producción (Blackmore, 2000; Ferguson *et al.* 2002; Pedroso *et al.*, 2010; Zhu *et al.*, 2013). Son ejemplo de lo anterior los estudios desarrollados por Moral *et al.* (2010), Kweon (2012), Scudiero *et al.* (2013), Peralta y Costa (2013) y Mouazen *et al.* (2014), basados bien sea en el análisis de las propiedades del suelo a nivel de laboratorio, o a través de la evaluación de la conductividad eléctrica medida en campo o mediante cambios geomorfológicos.

La interpolación se puede realizar por dos vías, la determinística y la geoestadística. En la determinística se tiene el método inverse distance weighted —IDW—, que determina los valores

partiendo del supuesto de que el valor en un punto no muestreado puede ser aproximado como un promedio ponderado de los valores en puntos situados a una cierta distancia referencia (Mitasova, 2008) y la geoestadística se basa en la teoría de regionalización de variables, con el uso de semivariogramas y métodos de predicción o extrapolación, con un nivel de confianza determinado (Wilding y Drees, 1983). Sus mayores aplicaciones para suelos, están en el mapeo de unidades, el estudio de génesis y el comportamiento de algunas propiedades físicas como límites de Atterberg y distribución de tamaño de partículas, y en menor proporción para la predicción de los nutrientes y la distribución de contaminantes (plaguicidas) (Krasilnikov *et al.*, 2008), debido que para estos casos la semivarianza raramente muestra un modelo idealizado (Campbell, 1978; Burgess y Webster, 1980; Hattab *et al.*, 2013).

Entre los estudios de MES de la fertilidad del suelo se pueden mencionar los realizados por Ortega y Santibáñez (2007) para el cultivo de maíz en Chile; Calderón *et al.* (2008) para el cultivo del mango en Colombia; Rodríguez *et al.* (2008) para el cultivo de maíz en Colombia; Tesfahunegn *et al.* (2011) para la planificación agrícola, forestal y servicios ambientales en Etiopía; Davatgar *et al.* (2012) para el cultivo de arroz en Irán. Pese al incremento constante en el uso del MES durante las últimas décadas, los resultados de algunas investigaciones sugieren que en parcelas pequeñas e irregulares es más complejo su implementación que el manejo convencional (Mouazen, *et al.* 2014). Al respecto, Cid-García *et al.* (2013) sostienen que es posible regularizar las áreas de los lotes mediante algoritmos de variabilidad.

Para Espinosa *et al.* (2005) la adopción del MES en los cultivos perennes que se cosechan manualmente, presenta ciertos retos relacionados con el alto costo inicial de la implementación, el desconocimiento de herramientas tecnológicas y la falta de monitoreo mecánico del rendimiento. Dicha situación se asemeja a las condiciones del cultivo de café en Colombia, del que se encuentra poca información al respecto; razón por lo que

se realizó la siguiente investigación con el fin de determinar el efecto del MES en la producción del café a nivel de lote.

Materiales y métodos

El experimento se realizó entre los años 2011 y 2012, en la región cafetera del departamento del Quindío, en el flanco occidental de la cordillera central de Colombia, en las unidades de suelo Chinchiná y Quindío (*Typic Melanudands* y *Typic Hapludands* respectivamente), según la denominación de la Federación Nacional de Cafeteros.

Se trabajó en tres lotes de café con diferentes áreas (1,0, 2,0 y 3,5 ha), ubicados en las fincas La Bella (municipio de Calarcá, vereda La Bella), La Herradura (municipio de Armenia, vereda Murillo) y El Cortijo (municipio de Armenia vereda Mesopotamia), respectivamente. Geomorfológicamente el lote de 1,0 ha estaba conformado por dos subunidades geomorfológicas, una sima plana ubicada en las regiones norte y oeste, y otra zona de ladera o desprendimiento en la región centro occidental; el lote de 2,0 ha por una unidad geomorfológica de ladera con dirección de desprendimiento suroccidental, y el lote de 3,5 ha conformado por tres subunidades, una plana ubicada en la región más oriental, una secuencia de pequeñas laderas y simas producto de drenajes intermitentes, localizados en la región central y, finalmente, una zona de inclinación inferior a los 20° en la parte más oriental del lote. Los tres lotes estaban plantados con Variedad Castillo®, cuyas edades al inicio del experimento fueron de tres años, a plena exposición solar, densidades de siembra de 7700, 6400 y 7000 plantas/ha para los lotes de 1,0, 2,0 y 3,5 ha, respectivamente, y el manejo agronómico recomendado por Cenicafé. Cada uno de los lotes fue georreferenciado mediante un sistema en retícula de 20 m x 20 m y en cada punto se tomaron muestras compuestas de suelo (cuatro submuestras por punto) a una profundidad de 0 a 20 cm, adicionalmente, se realizó un muestreo en zigzag para cada uno de los lotes, conformado por 15 submuestras, también tomadas de 0 a 20 cm.

Para ambos tipos de muestreo se evaluaron las siguientes propiedades, según las metodologías de análisis descritas por Carrillo (1985): pH, MO, P, K, Mg, Ca y Al.

Para la espacialización de las variables se partió de un análisis exploratorio, enfocado en tendencia central y dispersión, mediante el software Statgraphics; además, se tomó la distribución de las variables en las clases o rangos establecidas por Sadeghian (2008), como criterio para determinar cuáles de ellas requerían de espacialización por contar con representación superior al 10 % en dos o más clases. En la interpolación se tuvieron en cuenta los métodos geoestadístico y determinístico (IDW inverse distance weighted). Para la aplicación del primero se verificó que el número de pares de datos fuera mayor o igual a 50 (Villatoro *et al.*, 2007), que se cumpliera con los supuestos geoestadísticos de normalidad, tendencia y estacionariedad, y se calcularon mediante asimetría y curtosis (-2 y 2), curvatura en el plano X-Y, y mapas de Voronoi, respectivamente. Posterior a la aplicación del método de interpolación, para obtener las zonas homogéneas los mapas se clasificaron de acuerdo a las categorías establecidas por Sadeghian (2008) para fertilización de cafetales en etapa de producción. El software empleado para la totalidad de este proceso fue ArcMap versión 10.

Con el fin de evaluar el efecto de la fertilización en la producción de café, basado en el estudio de espacialización, en cada lote se seleccionaron tres zonas contrastantes (tres bloques); en cada uno se establecieron tres parcelas de 45 plantas (21

efectivas) que correspondieron a los tratamientos: i) testigo sin fertilización; ii) manejo de N, P, K y cal para la corrección de acidez, acuerdo a los resultados de los análisis de suelo, logrados mediante un muestreo convencional en zigzag y, iii) manejo por sitio específico, conforme lo indicaron las áreas homogéneas, obtenidas mediante mapas de variabilidad espacial, en el cual se aplicaron dosis de fertilizantes para N, P y K, además de cal para la corrección de acidez. En cada una de las fincas se registró la producción de café cereza durante 20 meses: abril a diciembre de 2011 y enero a diciembre de 2012. Se realizó un análisis de varianza con el fin de evaluar el efecto de los tratamientos en la producción obtenida en cada año y el acumulado. El software empleado para el análisis estadístico de la evaluación de los tratamientos fue Statgraphics Centurion 15.2.

Resultados y discusión

En el ámbito general se presentó el siguiente orden en el coeficiente de variación para las propiedades del suelo: P>Ca>K>Mg>MO>pH (Tabla 1), resultados que concuerdan con los reportes de Lozano *et al.* (2004) y Cora y Bachmeier (2006) y difieren parcialmente de los presentados por Sadeghian (2010), en los cuales K y P representan menor Variabilidad que Mg. La menor variabilidad del pH se puede deber a que éste se mide en escala logarítmica, y por consiguiente se reduce la expresión de la variabilidad, y la mayor variabilidad en P se atribuye a la relación que se da entre la aplicación de fertilizantes y la poca movilidad del elemento en el suelo (Roger *et al.*, 2014).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para las propiedades químicas de los suelos en lotes evaluados.

Estadístico	pH	MO	K	Ca	Mg	P
		(%)	(cmolc.kg-1)			(mg.kg-1)
Lote de 1,0 ha (n = 25)						
Mínimo	4,50	5,70	0,15	0,14	0,07	36,00
Máximo	5,20	9,40	0,52	1,94	0,40	280,00
Media	4,78	7,96	0,25	0,76	0,20	93,84
Mediana	4,80	8,20	0,23	0,61	0,19	78,00
Moda	4,80	9,40	0,20	0,37	0,19	78,00
CV (%)	3,00	13,00	37,00	63,00	35,00	65,00
Asimetría	0,52	-0,70	1,50	1,07	0,87	2,24
Curtosis	0,86	0,20	2,38	0,48	1,76	5,28
Lote de 2,0 ha (n = 50)						
Mínimo	4,30	4,00	0,08	0,46	0,13	5,00
Máximo	5,80	9,20	0,72	6,55	1,95	112,00
Media	5,14	6,57	0,24	2,24	0,54	27,62
Mediana	5,20	6,45	0,21	2,00	0,47	17,50
Moda	5,20	5,90	0,26	1,05	0,45	33,00
CV (%)	6,00	17,00	52,00	60,00	58,00	94,00
Asimetría	-0,38	0,14	1,68	1,14	1,95	1,74
Curtosis	0,72	0,16	3,70	1,31	7,02	2,27
Lote de 3,5 ha (n = 88)						
Mínimo	4,40	5,70	0,19	0,26	0,10	4,00
Máximo	5,90	18,10	1,22	4,31	1,18	32,00
Media	5,15	13,40	0,47	1,09	0,35	11,40
Mediana	5,10	13,60	0,41	0,91	0,32	11,00
Moda	5,10	10,90	0,34	1,03	0,30	9,00
CV (%)	5,00	18,00	44,00	67,00	49,00	43,00
Asimetría	0,15	-0,44	1,56	2,43	2,52	1,18
Curtosis	0,84	0,53	2,99	7,14	9,73	2,64

La categorización de las propiedades, indicó para el lote de 1,0 ha una distribución homogénea de pH, P, Ca y Mg (Figuras 1, 2, 3 y 4), sugiriendo un manejo generalizado de dichas variables; en contraste, la MO y K (Figuras 5 y 6) presentaron heterogeneidad, por lo tanto se definió un manejo diferencial. El lote de 2,0 ha solo la MO presentó valores en una única clase y en el lote de 3,5 ha todas las variables presentaron heterogeneidad; por ende, precisaron de manejo diferencial. Los resultados de variabilidad coinciden con lo reportado por Hu *et al.* (2014), Shi *et al.* (2014), Barba *et al.* (2013), Molina *et al.* (2014)

y Liu *et al.* (2015), quienes mencionan que esta aumenta con el incremento del tamaño del lote, además de verse afecta por el manejo y la topografía; siendo esta última la posible explicación por la que el lote de 1,0 ha presentó mayor variabilidad de MO en comparación con el lote de 2,0 ha, ya que en el primero la geomorfología estaba conformada por dos subunidades, una sima plana y una zona de ladera o desprendimiento en el que se reportaron los menores valores, mientras que el lote de 2,0 ha estaba representado por una subunidad geomorfológica conformada por una ladera de pendiente uniforme.

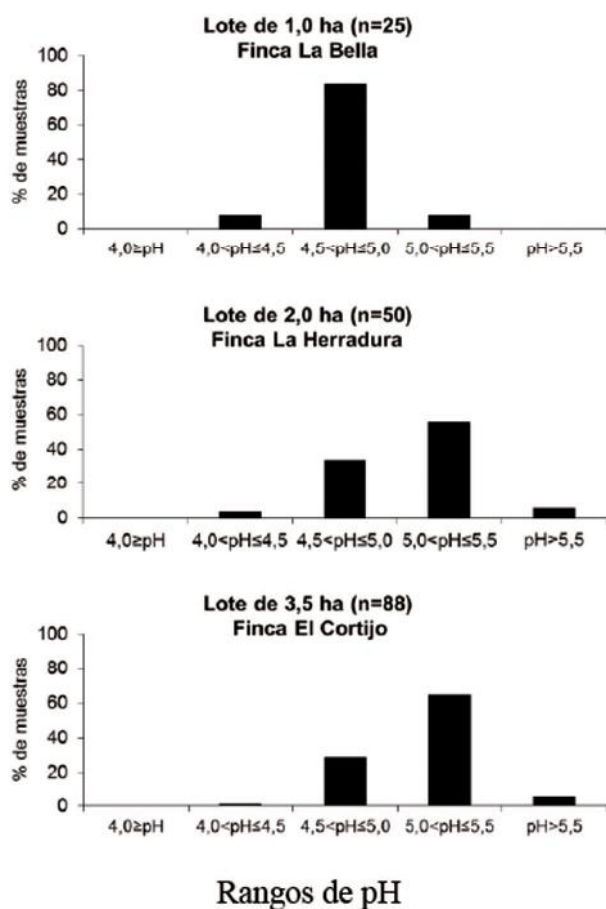


Figura 1. Histogramas de frecuencia para pH en los lotes evaluados.

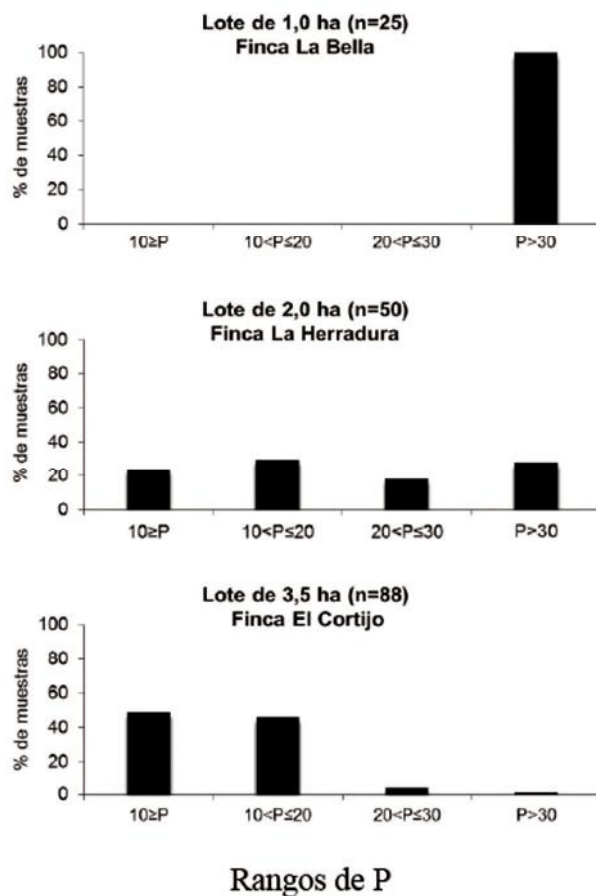


Figura 2. Histogramas de frecuencia para P (mg.kg⁻¹) en los lotes evaluados.

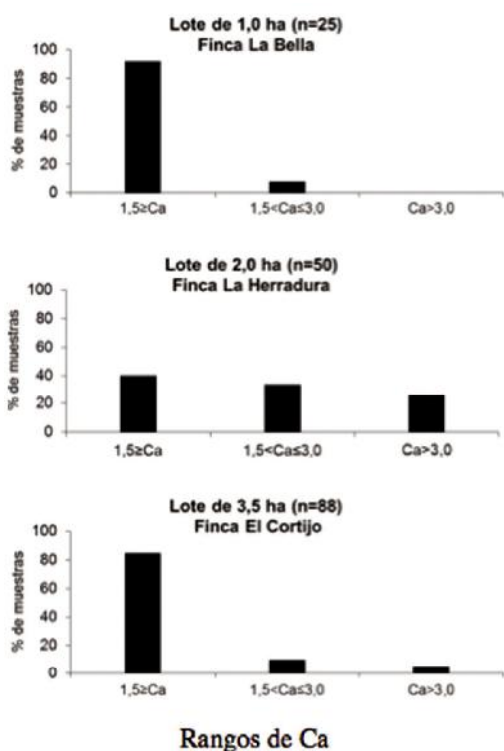


Figura 3. Histogramas de frecuencia para Ca ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) en los lotes evaluados.

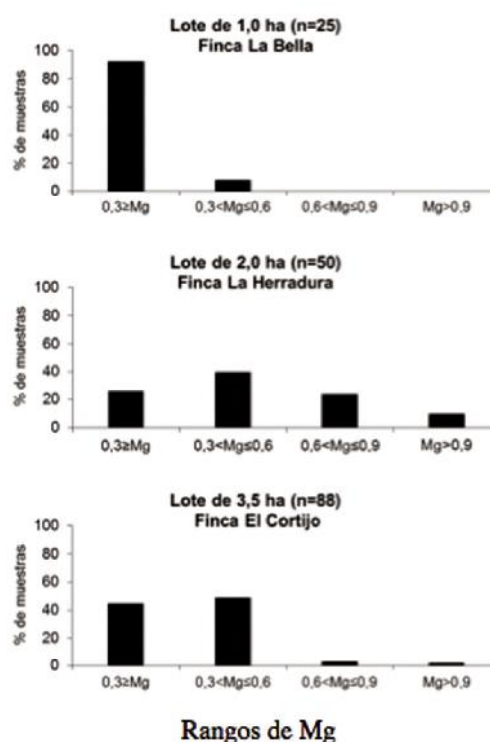


Figura 4. Histogramas de frecuencia para Mg ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) en los lotes evaluados.

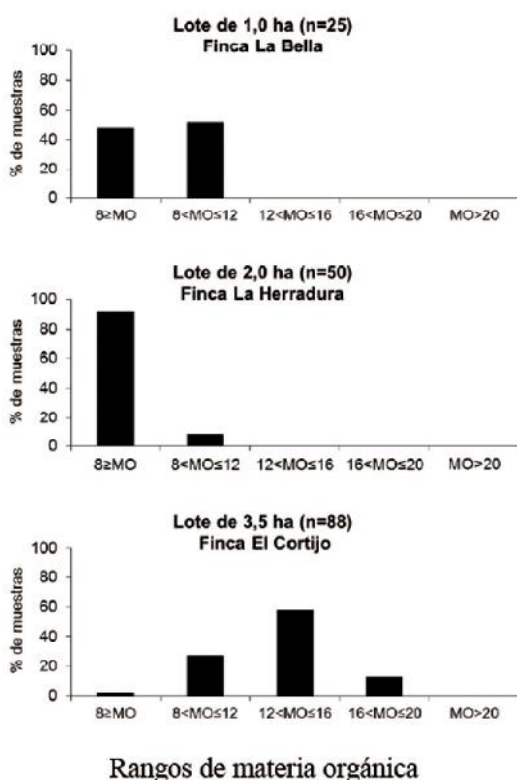


Figura 5. Histogramas de frecuencia para MO (%) en los lotes evaluados.

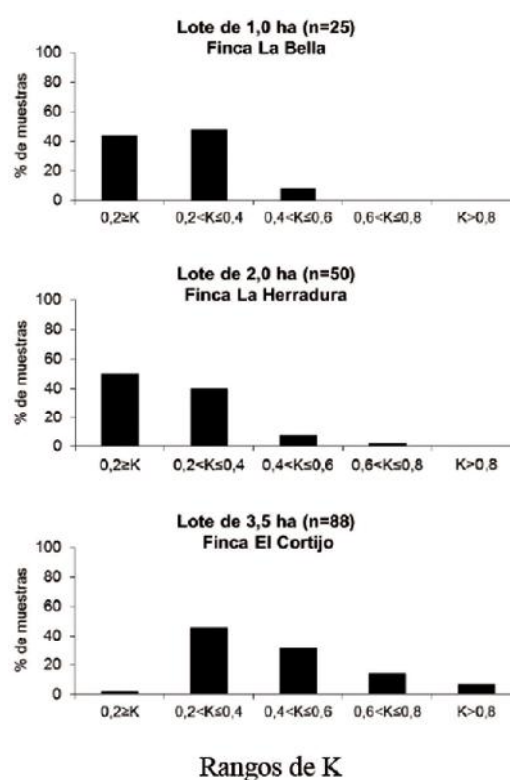


Figura 6. Histogramas de frecuencia para K ($\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) en los lotes evaluados.

En el lote de 1,0 ha se aplicó el método IDW para espacializar las propiedades del suelo que requirieron de un manejo diferencial (Tabla 2); esto en razón de que el bajo número de datos analizados (<50) no cumplía con los requisitos del método geoestadístico (Villatoro *et al.*, 2007). En el lote de 2,0 ha, el pH se espacializó mediante un Kriging ordinario, y las demás propiedades por el método IDW (Figura 7), debido a que no cumplieron con los supuestos de

normalidad, estacionariedad y tendencia. En el lote de 3,5 ha, sólo pH y MO cumplieron con el supuesto de normalidad y, al igual que las otras, presentaron tendencia en una o ambas coordenadas, en las que el método de transformación que permitió cumplir los supuestos geoestadísticos involucró la interacción de las propiedades con las coordenadas, limitando así la clasificación de los mapas en términos de aplicación de dosis de fertilizante.

Tabla 2. Resultados de la interpolación de las propiedades químicas de los suelos evaluadas en tres fincas del departamento del Quindío.

Propiedad	Método	Modelo	Semieje mayor, m	RMSE
Lote de 1,0 ha				
MO	IDW	$6,429 + 0,179 x$	36,39	0,93
K	IDW	$0,139 + 0,389 x$	35,39	0,07
Lote de 2,0 ha				
pH	Kriging	$4,811 + 0,064 x$	42,65	0,29
P	IDW	$29,637 - 0,008 x$	34,32	25,84
K	IDW	$0,169 + 0,321 x$	52,32	0,12
Ca	IDW	$2,320 - 0,022 x$	80,32	1,43
Mg	IDW	$0,459 + 0,155 x$	80,32	0,31
Lote de 3,5 ha				
pH	IDW	$4,316 + 0,158 x$	65,71	0,23
MO	IDW	$11,371 + 0,153 x$	60,71	2,19
P	IDW	$10,555 + 0,0695 x$	109,71	4,83
K	IDW	$0,335 + 0,254 x$	50,71	0,17
Ca	IDW	$1,029 + 0,04554 x$	126,71	0,72
Mg	IDW	$0,264 + 0,18933 x$	126,71	0,15

IDW: peso inverso de la distancia; RMSE: raíz del error cuadrático medio

Una de las posibles razones por las que las variables no cumplieron con los supuestos geoestadísticos es que la distribución natural se ve afectada por el manejo antrópico, representado por la aplicación generalizada e histórica de fertilizantes y enmiendas. Otra causa a considerar es el pequeño tamaño de los lotes seleccionados y, en este caso, el hecho que la distancia de muestreo y el número de muestras fueran reducidos en comparación con otros estudios del mismo tipo.

Los resultados de espacialización de las variables, coinciden con lo reportado por Rodríguez *et al.* (2008), al indicar que son igualmente válidos los métodos determinísticos como los geoestadísticos, y en algunos casos la interpolación por el método IDW presenta mejores resultados que el Kriging en términos de la correlación con los valores medidos obtenidos en campo (Villatoro *et al.*, 2007; Gong *et al.*, 2014). Con respecto a la definición de las zonas homogéneas, los resultados concuerdan con los

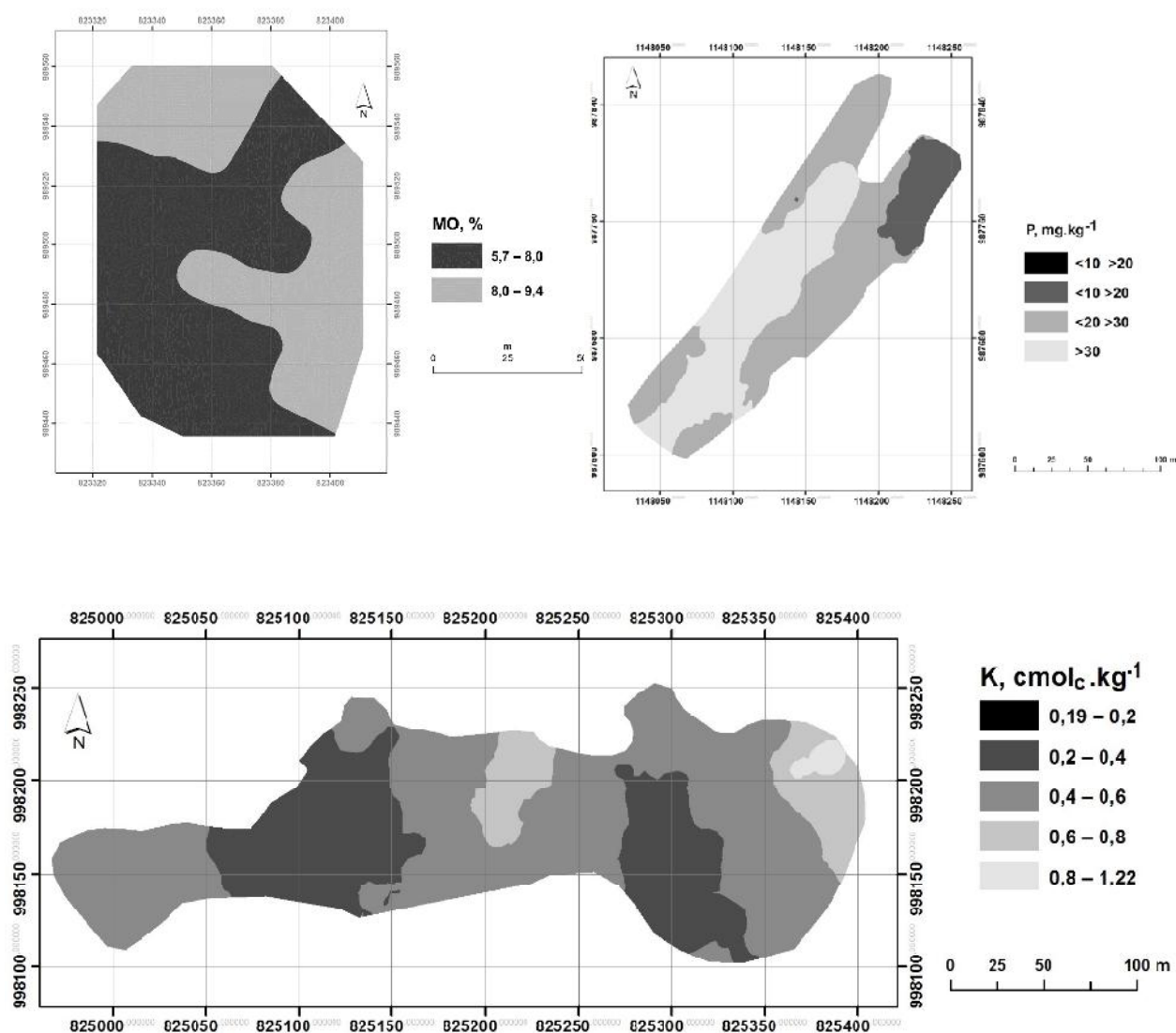


Figura 7. Mapas de variabilidad para MO (%) en el lote de 1,0 ha; P (mg.kg⁻¹) en el lote de 2,0 ha; K (cmol_c.kg⁻¹) en el lote de 3,5 ha.

reportado por varios autores (Ortega y Santibáñez, 2007; Calderon *et al.*, 2008; Xin-Zong *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2010; Tesfahunegn *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2014), al indicar que es factible la determinación de zonas con altos y bajos niveles de nutrientes. Sin embargo, hay que tener precauciones al emplear el método IDW, ya que si no se ajustan *adecuadamente* los parámetros correspondientes al número de vecinos y la distancia de los semiejes, es posible tener islas con efecto “ojo de buey”. Por otro lado la marcada tendencia en ambas coordenadas se puede atribuir a patrones geomorfológicos, que según

Sigua *et al.* (2010) han sido poco estudiados en términos de variabilidad de las propiedades del suelo.

En ninguno de los lotes se registró efecto de los tratamientos en la producción de café cereza, bien sea para cada uno de los dos años (2011 y 2012) o el acumulado (Tabla 3). Al respecto, se debe resaltar que los resultados obtenidos pueden no ser de todo concluyentes; de los cuales, la igualdad estadística de los resultados del tratamiento sin fertilización, con los de la aplicación generalizada y el MES, posiblemente se debió a varios factores no relacionados con

el manejo de los tratamientos; entre ellos el número reducido de repeticiones (tres), lo que generó que en varios casos las dosis de los tratamientos del manejo específico y el general fueran similares, (Tabla 4); el tiempo relativamente corto de evaluación, la fertilidad del suelo, las estructuras vegetativas formadas antes del inicio del experimento, y las reservas de los nutrientes en las plantas, debido a que el efecto de la fertilización en la producción de café puede no

manifestarse en el primer año en el que se inicia el trabajo de investigación sino al siguiente, debido a que el fertilizante suministrado influye principalmente sobre el crecimiento de ese año y la producción del grano tiene lugar en las ramas formadas el año anterior (Mestre, 1977). Resultados similares reportaron Uribe y Salazar, (1981), Uribe, (1983) y Sadeghian, (2006; 2009) en investigaciones tendientes a evaluar la respuesta de la planta de café a fertilizantes.

Tabla 3. Valores promedio de la producción de café cereza en las parcelas experimentales.

Tratamiento	Producción café cereza, kg/parcela		
	Año 2011	Año 2012	Total
Finca La Bella			
Sin fertilización	14,03 ± 0,59	26,41 ± 0,75	40,44 ± 0,66
Fertilización general	17,77 ± 1,03	38,81 ± 1,15	56,58 ± 2,17
Fertilización específica	16,82 ± 2,12	28,31 ± 4,44	45,13 ± 6,38
Finca La Herradura			
Sin fertilización	35,73 ± 3,38	42,35 ± 2,81	78,08 ± 0,75
Fertilización general	30,85 ± 1,06	45,85 ± 3,36	76,69 ± 3,09
Fertilización específica	37,67 ± 0,97	47,79 ± 3,26	85,46 ± 4,19
Finca El Cortijo			
Sin fertilización	20,29 ± 2,18	54,26 ± 7,18	74,55 ± 7,04
Fertilización general	18,45 ± 2,00	53,44 ± 8,77	71,89 ± 6,78
Fertilización específica	18,13 ± 1,46	49,58 ± 5,81	67,71 ± 4,50

Año 2011: abril-diciembre; Año 2012: enero-diciembre; Total: abril 2011-diciembre 2012.
Las desviaciones corresponden al error estándar.

Tabla 4. Dosis de fertilizante aplicado en las parcelas experimentales.

Tratamiento	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Magnesio (MgO)	Cal
	kg/ha/año				kg/ha/2 años
Finca La Bella					
Fertilización general	300	0	260	60	1000
Fertilización especifica R1	280	0	0	60	1000
Fertilización especifica R2	300	0	300	60	1000
Fertilización especifica R3	280	0	260	60	1000
Finca La Herradura					
Fertilización general	300	21	260	40	0
Fertilización especifica R1	300	21	260	40	0
Fertilización especifica R2	300	0	260	15	0
Fertilización especifica R3	300	21	300	60	0
Finca El Cortijo					
Fertilización general	300	0	260	60	1000
Fertilización especifica R1	260	40	260	60	1000
Fertilización especifica R2	260	60	140	40	400
Fertilización especifica R3	260	40	260	60	1000

R = repetición

Por otro lado, sin tener en cuenta el tratamiento sin fertilización y con base en la igualdad estadística de la producción de los tratamientos de manejo general y MES, se considera que es factible realizar un MES, siempre y cuando se justifiquen los costos adicionales; ya que como lo menciona Sadeghian (2008) las aplicaciones del MES para la nutrición del café, cambian según las condiciones del sistema, pues no es lo mismo una explotación mediana o grande en Brasil que en Colombia, conociendo que en éste último más del 80 % de los lotes están por debajo de la hectárea, lo que lleva a pensar que muchos productores ya estarían dando un MES a sus cafetales si emplean análisis de suelos.

Conclusiones

No fue posible determinar el efecto de las diferentes alternativas de manejo en la producción, posiblemente porque el tiempo de evaluación fue corto y el número de repeticiones reducido.

La variabilidad de la fertilidad del suelo puede estar relacionada con el tamaño del lote y los cambios geomorfológicos.

La alta exigencia del método geoestadístico en cuanto a distribución normal, estacionariedad y tendencia de los datos, hace que el método determinístico sea una herramienta eventualmente útil para el establecimiento de zonas homogéneas.

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 Artundúa y Santiago Arango. A los caficultores propietarios y administradores de las fincas experimentales. A Cenicafé, al investigador científico Hernán González, al Sr. Arturo Gómez y a los colaboradores de la estación experimental Paraguacito.

Literatura citada

- Aggelopoulou, K., Castrignanò, A., Gemtos, T. & Benedetto, D.D. (2013). Delineation of management zones in an apple orchard in Greece using a multivariate approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 90, 119-130.
- Barba, J., Curiel Yuste, J., Martínez-Vilalta, J. & Lloret, F. (2013). Drought-induced tree species replacement is reflected in the spatial variability of soil respiration in a mixed Mediterranean forest. *Forest Ecology and Management*, 306, 79-87.
- Barik, K., Aksakal, E.L., Islam, K.R., Sari, S. & Angin, I. (2014). Spatial variability in soil compaction properties associated with field traffic operations. *Catena*, 120, 122-133.
- Blackmore, S. (2000). The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and electronics in agriculture*, 26(1), 37-51.
- Blackmore, S., Godwin, R.J. & Fountas, S. (2003). The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems engineering*, 84(4), 455-466.
- Burgess, T.M. & Webster, R. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: I. The semivariogram and punctual Kriging. *J. Soil Sci.*, 31:315-331.
- Calderón, C.A.V., Martínez, L.J.M. & Henao, R.G. (2008). Variabilidad espacial del suelo y su relación con el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 1146-1151.
- Campbell, J.B. (1979). Spatial Variability of soils. *Annals of the Association of American Geographers*, 69: 544-556.
- Carrillo P., I.F. (1985). Manual de laboratorio de suelos. Chinchiná, Cenicafé, 111 p
- Cid-García, N.M., Albornoz, V., Ríos-Solis, Y.A. & Ortega, R. (2013). Rectangular shape management zone delineation using integer linear programming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 1-9.
- Cora, A. & Bachmeier, O. (2006). Número mínimo de muestras necesario para un muestreo edáfico en el Chaco Árido de Córdoba (Argentina). *Multequina*, 15, 97-102.
- Davatgar, N., Neishabouri, M. R. & Sepaskhah, A.R. (2012). Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. *Geoderma*, 173, 111-118.
- de Paul Obade, V. & Lal, R. (2014). Using meta-analyses to assess pedo-variability under different land uses and soil management in central Ohio, USA. *Geoderma*, 232, 56-68.
- Espinosa, J., Mite, F., Cedeño, S., Barriga, S. & Andino, J. (2005). Manejo por Sitio Específico del Cacao Basado en Sistemas de Información Geográfica. INIAP, Pichilingue, Ecuador.
- Ferguson, R.B., Hergert, G.W., Schepers, J.S., Gotway, C.A., Cahoon, J.E. & Peterson, T.A. (2002). Site-specific nitrogen management of irrigated maize. *Soil Science Society of America Journal*, 66(2), 544-553.
- Ferguson, R.B., Lark, R.M. & Slater, G.P. (2003). Approaches to management zone definition for use of nitrification inhibitors. *Soil Science Society of America Journal*, 67(3), 937-947.
- Goovaerts, P. (1998). Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology and Fertility of soils*, 27(4), 315-334.
- Gong, G., Mattevada, S. & O'Bryant, S.E. (2014). Comparison of the accuracy of Kriging and IDW interpolations in estimating groundwater arsenic concentrations in Texas. *Environmental research*, 130, 59-69.
- Hattab, N., Hambli, R., Motelica-Heino, M. & Mench, M. (2013). Neural network and Monte Carlo simulation approach to investigate variability of copper concentration in phytoremediated contaminated soils. *Journal of environmental management*, 129, 134-142.
- Hu, K., Wang, S., Li, H., Huang, F. & Li, B. (2014). Spatial scaling effects on variability of soil organic matter and total nitrogen in suburban Beijing. *Geoderma*, 226, 54-63.
- Kweon, G. (2012). Delineation of site-specific productivity zones using soil properties and topographic attributes with a fuzzy logic system. *Biosystems Engineering*, 112(4), 261-277.
- Krasilnikov, P., Carre, F. & Montanarella, L. (2008). Soil Geography and Geostatistics. Concepts and Applications. JRC Scientific and Technical Reports, Chapter 1. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp 204.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., He, P., Lei, Q. & Liang, G. (2014). A simple assessment on spatial variability of rice yield and selected soil chemical properties of paddy fields in South China. *Geoderma*, 235, 39-47.
- Liu, S., An, N., Yang, J., Dong, S., Wang, C. & Yin, Y. (2015). Prediction of soil organic matter variability associated with different land use types in mountainous landscape in southwestern Yunnan province, China. *Catena*, 133, 137-144.

26. Lozano, Z., Bravo, C., Ovalles, F., Hernández, R. M., Moreno, B., Piñango, L. & Villanueva, J.G. (2004). Selección de un diseño de muestreo en parcelas experimentales a partir del estudio de la variabilidad espacial de los suelos. *Bioagro*, 16(1), 61-72.
27. Mestre, A. (1977). Determinación de la rata óptima de fertilización en plantaciones de café sin sombrero. *Cenicafé*, 28(2):51-60.
28. Mitsova H. (2008). Interpolation. In: Kemp K, editor. Encyclopedia of geographic information science. Thousand Oaks: SAGE Publication pag 237 – 241.
29. Molina, A. J., Latron, J., Rubio, C. M., Gallart, F. & Llorens, P. (2014). Spatio-temporal variability of soil water content on the local scale in a Mediterranean mountain area (Vallcebre, North Eastern Spain). How different spatio-temporal scales reflect mean soil water content. *Journal of Hydrology*.
30. Moral, F.J., Terrón, J.M. & Silva, J.R. (2010). Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. *Soil and Tillage Research*, 106(2), 335-343.
31. Mouazen, A.M., Alhwaimel, S.A., Kuang, B. & Waine, T. (2014). Multiple on-line soil sensors and data fusion approach for delineation of water holding capacity zones for site specific irrigation. *Soil and Tillage Research*, 143, 95-105.
32. Ortega, R.A. & Santibáñez, O.A. (2007). Determination of management zones in corn (*Zea mays* L.) based on soil fertility. *Computers and Electronics in Agriculture*, 58(1), 49-59.
33. Pedroso, M., Taylor, J., Tisseyre, B., Charnomordic, B. & Guillaume, S. (2010). A segmentation algorithm for the delineation of agricultural management zones. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(1), 199-208.
34. Peralta, N.R. & Costa, J.L. (2013). Delineation of management zones with soil apparent electrical conductivity to improve nutrient management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 218-226.
35. Rodríguez, J., González, A.M., Leiva, F.R. & Guerrero, L. (2008). Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Sabana de Bogotá. *Agro-nomía Colombiana*, 26(2), 308-321.
36. Roger, A., Libohova, Z., Rossier, N., Joost, S., Maltas, A., Frossard, E. & Sinaj, S. (2014). Spatial variability of soil phosphorus in the Fribourg canton, Switzerland. *Geoderma*, 217, 26-36.
37. 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.
38. Sadeghian, S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Boletín técnico N° 32 Cenicafé.
39. Sadeghian, S. (2009). Calibración de análisis de suelo para N, P, K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. *Cenicafé*, 60 (1): 7-24.
40. 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.
41. Scudiero, E., Teatini, P., Corwin, D. L., Deiana, R., Berti, A. & Morari, F. (2013). Delineation of site-specific management units in a saline region at the Venice Lagoon margin, Italy, using soil reflectance and apparent electrical conductivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 54-64.
42. Shi, S.Q., Cao, Q.W., Yao, Y.M., Tang, H.J., Yang, P., Wu, W.B. & Li, Z.G. (2014). Influence of Climate and Socio-Economic Factors on the Spatio-Temporal Variability of Soil Organic Matter: A Case Study of Central Heilongjiang Province, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(7), 1486-1500.
43. Sigua, G.C., Hubbard, R.K. & Coleman, S.W. (2010). Quantifying phosphorus levels in soils, plants, surface water, and shallow groundwater associated with bahiagrass-based pastures. *Environmental Science and Pollution Research*, 17(1), 210-219.
44. Silva, A.F. da., Lima, J.S.S. da., Souza, G.S. & Oliveira, R.B. (2010). Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com café arábica (*Coffea arabica* L.) sob diferentes manejos. *Coffee Science*, 5(2), 173-182.
45. Tesfahunegn, G.B., Tamene, L. & Vlek, P.L. (2011). Catchment-scale spatial variability of soil properties and implications on site-specific soil management in northern Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, 117, 124-139.
46. Uribe, A. & Mestre, A. (1976). Efecto del nitrógeno, el fósforo y el potasio sobre la producción de café. *Cenicafé*, 27(4):158-173.
47. Uribe, A. (1983). Efecto del fósforo en la producción de café. *Cenicafé*, 34(1):3-15.
48. Uribe, A. & Salazar, J.N. (1981). Efecto de los elementos menores en la producción de café. *Cenicafé* 32(4):122-142.
49. Villatoro, M., Henríquez, C. & Sancho, F. (2007). Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, CA, CICE y P del suelo. *Agro-nomía Costarricense*, 32(1):95-105.
50. Wilding, L.P. & Drees, L.R. (1983). Spatial variability. In Pedogenesis and soil Taxonomy. I. Concepts and interactions, by L.P. Wilding, N.E. Smeck and G.F. Hall (Editors), 83 – 116.
51. Xin-Zhong, W., Guo-Shun, L., Hong-Chao, H., Zhen-Hai, W., Qing-Hua, L., Xu-Feng, L. & Yan-Tao, L. (2009). Determination of management zones for a tobacco field based on soil fertility. *Computers and Electronics in Agriculture*, 65(2), 168-175.
52. Zhu, Q., Lin, H.S. & Doolittle, J.A. (2013). Functional soil mapping for site-specific soil mixture and crop yield management. *Geoderma*, 200, 45-54.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 05 de mayo de 2016
Aceptado: 31 de mayo de 2016

Phytochemical variability between Colombian accessions of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown

Variabilidad fitoquímica entre accesiones colombianas de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown

Variabilidade fitoquímica entre acessos colombianos de Lippia alba (Mill.) N.E. Brown

José Omar Cardona Montoya¹ & Jaime Eduardo Muñoz Flórez²

¹Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agropecuarias. ²Ingeniero Agrónomo, Especialista en Matemática Avanzada, Doctor en Ciencias Agrarias.

¹Docente-investigador Universidad del Pacífico-Buenaventura, Valle. Colombia.

²Docente-investigador Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. Colombia.

¹jocardonam@unipacifico.edu.co, ²jemunozf@unal.edu.co

Abstract

The physiological fluctuation of organic constituents about its environmental response has two components, intra-inter individual variation. This study assessed the components of biological variation based on a matrix of presence-absence, generating precision values inter-intra individual/population based on a sample of 58 accessions of *L. alba*. Chemical intra-individual variability was high (WI=2.06 [98%]) and the inter-population, was low (AP=0.033), with $F_{ST}=0.023$ $p(\text{rand}>\text{data})=0.07$ and 2% proportion. There were no high values of Estimates of variance [Est.Var.] leading to establish chemical variability among individuals and populations. The results generated by the test point to the presence of two sub-populations, defined each by local environmental conditions.

Keywords: WARDMLM.SAS, phytochemical screening, Verbenaceae, intra/interindividual variation

Resumen

La fluctuación fisiológica de constituyentes orgánicos alrededor de su respuesta ambiental, tiene dos componentes, variación intra e interindividual. Este estudio evaluó los componentes de variación biológica con base en una matriz de presencia-ausencia, generando valores de precisión inter-intra poblacional/individual a partir de una muestra de 58 accesiones de *L. alba*. La variabilidad química intra-individual fue alta (WI=2.06 [98%]) y la inter-poblacional, fue baja (AP=0.033), con $F_{ST}=0.023$ $p(\text{rand}>\text{data})=0.07$ y proporción 2%. No se observaron valores altos de estimativos de varianza [Est.Var.] que conduzcan a establecer diversidad genética-DG- entre poblaciones e individuos. Los resultados generados por la prueba apuntan a la presencia de dos sub-poblaciones, delimitadas cada una por condiciones ambientales locales.

Palabras clave: WARDMLM.SAS, tamizaje fitoquímico, Verbenaceae, variación intra/interindividual

Resumo

A flutuação fisiológica dos constituintes orgânicos ao redor de sua resposta ambiental têm dois componentes, variação intra e inter individual. Neste estudo, foram avaliados os componentes da variação biológica baseado em uma matriz de presença – ausência, gerando valores de precisão inter e intrapopulacional/individual partindo de uma amostra de 58 acessos de *L. alba*. A variabilidade química intraindividual foi alta ($WI=2.06$ [98%]) e a interpopulacional, foi baixa

($AP=0.033$), com $F_{ST}=0.023$ ($p(\text{rand}>\text{data})=0.07$) e proporção 2%. Não foram observados valores altos de Estimativos de Variância [Est.Var.] que conduzem a estabelecer Diversidade Genética-DG- entre populações e indivíduos. Os resultados gerados pelo teste apontam á presença de dois subpopulações, delimitadas (cada uma) por condições ambientais locais.

Palavras-chave: WARDMLM.SAS, peneiramento fitoquímico, Verbenaceae, variação intra/interindividual

Introduction

Plant essential oils and secondary metabolites.

Essential oils are liquid oily aromatic fragrant [sometimes semi-liquid or solid], obtained from plant material [flowers, buds, seeds, leaves, branches, bark, herbs, Woods, fruits and roots] (UNCTAD, 2005). Take advantage mainly in the food industry as flavoring, the perfume-fragrances industry, and the pharmaceutical, to add taste and/or smell drugs (UNCTAD, 2005). Plant secondary metabolites production is genetic, performing functions of attraction-repulsion (Viccini et al., 2004). However, its expression is determined by pre-existing conditions in their habitat (presence or absence of phytophagous, other plant species, biophysical components, other). These (secondary metabolites), are being actively used as bioprotectants action _cida [suffix] sustainable in current systems of agricultural production in the world (Das & Das, 2005). The determinants of chemical variability and yield of essential oil (and its complex mix of secondary metabolites) in each species are important (Figueiredo et al., 2008). These includes: (a) physiological variations; (b) environmental conditions; (c) geographical variations; (d) factors genetic and evolutionary; (e) socio-cultural conditions and (f) quantity of plant material (Riccardi et al., 2000; Jarvis et al., 2006; Figueiredo et al., 2008; Palacio & López, 2008).

Composition of the essential oil of *Lippia alba*.

In *L. alba*, secondary metabolites are mainly flavonoids, produced by epidermal glands in the mesophyll cells. Essential oil of *L. alba* has a relative high

content of carvone, between 30% and 35% (Castro et al., 2002), turning it into a substitute for other essential oils that contain this same component. Another important chemical component of *L. alba* is limonene, making up more than 25% of essential oil (UNCTAD, 2005). The main compounds of the essential oil observed in leaves are: terpinene, p-cymene, caryophyllene, myrcene, geraniol, neral and (Castro et al., 2002.; Jarvis et al., 2006; Blanco et al., 2007; Celis et al., 2007; Mesa et al., 2009; Escobar et al., 2010).

Chemical variability of essential oils in *L. alba*.

The chemical composition of the essential oil of *L. alba* depends on the geographical origin, the conditions of culture, age and part of the plant used for extraction, and geobotanical factors (Stashenko et al., 2003). Genotypic determination (Montanari et al., 2004; Viccini et al., 2004-2006; Dias et al., 2005-2006; Suárez et al., 2007; Yamamoto et al., 2008; Martínez et al., 2008), biochemical characterizations (Fischer et al., 2004; Hennebelle et al., 2006) and morphological descriptions (Montanari et al., 2004; Hennebelle, 2007); they make up the bulk of studies reported in the species *L. alba*. Individuals (*L. alba*) collected in the northeastern region of Colombia, was shown to be a new chemotype, not previously described in the literature, containing carvone [40-57%] as a major component in oils, followed by limonene [24-37%], biciclosesquifelandreno [2-22%] piperitenona [1-2%], piperitone [0.8-1.2%] and the α -burboneno [0.6-1.5%]; the component main in

volatile fractions was limonene [27-77%], followed by carvone [14-30%], biciclosesquifelandreno [1-33%] and the β -burboneno [0.5-6.5%] (Stashenko *et al.*, 2003). The analysis of essential oils obtained from leaves of samples of French Guiana, Martinique and Guadeloupe, showed seven different 'chemotypes' (Hennebelle *et al.*, 2006), with a possible connection between chemotype and morphotypes (Hennebelle *et al.*, 2006). The GxE interaction of 10 genotypes of four chemical compositions (chemotype) of *L. alba* from three regions of the State of São Paulo-Brazil, had a wide range of leaf production, while essential oils performance had a high and uniform genotypic determination. No qualitative variation was detected for chemical composition and quantitative variation was of low magnitude. Linalool and limonene genotypes / carvone were invariably more productive for performance of oil that the citral genotypes and myrcene/canfor (Yamamoto *et al.*, 2008).

Lippia alba (Miller) N.E. Brown is characterized by a great variability in morphology and chemical composition of the essential oil (Oliveira *et al.*, 2006). Tavares *et al.* (2005), presented data on the quantitative variation of the major volatile components of linalool production in a chemotype of *L. alba*. The contents of [alpha] - pinene, (Z) - 3-hexenilo and [alpha] - gurgunene was higher in the mother plants cultivated in the ground that in the seedlings grew up in MS medium, while the contents of sabinene, myrcene, 1,8 - cineole and *p*-menta - I, 5, 8-trieno was lower. The addition of 0.2.3 μ M of IAA in the middle was significantly higher for the myrcene content and sabinene. The addition of 0.92 μ M kinetin increased significantly 3 (S) - (+) - linalool level (Tavares *et al.*, 2005). In Colombia, Camargo & López (2008) and Palacio López (2008) evaluated the response of *L. alba* to the availability of water and nitrogen (Antolínez & Rodríguez, 2008). The quantitative variations of the main volatile components of the production of linalool in *L. alba* are associated with nutritional and environmental factors (Tavares *et al.*, 2005; Camargo & López, 2008; Palacio & López, 2008; Antolínez & Rodríguez, 2008).

Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils in *L. alba* were investigated by

Oliveira *et al.*, (2006) to relate them to their traditional uses. The analysis allowed the identification of two chemotypes of *L. alba*, a myrcene-citral as chemotype (15% and 37.1%, respectively) and *Lippia alba* f. intermedia as a chemotype citral (22.1%). The essential oils of both species were active against all the tested organisms (bacteria and fungi) by halos of inhibition testing with range from 1.1 to 5.0 cm; probably due to its high content of oxygenated monoterpenes (51.0% and 40.1%, respectively), mainly represented by aldehydes and alcohols. Chemical and pharmacological data of *L. alba* obtained by Oliveira *et al.*, (2006) agreed with the Ethnobotanic survey. In Colombia, "El Centro de Investigaciones en Biomoléculas-CIBIMOL"-from Universidad Industrial de Santander has made, among others, evaluative studies on tropical diseases, bioactivity and active ingredients of *Lippia alba* how antimicrobial (Bueno & Stashenko, 2009); antiviral [Ocazonez *et al.* (2010) in the dengue virus; [Meneses *et al.*, (2009) in the yellow fever virus], antifungal *Candida* and *Aspergillus* (Montiel *et al.*, 2007), in bacteria [Bueno *et al.*, (2009) in *M. tuberculosis*]; as anti-Protozoan (Escobar *et al.*, 2010). A complete list of reports places it in <http://tux.uis.edu.co/quimica/investigacion/centros/cibimol>.

The goal in the present investigation was to determine the chemical variability of 58 accessions of *L. alba* in such a way to admit an approach to the population structure of the species in Colombia. Been achieved, through the construction of an array of chemical data which allowed: a) determine chemical variability and b) forming a molecular and ecological data-compatible database that defined the genetic and spatial structure of the Colombian population of *L. alba*.

Materials and methods

Plant material. 200 g of aerial tissue samples (stems-leaves-flowers mix) of 58 accessions of *L. alba* collected in two agro-ecological zones of the Colombian Andean Region. Accessions formed part of a transient Bank *in vivo ex situ* of *L. alba* of the "Centro Experimental Universidad Nacional-Sede

Palmira (CEUNP)". The study considered two eco-systems of Bs-T [Chicamocha Region and Sumapaz Region]. Tropical dry forest corresponds to the Tropical Alterhidric zonobiom that develops in the lowlands between 0 and 1000 meters. Detailed information about zonobiotomas on: <http://www.humboldt.org.co/es/>.

Phytochemical screening (García, 2003; García *et al.*, 2003; García, 2006; Baldizán *et al.*, 2006) **and estimates of variance** (Peakall & Smouse, 2006). Tests [twice] colorimetric with ethanol and chloroform as solvents, valued the presence (1)-absence (0) of seven groups of secondary metabolites in the work sample, encoded with the Munsell system (tone, value and chroma). Estimates of variance among and within populations (Chicamocha and Sumapaz) and individuals were estimated using the algorithm developed by Peakall & Smouse (2006). The GenAlex program (Peakall & Smouse, 2006) applied to the array of data from laboratory (presence/absence of metabolites) from dual tests with ethanol and chloroform as solvents, to assess the presence of seven secondary metabolites [1. derivatives of coumarins, 2. steroids and terpenoid, 3. flavonoids, 4. cardiac glycosides, 5. saponins, 6. glycosides and 7. tannin] in 58 Colombian accessions of *L. alba*. Tests were developed between December 2012 and January 2013, using the Protocol and the supervision of the team, from the Phytochemistry Laboratory at the Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. Bank samples, available in Lab. Biol. Molec. in UN-Palmira.

Analytical methodologies. Two groups of procedures were used, Group I (DISTANCE, CLUSTER-TREE) and group II (FACTOR, PRINQUAL-BIPLLOT) SAS/STATv9.0; the WARDMLM.SAS strategy and the GenAIEx program (Peakall & Smouse, (2006). Step I: raw data were processed by DISTANCE+ CLUSTER-TREE procedures using complete linkage distance to find possible chemical groups. Step II. Laboratory data matrix was analyzed with procedures PRINQUAL and SAS/STAT FACTOR v9.0 to obtain an optimal number of common factors (continuous synthetic

variables), the matrix conformational last for the joint final analysis (ecological, chemical and molecular data, available in Cardona (2014). A final matrix approved by common and unique factors was processed to determine conclusive analysis and number of groups. In addition, the WARD MLM.SAS strategy (supplemented with location data) was used to identify possible chemical groups, more a Biplot with SAS/STAT PRINQUAL-FACTOR.

The Analysis of Factors with Probability Maxims-AFPM, was the research base. The AFPM calculates estimates of preferential commonality with values of maximum likelihood with the use of the PRIORS = SAS/STATv9.0 MAX, in the presence of singular matrices. The usual form of the analysis is:

```
proc factor data=SAS-data-set method=principal scree
mineigen=0 priors=max outstat=<libname>;
run;
```

The square of the multiple correlation (CCM) of each variable with all other variables was used as extremely preferential commonality [or more important] (in: SAS/STATv9.0); and it was basic in the final formation of groups.

Interpretation of analysis. The array generated by the test data were analyzed using the algorithm developed by the program GenAlex v.6.5 (Peakall & Smouse, 2006) for binary data (1/0). The data matrix was formed by 58 accessions (35 of the Region I = Sumapaz and 23 Region II = Chicamocha). The results of the analysis of variance are obtained from a distance matrix to calculate the statistical F based on the formulas:

$$F_{st} = AP / (WI + AI + AP) = AP / TOT$$

$$F_{is} = AI / (WI + AI)$$

$$F_{it} = (AI + AP) / (WI + AI + AP) = (AI + AP) / TOT.$$

Inbreeding coefficient

$$Nm = [(1 / F_{st}) - 1] / 4 \text{ number effective migrants per generation}$$

Results

The analysis of variances (from phytochemicals data) shown in Table 1. Chemical variability within individual [WI = 2 060] had high and between populations [AP = 0. 033], indicator low. Among individuals, the analysis showed zero [AI = 0]. AP was the source of variation with more weight on the answer

given by the ANOVA [MS = 2.567]. The variability between populations [AP = 0. 033] was low with a $F_{ST} = 0.023$ $P(\text{rand} \geq \text{data}) = 0.07$ and 2% proportion. However, the estimate of variance with the largest proportion occurred within individuals WI = 98%. The greater variability occurred within individual. The maximum and minimum values for F_{ST} were 0.597 and 0.038, respectively.

Table 1. Estimates of variance [Est.Var.] for 58 Colombian accessions of *L. alba* phytochemical screening, using program GenAlex v6.5.

Source	Df	SS	MS	Est. Var.	Proporción
Among Pops(AP)	1	2.567	2.567	0.033	2%
Among Indiv(AI)	56	42.493	0.759	0.000	0%
Within Indiv(WI)	58	119.500	2.060	2.060	98%
Total	115	164.560		2.093	100%
F-Statistics	Value	P (rand >= data)			
Fst	0.023	0.070			
Fis	-0.462	1.000			
Fit	-0.429	1.000			
Fst máx.	0.597				
F'st	0.038				
Nm	10.819				

Main discussion. The degree of differentiation phytochemical (by presence-absence of secondary metabolites) between populations of 0.03, indicates a similarity between the two populations, 'probably' because of their form of dissemination of the species in Colombia (Anthropochory). However, this 2% indicates a minimum portion of individuals with maximum degree of differentiation caused by allogamy and low viability of seed; demonstrating sexual reproduction and differentiation among populations most likely because of allogamy, more local environmental factors. Estimates of variance between regions indicate similar populations and among individuals not differentiable chemotypes it shows. The estimate of variance within

individual indicated high variability (98%) for secondary metabolites-*sm*-caused by physiological and environmental response content. The degree of differentiation for presence/absence of *sm* within and between individuals, had negative values (Table 1), indicating that individuals are chemically similar probably due to their low capacity of sexual reproduction and its form of propagation-dissemination (Anthropochory=active dissemination of reproductive material, due to human action). The possible chemical groups are displayed in the dendrogram of Figure 1. The range of values of F obtained our possibility: a) of identifying at least one special and b) discriminating chemotypes of the *sm* in the final formation of groups.

Number chemical groups present in the working sample. The WARDMLM.SAS strategy determined the presence of nine phytochemicals groups (Table 2). The final number of groups, shows nine phytochemical groups: Group I (accessions 189-359-360-362/3/4/5); Group II (174-201/2-209-373/4/5/6/7/8); Group III (300/1/2/3/4/5); Group IV (346-348/9-350/1/2/3/4/356/7/9); Group V (CEUN-308-310/1/2/3/4-320-322); Group VI (3-4-5); Group VII (369-370); Group VIII (187-366/7); Group IX (340/1/2/3/4/5-347). However, the Biplot of Figure 2 suggests a predominant majority chemical group [in Colombia] and the presence of at least three accessions with individual chemical characteristics by the presence-absence of *sm* in 201, 213, and 341 accessions. Its location within the Biplot indicated chemical properties own and different from the rest of accessions included in the test. This result suggests the 'possible' collection of individuals (sexually) propagated by seed. Group V, included the CEUN accession of UN-Palmira.

Table 2. Final number of groups and individuals by Group [weight-Proportion] obtained with the WARDMLM.SAS strategy.

Group	Frecuency	Weight	Proportion
1	7	7.0000	0.118644
2	10	10.0000	0.169492
3	6	6.0000	0.101695
4	11	11.0000	0.186441
5	9	9.0000	0.152442
6	4	4.0000	0.067797
7	3	3.0000	0.050847
8	3	3.0000	0.050847
9	6	6.0000	0.101695

The outstanding frequencies were, in order: Steroids & Terpenoids > Tannins> Flavonoids, the lower frequency was in glycosides and cardiac glycosides. The results of Table 3 show high frequencies to Tannins (chloroform-[C] = 0.8136 and ethanol [E] = 0.6949), Steroids & Terpenoids (C=0.8305

and E=0.6271) and Flavonoids (C=0.6271 and E=0.7458); and low for glycosides (C=0.0169 and E=0) and cardiac glycosides [C=0.0508 and E=0.0508]. Derivatives of coumarins and saponins showed intermediate values. Glycosides and heterosides were exceptionally low, 0.05 and 0.01 respectively (Table 3).

Table 3. Proportion of individuals with value [1] presence of seven types of secondary metabolite in two types of solvent.

Metabolites	Solvent	Frecuency
Derivates of Cumarins	Cloroformo	0.1186
	Etanol	0.1186
Esteroids & Terpenoids	Cloroformo	0.8305
	Etanol	0.6271
Flavonoids	Cloroformo	0.6271
	Etanol	0.7458
Glycosides inotropic agent	Cloroformo	0.0508
	Etanol	0.0508
Saponins	Cloroformo	0.3729
	Etanol	0.1356
Heterosides Cianogenics	Cloroformo	0.0169
	Etanol	0.0000
Tanins	Cloroformo	0.8136
	Etanol	0.6949

Discussion

The phytochemical screening showed the absence of alkaloids in *Lippia alba* (Morataya, 2006; Medina-Lopez et al., 2011). With nulls to alkaloids, WARDMLM.SAS strategy defined a final number of nine phytochemicals groups. For the number of groups technical support defined it strategy in step III, generating a list of the log-Likelihood corresponding to each of the possible numbers of groups and the graphic logL versus number of groups.

High frequency of steroids & amp; Terpenoides and flavonoids stock defines the chemotypes present in Colombia. Some medicinal properties of *Lippia alba* are due to the high content of lightweight terpenes as 1, 1,8-cineole, limonene, b-myrcene (Riccardi et al., 2000). The antioxidant activity and/or antimicrobial activity are attributed to flavonoids and phenols/tannins (Martínez et al., 2002; Núñez et al., 2008)

Phytochemicals lower frequencies reveal the existence of other possible chemotypes for Colombia. Contrasting values of frequency indicate the presence of a dominant majority group in Colombia. The WARDMLM.SAS strategy shows three majority groups being more discriminating than the Biplot. The results obtained by the different tests suggest that variability Phytochemistry of the sample of *L. alba*, is a physiological-environmental and there are no involved epigenetic factors. Analysis genetic markers RAM, confirm it (Cardona, 2014).

Analysis of factors with maximum likelihood.

The cluster with the Ward method and the distance for Gower, formed two groups, one consisting of the 187-356-340-454-370-367-369-341 accessions

and the second large group composed of three subgroups (Figure 2). Accession 341 were completely independent. The cluster shows that they are chemically equal each other: the accessions (1-351); (356-359-360-378); (362/3/4/5-374/5); (4-320); (174-189-373); (202-209-217-300-302/3/4/5-377); (301-346-344). The Biplot generated by factors of commonality-FC is shown in Figure 2.

AFPM (analysis of factors with high probability) procedure used the option PRIORS = MAX at presence of unique correlation matrices. The eigenvalues of the reduced matrix of correlations (Total=10.2698937, average=0.51349468) defined 11 factors with the resembles criteria explaining the 1.1464 variation found in the test. The matrix of 11 factors including region, altitude and coordinates (North and West) decimal places, is part of the final matrix of joint markers that defined the genetic structure and phytogeographic samples of *Lippia alba* used in the test. This output generated by the AFPM matrix markers phytochemicals that are generated from the respective Biplot and phytochemical cluster is considered. The Biplot and cluster generated by the AFPM are shown in Figures 1 and 2.

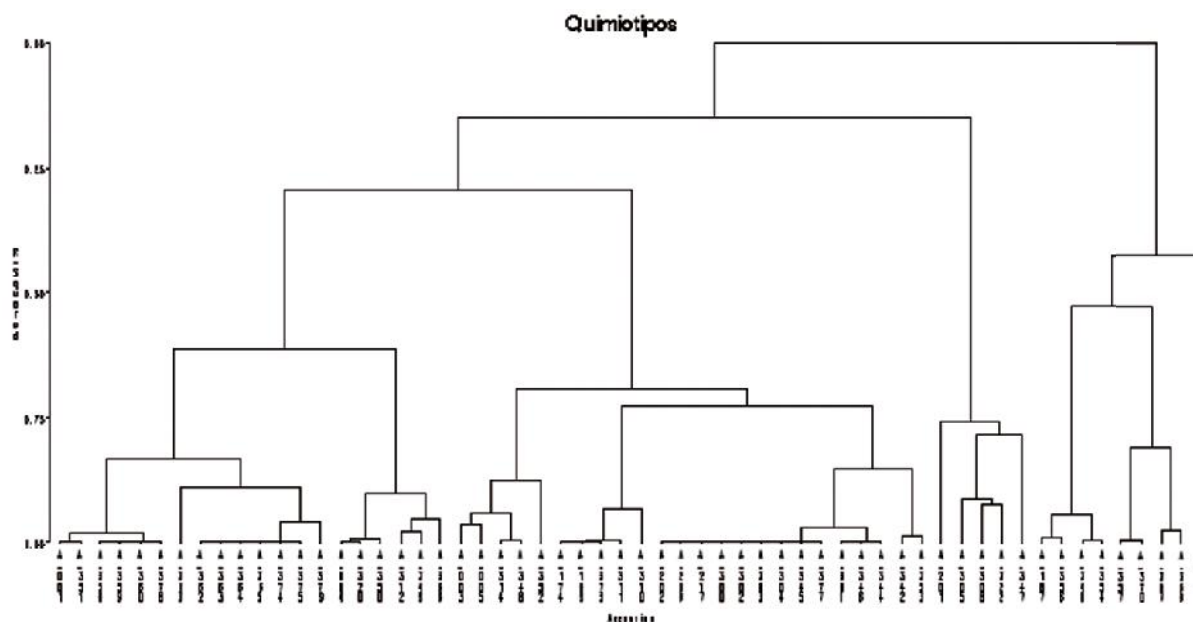


Figura 1. Phytochemical groups based in SAS/STATv9.0 AFPM for net laboratory data.

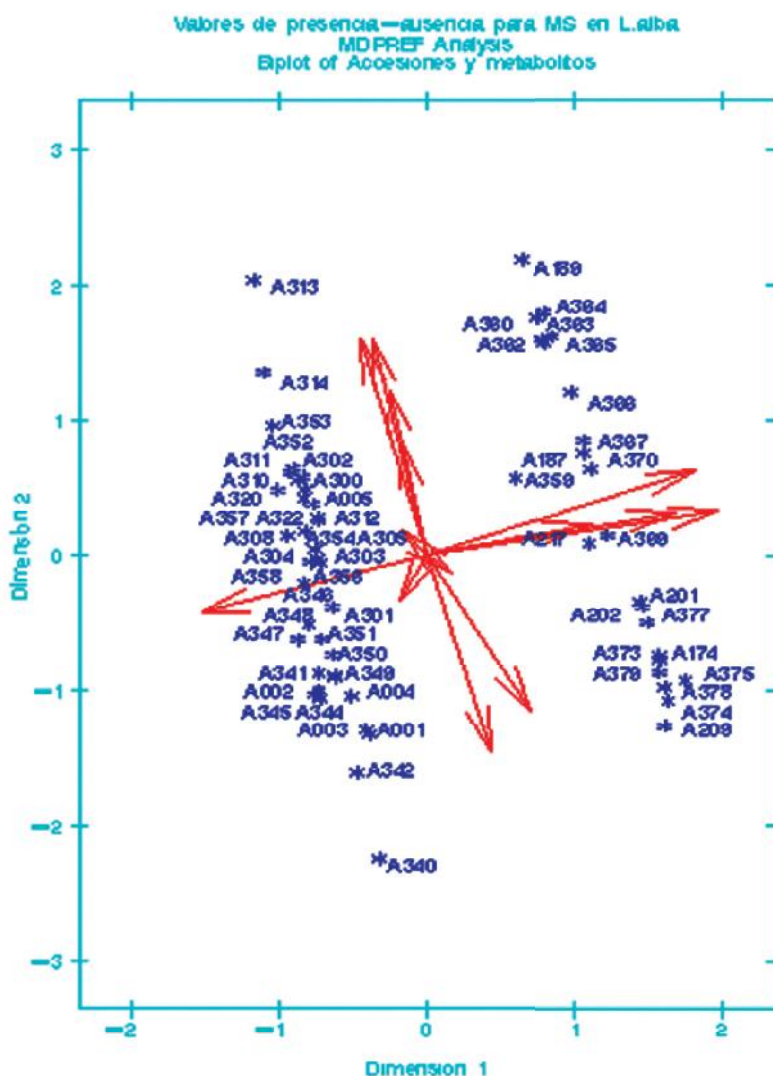


Figure 2. Biplot for factors with values of maximum-likelihood [FPM] presence of ms 58 Colombian accessions of *Lippia alba*, including data from site [region, altitude, coordinates].

Discussion. The Biplot and cluster shows four major trends, separating chemotypes into two large groups: Region Chicamocha and Sumapaz region. There are homologies within region and possible division into two sub-populations, determined by environmental conditions. Taking into account region, altitude, and coordinate strategy wardmlm.sas determined for the Region Chicamocha, four groups and to the Sumapaz Region five groups. The cluster shows the variability (WI) within and between sub-populations. The two sub-populations were determined based on location data and the values of Est.Var. obtained by the ANOVA. The environmental factor that predominates

in *Lippia alba* and has been supported by several authors including Stashenko *et al.* (2003). the net chemical variability, is fully defined in Table 1.

Conclusions

There were no high values of Estimates of variance [Est.Var.] leading to establish chemical variability among individuals and populations. The results generated by the test point to the presence of two subpopulations, defined (each) by local environmental conditions.

The high value of WI indicated the possible presence of individuals with important chemical variants. The Verbenaceae tend to have chemical variations, particularly *Lippia alba*, without showing morphological differences among provenances (Riccardi et al., 2000). These variations occur even in plants located at short distances (Riccardi et al., 2000). 201, 213, and 341 accessions are variants important phytochemicals.

Biological variability can be original epigenetic, genetic, environmental, both, in response to Herbivory or mechanical damage and latrogenic (by pollution, especially chemical agents). Assuming, that the Individual variability [WI] must be less than the variability between individuals [AI], [WI] individual biological variability and maximum biological variability to estimate total [WT], allowed get population reference values and set values of variability for working sample.

The variables of location [including the environmental] explain the phytochemical variability of *Lippia alba* in large proportion. The working sample reported very wide range of adaptability, from 0 in Buenaventura-Valle, up to 2800 meters altitude in the Department of Cauca; revealed by the value of Phytochemical high intra variability (of 98%) found in the test (WI = 2.06).

The phytochemical characteristics of the subpopulations correspond to those reported by Colombian authors, with important chemical variants and value of extremely of variance [Est. Var.] also important. The examination of essential oils showed components lightweight terpenes as majority, alongside tannins and flavonoids. Thus, a) the sample of work corresponds to the chemotypes already documented by other authors for Colombia, and most likely others not yet reported, validating the laboratory data obtained; and (b) the similarity observed in the sample determines the accessions phytochemical kinship, which allows the formation of a large chemical group dominated by tannins-Terpenoids-flavonoids.

Cited literature

1. Antolínez-Delgado, C. A. & Rodríguez-López, N. (2008). Plasticidad fenotípica en *Lippia alba* y *Lippia origanoides* (verbenaceae): respuesta a la disponibilidad de nitrógeno. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 13 No. 1, 53 – 64.
2. Baldizán, A., Domínguez, C., García, D. E., Chacón, E. & Aguilar, L. (2006). Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos. *Rev Zoot Trop*, Vol 24, No 3, pp 213-232.
3. Blanco KM, A.J. Agudelo, J.R. Martínez, E. & Stashenko, E.. (2007). Estudio comparativo de los aceites esenciales de *Lippia alba* Mill N.E. Brown cultivada con tres tipos de compostaje, *Scientia et Technica*, año XIII, 33, 231-233.
4. Bueno J.G. & Stashenko, E. (2009). Antimycobacterial natural products an opportunity for the Colombia biodiversity, *Revista Española de Quimioterapia*, Sometido.
5. Bueno, J. G., Martínez, J. R., Stashenko, E. & Ribón, W. (2009). Anti-tubercular activity of some aromatic and medicinal plants, grown in Colombia, *Biomédica*, 2009, 29 (1), 51-60.
6. Camargo, A. A. & Rodríguez López, N. (2008). Expresión fenotípica de la asignación de biomasa en *Lippia origanoides* y *Lippia alba*: Respuestas a la disponibilidad de agua en el suelo, *Acta Biológica Colombiana*, 13 (3), 133-148.
7. Cardona, J. O. (2014). Estructura genética y fitogeografía de poblaciones colombianas de *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown (Verbenaceae). (Tesis de Doctorado en Ciencias Agrarias Línea de investigación Mejoramiento Genético Vegetal). Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia.
8. Celis, C. N., Escobar, P., Isaza Martínez, J. H., Stashenko, E. & Martínez, J. R. (2007). Estudio comparativo de la composición química y la actividad biológica de los aceites esenciales de *Lippia alba*, *Lippia origanoides* y *Phyla dulcis*, especies de la familia Verbenaceae, *Scientia et Technica*, año XIII, 33, 103-105.
9. Castro, D.M., Ming, L.C. & Marques, M. O. M. (2002). Biomass production and chemical composition of *Lippia alba* (MILL.) N.E.BR. ex britt & wilson in leaves on different plant parts in different seasons. *Acta Hort. (ISHS)* 569:111-115. Recuperado de: http://www.acta-hort.org/books/569/569_18.htm
10. Das, T., & Das, A. K. (2005). Inventorying plant biodiversity in homegardens: a case study in Barack Valley, Assam, North East India. *Current Science* 89, 1, 155-163.
11. Escobar, P., Leal, S. M., Herrera, L. V., Martínez, J. R. & Stashenko, E. (2010). Chemical composition and antiprotozoal activities of Colombian *Lippia* spp essential oils and their major components. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 2010, 105, 184-190.
12. Figueiredo, A. C., Barroso, J.G., Pedro, L. G. & Scheffer, J. J. C. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, Volume 23 Issue 4, Pages 213–226.

13. Fischer, U., Lopez, R., Poell, E., Vetter, S., Novak, J. & Franz, C.M. (2004). Two chemotypes within *Lippia alba* populations in Guatemala. *Flavour and Fragrance Journal* 19, 333-5. Contact: Novak, Johannes; Inst Appl Bot, Univ Vet Med, Vet PI 1, A-1210, Vienna, Austria.
14. García, D. E. (s. f.). Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis de Maestría, Estación experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Cuba. 97 pp.
15. García, D. E., Medina, M. G., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbria, V. & Cova, L. (2006). Evaluación química de especies de leguminosas con potencial forrajero en el Estado de Tujillo, Venezuela. *Rev Zoot Trop*, 24 (4): 401-415.
16. Hennebelle, T., Sahpaz, S., Dermont, C., Joseph, H. & Bailleul F. (2006). The essential oil of *Lippia alba*: analysis of samples from French overseas departments and review of previous works. *Chem Biodivers*. Oct; 3(10): 1116-25.
17. Hennebelle, T., Sahpaz, S., Gressier, B., Joseph, H. & Bailleul, F. (2007). Antioxidant and neurosedative properties of polyphenols and iridoids from *Lippia alba*. *Phytother Res*. Aug 17: 17705148 (P,S,E,B,D).
18. Hennebelle, T., Sahpaz, S., Joseph, H. & Bailleul, F. (2008). Ethnopharmacology of *Lippia alba*. France. *J. Ethnopharmacology*, Mar 5; 116(2): 211-222.
19. Jarvis, A., Paternina, M. J., Arcos, A., Rodríguez, H. J., Nagles, C. & Melo, N. (2006). Evaluación Rápida de la Adaptación al Medioambiente de plantas promisorias medicinales. En: II Congreso internacional de plantas medicinales y aromáticas. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Octubre 19-20 y 21.
20. Martínez, F. (2008). "Diversidad y relaciones genéticas de plantas promisorias de jardín del género *Lippia* en el Departamento de Santander, Colombia" GIEFIVET-UIS. Producción científica. Proyectos de investigación finalizados. Recuperado de: <http://cenivam.uis.edu.co/cenivam/productos/proinvesfinalizados.html>.
21. Medina-López, L. A., Araya-Barrantes, J. J., Tamayo-Castillo, G. & Romero, R. M. (2011). Comparación de metodologías de extracción para limoneno y carvona en *Lippia alba* usando cromatografía de gases. *Ciencia y Tecnología*, 27(1y 2): 1-13, 2011. ISSN: 0378-0524.
22. Meneses, R., Ocazonez, R., Martínez, J.R. & Stashenko, E. (2009). Inhibitory effect of essential oils obtained from plants grown in Colombia on yellow fever virus replication in vitro. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 8 (8), Recuperado de: <http://www.ann-clinmicrob.com/content/8/1/8>.
23. Mesa Arango, A. C., Montiel Ramos, J., Zapata, B., Durán García, D.C., Betancur Galvis, L. & Stashenko, E. (2009). Citral and carvone chemotypes from the essential oils of Colombian *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown: composition, cytotoxicity and antifungal activity, *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 2009, 104 (6), 878-884.
24. Montanari, R.M, Sousa, L. A., Leite, M.N., Coelho, A.D.F., Viccini, L.F. & Stefanini, M.B. (2004). Phenotypical plasticity of the external morphology in *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. ex Britt & Wilson in response to level of luminosity and fertilization. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* (6), 96-101.
25. Montiel, J., Mesa Arango, A.C., Durán García, D.C., Bueno, J. G., Betancur Galvis, L. A. & Stashenko, E. 2007. Evaluación de la actividad anti-candida y anti-aspergillus de aceites esenciales de *Lippia alba* (Miller) N.E Brown y su asociación con sus componentes mayoritarios *Scientia et Technica*, año XIII, 33, 243-246.
26. Morataya-Morales, M. A. (2006). Caracterización farmacopéica de cuatro plantas nativas de Guatemala Albahaca (*Ocimum micranthum*), Orégano (*Lippia graveolens*), Salvia sija (*Lippia alba*) y Salviyá (*Lippia chiapaensis*). (Tesis para optar al título de Química Farmacéutica). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
27. Núñez María, B., Sánchez Edit, G., Bela, A. & Aguado, M. I. (2008). Determinación de metabolitos secundarios en *Lippia alba* (Mill.) y *Lippia turbinata* (Griseb.) Universidad Nacional del Nordeste. Secretaría General de Ciencia y Tecnología. Comunicaciones Científicas y Técnicas.
28. Ocazonez, R. E., Meneses, R., Torres, F. A. & Stashenko, E. (2010). Virucidal activity of Colombian *Lippia* essential oils on dengue virus replication in vitro. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 105, 304-309.
29. Oliveira, D. R., Gilda, L., Santos, S., Bizzo, H., Lopes, D., Alviano, C. & Leitão, S. (2006). Ethnopharmacological study of two *Lippia* species from Oriximiná, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology* Volume 108, Issue 1, 3 November, Pages 103-108.
30. Palacio, K. & Rodríguez López, N. (2008). Plasticidad fenotípica de dos poblaciones de *Lippia alba* (Verbenaceae) sometidas a déficit hídrico bajo dos condiciones lumínicas, *Acta Biológica Colombiana*, 13 (1), 187-198.
31. Peakall, R. & Smouse, P. E. (2012). GenAlEx6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics Application Note*. Vol 28 no. 19 2012, pages 2537-2539. doi:10.1093/bioinformatics/bts460.
32. Peixoto, P., Salimena, F. & Santos, M. D. (2006) In vitro propagation of endangered *Lippia filifolia* Mart. and Schauer ex Schauer. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 42:558–561.
33. Riccardi, G., Riccardi, A. & Bandoni, A. (2000). Fitoquímica de Verbenaceae (Lippias y Aloysias) del Nordeste argentino. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Técnicas.
34. Stashenko, E.E., Jaramillo, B.E. & Martínez, J. R. (2003). Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante in vitro de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27 (105): 579-597. ISSN 0370-3908.
35. Stashenko, E. E., Jaramillo, B. E. & Martínez, J. R. (2004). Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity, *J. Chromatogr. A*, 1025, 93-103

36. Suárez, A.R., Martínez, F. O., Castillo, G. A. & Chacón, M. I. (2007). Molecular Characterization of Aromatic Species of the Genus *Lippia* from the Colombian Neotropics. Proceedings of the International Symposium on Medicinal Nutraceutical Plants. Ed. A.K. Yadak. *Acta Hort.* 756, ISHS
37. Tavares, E. S., Juliao, L. S., Lopez, D., Bizzo, H. R., Lage, C. L. S. & Leiao, S. G. (2005). Análise do óleo essencial de folhas de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. (Verbenaceae) cultivados em condições semelhantes. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 15(1):1-5, Jan./Mar.
38. UNCTAD. (2005). Market Brief in the European Union for selected natural ingredients derived from native species, *Lippia alba* (Prontoalivio, Erva cidreira, jua-nilama, Melissa). This publication was developed in the context of the UNCTAD / BioTrade Facilitation. Programme, funded by the Governments of the Netherlands and Switzerland.
39. Viccini, L. F., Souza da Costa, D. C., Machado, M. A. & Campos, A. L. (2004). Genetic diversity among nine species of *Lippia* (Verbenaceae) based on RAPD Markers. *Plant Systematics and Evolution*. Volume 246, Numbers 1-2
40. Viccini, L. F., Pierre, P. M. O., Praça, M. M., Souza da Costa, D. C., da Costa Romanel, E., de Sousa, S.M., Peixoto, P. H., Salimena, P. & Gonçalves, F. R. (2006). Chromosome numbers in the genus *Lippia* (Verbenaceae). *Revista Plant Systematics and Evolution*; 256 (1-4) Página(s):171-178 ISSN: 03782697.
41. Yamamoto, P., Colombo, C. A., Azevedo Filho, J. A., Lourencao, A. L., Mayo Marques, M., da Silva Moraes, G., Chiorato, A. F., Melo Martins, A. L. & Siqueira, W. J. (2008). Performance of ginger grass (*Lippia alba*) for traits related to the production of essential oil. *Sci. Agric.* (Piracicaba, Braz.), v.65, n.5, p.481-489, Sept./Oct.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 03 de marzo de 2016

Aceptado: 21 de abril de 2016

Riesgos biológico y químico en planta de compostaje de ingenio azucarero, Valle del Cauca, Colombia

Biological risks and chemical in composting plant of sugar mill, Valle del Cauca, Colombia

Risco biológico e químico em planta de compostagem da usina açucareira, Valle del Cauca, Colômbia

Iván Darío López Villalobos¹, Ana María Muñoz² & Mariana Muñoz³

¹Ingeniero Ambiental, Especialista en Administración Pública, Magister en Ingeniería Ambiental. ^{2,3}Estudiante de Salud Ocupacional en la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Santiago de Cali, Valle, Colombia.

^{1,2,3}Grupo de Investigación en Salud, Ambiente y Productividad – GISAP. Institución Universitaria Antonio José Camacho. Santiago de Cali, Valle, Colombia.

¹idlopezvi@unal.edu.co, ²anmariamuo.19@gmail.com, ³marmuo.18@gmail.com

Resumen

El riesgo químico y biológico, son los principales riesgos a los que se exponen los colaboradores de la planta de compostaje del ingenio azucarero, es sin duda una posible causa de enfermedades de tipo respiratorio y de la piel, así como de enfermedades infecciosas, lo cual afecta directamente la productividad de la empresa. Se utilizó un estudio descriptivo cuya metodología se realizó en tres fases, una primera de diagnóstico e identificación de peligros, en seguida según los resultados de las listas de chequeo, se realizó una matriz DOFA, luego los árboles de problemas se convirtieron en arboles de objetivos reemplazando cada uno de los problemas y consecuencias por las soluciones, así se definieron los objetivos prioritarios a emprender, para alcanzar las acciones de mejora en el proceso del compostaje. De los resultados obtenidos se resalta que el riesgo biológico tiene una interpretación de riesgo III (alto, mejorable) y representa el 55,6%, mientras que el riesgo químico con una interpretación de riesgo I (muy alto, crítico) representa el 44,4%. También

debe mencionarse que la planta de compostaje presenta un déficit en las medidas de prevención y protección por el incumplimiento de la normatividad legal vigente en seguridad y salud. Es importante que la planta de compostaje empiece a gestionar el cumplimiento de lo establecido en el programa de intervención propuesto para la misma, para de esta forma disminuir la vulnerabilidad del personal expuesto a riesgos biológico y químico.

Palabras clave: enfermedad, medidas de prevención y protección, salud ambiental

Abstract

The chemical and biological risk, there are the main risks to which there are exhibited the collaborators of the plant of composting of the sugar ingenuity, undoubtedly it is possible of illnesses of respiratory type and of the skin, as well as of infectious illnesses, which affects straight the productivity of the company. There was used a descriptive study

which methodology was realized in three phases, the first one of diagnosis and identification of dangers, immediately according to the results of the lists of checkup, a counterfoil DOFA was realized, then the problems trees turned into targets trees replacing each of the problems and consequences for the solutions, this way there were defined the priority targets to be tackled, to reach the actions of progress in the process of the composting. Of the obtained results it is highlighted that the biological risk has a risk interpretation III (tall, improvable) and represents 55,6 %, while the chemical risk with a risk interpretation I (very tall, critical) represents 44,4 %. Also it must be mentioned that the composting plant presents a deficit in the measurements of prevention and protection for the nonperformance of the current legal regulations in safety and health. It is important that the composting plant begins managing the fulfillment of the established in the program of intervention proposed for the same one, for thus diminish the vulnerability of the personnel exposed to biological and chemical risks.

Key-words: disease, prevention and protection measures, environmental health.

Resumo

Os riscos químico e biológico, são os principais riscos aos que colaboradores de plantas de

compostagem são expostos em usinas açucareiras, isso é, sem dúvida, uma possível causa de doenças de tipo respiratório e da pele, assim como de doenças infecciosas, afetando diretamente a produtividade da empresa. Foi utilizado um estudo descritivo, onde a metodologia foi realizada em três fases, a primeira fase foi diagnóstico e identificação de perigos, posteriormente, depois dos resultados das listas de verificação, foi feita uma matriz DOFA, logo após, árvores de problemas mudaram para árvores de objetivos substituindo cada problema e suas consequências por soluções, sendo definidos assim os objetivos prioritários a cumprir para atingir as ações nas melhoras no processo da compostagem. Dos resultado obtidos destaca-se que o risco biológico tem interpretação de risco III (alto, melhorável) e representa 55,5%, enquanto o risco químico, de interpretação I (muito alto, crítico) representa 44,4%. Também deve ser mencionado que a planta de compostagem apresenta uma carência nas normativas de prevenção e proteção pelo não cumprimento das normativas legais atuais em segurança e saúde. É importante que a planta de compostagem comece com a gestão de cumprimento do estabelecido no programa de intervenção proposto para ela e assim diminuir a vulnerabilidade do pessoal exposto a riscos tanto biológicos quanto químicos.

Palavras chave: doença, medidas de prevenção e proteção, saúde ambiental

Introducción

En numerosos sectores económicos, principalmente en la agroindustria, se encuentran agentes biológicos, los cuales casi nunca son visibles, debido a su tamaño microscópico, como lo son las bacterias, virus y hongos (levaduras y mohos) (Escobar *et al.*, 2012). Principalmente se percibe la exposición a los microorganismos por su presencia en los residuos y por el propio proceso de compostaje (Sánchez, s.f.). También se encuentran sustancias químicas, las cuales se presentan en diferentes estados físicos dentro del ambiente de trabajo, con efectos

irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y con probabilidad de lesionar la salud de las personas que tienen contacto con ellas (Álvarez, Conti, Jiménez, Moreno & Valderrama, 2006). Siendo su aparición una consecuencia no intencionada de la actividad laboral, como suele suceder en muchas ocasiones, la evaluación de los riesgos a los que se exponen las personas plantea mayores dificultades. Partiendo de este punto, se puede observar que existen efectos por la exposición a agentes químicos, por la generación de gases tóxicos o nocivos como el amoníaco,

ácido sulfhídrico, metano, COV, entre otros, al remover los residuos durante el proceso o al voltear las pilas (Prieto, 2008). Estos factores de riesgo, son fuentes de molestias o de posibles enfermedades para las personas debido al deficiente cuidado (Solans, Gadea & Mansilla, 2008; Gutiérrez, 2011; Parra, 2003). Los procesos agroindustriales en caña de azúcar que se realizan en varias empresas del Valle del Cauca, obtienen subproductos de cosecha, que en muchos casos, son manipulados a través de plantas de compostaje para generar abonos orgánicos, presentándose diferentes agentes de riesgo para la salud de los trabajadores, como son, el riesgo biológico y químico dependiendo de la escala del proceso, que entre más extensa se presenta mayor generación de riesgo con requerimientos de medidas de control e intervención (Ruiz, 2007; Prieto, 2010). De este tipo de abono orgánico, se deriva el riesgo de que se presenten virus y bacterias, debido a su utilización, por contacto directo al tocar la tierra tratada o por inhalación de éstas durante la aplicación y dissemination del producto (Gómez, González & Chiroles, 2004). Estos microorganismos patógenos son entre otros: *Enterococcus sp*, *Escherichia coli* y la *Salmonella sp*, los cuales pueden producir enfermedades intestinales. En cualquier caso, es importante señalar que los efectos sobre la salud parecen ser debidos a la naturaleza del propio proceso de compostaje y son independientes del tipo de residuos tratados (Solans, Alonso & Gadea, 2001; Robles, 2010; Rojas, 2014; Román, 2013; Soliva, 2008; Tabares, 2007).

Este artículo de investigación muestra la planificación de la intervención a los factores de riesgo presentes en una planta industrial de compostaje, a partir de la evaluación de las condiciones laborales (Domingo *et al.*, 2006) en materia de prevención del proceso de planta y el hallazgo del grado de riesgo a los que están expuestos los trabajadores, y de esta forma, establecer las posibles soluciones y metodologías a las problemáticas identificadas. La necesidad de desarrollar esta investigación, es prevenir y evitar la proliferación de enfermedades en los operarios. Además, servirá como ejemplo para cumplir con la nueva normatividad en gestión de aprovechamiento de residuos sólidos, especialmente orgánicos.

Metodología

Se utilizó un estudio descriptivo que permitió recolectar datos para la descripción de la situación real. Se estableció la siguiente metodología descrita por tres fases, las cuales se interrelacionan con los objetivos específicos planteados.

Fase I. Diagnóstico e identificación de peligros

Se realizó un breve diagnóstico de la situación de la planta de compostaje industrial, en cuanto al reconocimiento de la planta de compostaje, los procesos y el tipo de materiales que existen, así como el estado sanitario de las instalaciones (según la resolución 2400), cómo se elabora el compost, con qué se cumple y qué se está incumpliendo. Además de cómo se encuentran frente al riesgo los trabajadores en materia de prevención.

Se elaboraron 2 listas de chequeo para evaluar:

1. La planta, en cuanto a los procesos y locación
2. Los trabajadores, en cuanto a vacunación (esquema de vacunación), cuáles deben ser los EPP's, la formación y capacitación

Estas listas de chequeo se evaluaron empleando la escala de Likert o método de evaluaciones sumarias (criterios de 1 a 5), donde 1 es totalmente en desacuerdo, 2 es en desacuerdo, 3 es indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo), 4 es de acuerdo y 5 es totalmente de acuerdo. La lista de chequeo para los trabajadores constaba de 25 afirmaciones y la lista de chequeo para la planta constaba de 24 afirmaciones. Además, se llevó a cabo la identificación de peligros a través de una matriz de peligros, según la GTC 45 del 2012. La metodología utilizada inició con la identificación de los peligros asociados con las actividades en el lugar de trabajo, posteriormente se realizó la valoración de los riesgos: nivel de deficiencia, nivel de exposición, nivel de consecuencia, nivel de probabilidad, de donde se obtuvo la interpretación del riesgo (Índice o nivel de riesgo) y, finalmente, se establecieron medidas de control.

Fase II. Matriz DOFA y árboles de problemas

Según los resultados de las listas de chequeo y la matriz de identificación de peligros, se realizó una matriz DOFA, utilizada como una herramienta estratégica de análisis de la situación de la planta industrial de compostaje. De esta manera se identificaron tanto las oportunidades como las amenazas y las fortalezas y debilidades a través de:

1. un análisis externo, donde se identificaron los factores externos claves para la planta. En este análisis se establecieron las oportunidades y amenazas.
2. Un análisis interno, donde se identificaron los factores internos claves para la planta. En este análisis se establecieron las fortalezas y debilidades.

A partir de los parámetros de la matriz DOFA, se estableció un árbol de problemas, donde en primera instancia se identificaron los problemas más significativos, las causas de los mismos y sus consecuencias. Las causas se dividieron en principales y secundarias para así establecer una jerarquización de las mismas, determinando los efectos del problema.

Fase III. Análisis y diseño de estrategias

Los árboles de problemas se convirtieron en árboles de objetivos, en el cual se remplazó cada uno de los problemas y consecuencias por las soluciones -medios y fines-, así se definieron los objetivos

prioritarios a emprender, para alcanzar las acciones de mejora en el proceso del compostaje. De acuerdo a ello, se estableció un programa de intervención.

Población. La planta de compostaje está compuesta por 19 trabajadores directamente relacionados con el proceso del compostaje, por lo tanto para esta investigación se tomaron los 19 trabajadores como población universal, por ser un número bajo.

Criterios de inclusión

- Operarios que laboran en la planta de compostaje.
- Supervisor del proceso de compostaje.
- Microbióloga y auxiliares de microbiología del laboratorio de la planta de compostaje.

Criterios de exclusión

- Personal administrativo no relacionado con el proceso de compostaje.
- Personal de áreas distintas a la planta de compostaje que conforman el ingenio azucarero.

Operacionalización de las variables

Variables sociodemográficas.

En la Tabla 1, se muestran las diferentes variables sociodemográficas aplicadas en la lista de chequeo a los trabajadores.

Tabla 1. Variables sociodemográficas

Variables	Definición	Tipo de Variable	Medición
Edad	Cada uno de los períodos en que se considera dividida la vida humana	Cuantitativa discreta policotómica	20-25 30-35 35-40 40-45 45-50
Género	Estado social y legal que nos identifica como femenino o masculino.	Cualitativa nominal Dicotómica	Hombre Mujer
Número de horas trabajadas	Es el tiempo diario que dedica el trabajador en la actividad del compostaje.	Cuantitativa Discreta dicotómica	1 h - 4 h; 4 h - 8 h
Cargo	Función de la cual una persona tiene la responsabilidad en una organización, un organismo o una empresa	Cualitativa ordinal policotómica	Supervisor de área Auxiliar de compostaje Jefe de microbiología Auxiliar de microbiología Auxiliar de procesos
Antigüedad	Tiempo en años o meses en un determinado cargo.	Cuantitativa discreta policotómica	0 a 1 año 1 a 5 años 5 a 10 años

Variables del estudio

En las Tablas 2 y 3, se muestran las variables aplicadas en la lista de chequeo a la planta y al trabajador.

Tabla 2. Variables del estudio (listas de chequeo planta)

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Ubicación y cantidad de servicios sanitarios	Se refiere a la ubicación adecuada de los servicios sanitarios y al número determinado como se especifica en la norma.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Dotación de elementos de higiene personal	Se refiere a la provisión necesaria y adecuada de elementos de higiene personal (jabón desinfectante y toalla)	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Existencia de sitio adecuado para consumo de alimentos	Se refiere a si hay un sitio en condiciones óptimas para el consumo de los alimentos.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Continuación Tabla 2

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Publicación de normas de bioseguridad	Se refiere a la divulgación escrita de las normas de bioseguridad.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Señalización de riesgo químico y biológico	Existencia de las técnicas de estimulación específicamente visual sobre riesgo químico y biológico, que permite percibir dichos riesgos para eludirlos.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Procedimiento de lavado de manos	Se refiere a la existencia de un protocolo donde se especifique la manera de correcta del lavado de manos.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Protocolos para manejo y procesamiento de residuos	Se refiere a la existencia de un protocolo donde se especifique la manera de correcta para el manejo y procesamiento de residuos.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Generación de vapores orgánicos y gases	Se refiere a la posible emisión de vapores orgánicos y gases durante el proceso de compostaje	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Monitoreo de pH, temperatura, humedad y aireación	Acción de vigilancia y revisión de los estándares óptimos del compostaje.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Control de olores	Actividades encaminadas a disminuir o mantener nivelados los olores emitidos al ambiente por el compostaje.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Medición de gases y vapores	Se refiere a la acción llevada a cabo para establecer los niveles en que se encuentra la planta respecto a gases y vapores.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Estudios de microorganismos	Se refiere al análisis de la existencia de microorganismos en el proceso de compostaje	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Existencia de drenaje	Se refiere a si hay desalojo de líquidos procedentes de la descomposición de los residuos	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Uso de elementos de protección personal	Se refiere a la existencia o no del uso de los elementos de protección personal durante una actividad laboral específica	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Continuación Tabla 2

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Utilización de residuos de poda o vegetales	Se refiere a la utilización de residuos de poda o vegetales.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Utilización de excretas	Se refiere al uso de deposiciones de ciertos animales.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Utilización de vinazas o melaza	Se refiere al uso de los subproductos líquidos por la fermentación del etanol o los residuos de cristalización final del azúcar, durante el proceso.	Cualitativa nominal Policotómica	Totalmente en des- acuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Tabla 3. Variables de estudio (lista de chequeo trabajador)

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Programa de vacunación	Se refiere a un conjunto de estrategias para llevar a cabo la vacunación pertinente para proteger contra enfermedades o infecciones de los trabajadores.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Esquema de vacunación	Se refiere a qué vacunas debe tener el trabajador y la dosis necesaria.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Carnet de vacunación	Se refiere a la existencia del documento donde está el detalle (dosis y fechas) de todas las vacunas que se han aplicado.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Programa de exámenes médico ocupacionales	Se refiere a un conjunto de estrategias para llevar a cabo los exámenes médicos ocupacionales pertinente de los trabajadores.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Realización de exámenes médicos pertinentes	Acción de llevar a cabo las evaluaciones medicas ocupacionales.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Continuación Tabla 3

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Uso de guantes	Se refiere a la utilización de guantes durante el proceso del compostaje.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Estado de los guantes	Se refiere a las condiciones óptimas de los guantes para ser utilizados.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Uso de protección respiratoria	Se refiere a la utilización de protección respiratoria durante el proceso del compostaje.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Estado de la protección respiratoria	Se refiere a las condiciones óptimas de la protección respiratoria para ser utilizada.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Limpieza y desinfección de protección respiratoria	Se refiere a las actividades de limpieza y desinfección de los respiradores	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Inspección de protección respiratoria	Se refiere a las actividades de inspección de los respiradores	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Uso de gafas	Se refiere a la utilización de gafas durante el proceso del compostaje.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Estado de gafas	Se refiere a las condiciones óptimas de las gafas para ser utilizadas.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Continuación Tabla 3

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Características del uniforme	Se refiere a las cualidades requeridas del uniforme para la ejecución de la tarea.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Estado del uniforme	Se refiere a las condiciones óptimas de los uniformes para ser utilizados.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Características del calzado	Se refiere a las cualidades requeridas del uniforme para la ejecución de la tarea.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Estado del calzado	Se refiere a las condiciones óptimas del calzado para ser utilizado.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Desinfección y lavado de uniformes	Actividad llevada a cabo para la limpieza y la eliminación de restos de compostaje adheridos al uniforme.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Desinfección de Elementos de Protección Personal	Actividad llevada a cabo para la limpieza y la eliminación de restos de compostaje adheridos a los elementos de protección personal.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Conocimiento de riesgo biológico	Se refiere a la información obtenida acerca del concepto de riesgo biológico.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Conocimiento de riesgo químico	Se refiere a la información obtenida acerca del concepto de riesgo químico.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Continuación Tabla 3

Variable	Definición	Tipo de Variable	Indicador
Formación en manipulación de compostaje	Conocimiento y experiencia en la manipulación de compostaje.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Programa de capacitación sobre compostaje	Se refiere al conjunto de procesos y actividades relacionadas con la educación dirigidos a prolongar la generación de conocimientos que contribuya con el desempeño eficaz del cargo.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo
Programa de educación sanitaria y bioseguridad	Se refiere al conjunto de procesos y actividades relacionadas con la educación dirigidos a prolongar la generación de conocimientos que contribuya con el desempeño eficaz del cargo.	Cualitativa nominal policotómica	Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Indeciso De acuerdo Totalmente de acuerdo

Instrumentos de recolección de información

De acuerdo a las fases establecidas en la metodología, se utilizaron diferentes instrumentos para cumplir con cada una de ellas. La Tabla 4 muestra los instrumentos utilizados.

Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos

Fase	Instrumento
I	Lista de chequeo Matriz de peligros
II	Matriz DOFA Árboles de problemas
III	Árboles de objetivos Programa de intervención

Resultados

Se analizan en cada fase las condiciones laborales en materia de prevención de la planta de compostaje y de los colaboradores frente al riesgo biológico y químico existente en la planta.

Diagnóstico (Fase I)

Planta de compostaje

Teniendo en cuenta los resultados de la lista de chequeo que se aplicó a la planta de compostaje que se presenta en la Tabla 5, se identificó que en cuanto a instalaciones sanitarias: la planta cuenta con servicios sanitarios bien ubicados y en cantidad suficientes, aunque está pendiente la batería sanitaria para el área de operación de piscinas de lixiviados; en desacuerdo en que los servicios sanitarios están dotados con los elementos de higiene personal -jabón desinfectante y toalla-, debido a que el baño de contratistas no cuenta con la dotación de jabón desinfectante y de acuerdo en que la planta cuenta con un sitio higiénico y lejos del proceso de compostaje para el descanso y consumo de alimentos, ya que, por políticas de la empresa se debe ir al casino a consumirlos. Por lo tanto, la planta de compostaje cumple parcialmente con lo establecido en la Resolución 2400 de 1979, donde se especifica en el Título II, Capítulo II “servicios de higiene”, en el artículo 17 que todos los establecimientos de trabajo deben tener un lavamanos y dotación de todos los elementos indispensables para su servicio,

consistentes en toallas de papel, jabón y desinfectantes. Al igual que lo establecido en el artículo 25, donde se especifica que en los establecimientos de trabajo, los casinos se deberán ubicar fuera de los lugares de trabajo, y separados de otros locales, y de focos insalubres o molestos.

En normas de bioseguridad: se estuvo totalmente en desacuerdo en que las normas de bioseguridad están publicadas en un sitio visible; también, en que la planta cuenta con señalización de riesgo biológico y químico y en que la planta dispone de procedimientos escritos sobre lavado de manos, porque no se cuenta con la información divulgada de estos temas ni los medios visibles para su publicación. Así, la planta de compostaje no cumple con lo citado en el artículo 8 del decreto 1443 del 2014, donde se especifica que en prevención y promoción de riesgos laborales, el empleador debe implementar y desarrollar actividades de prevención de enfermedades laborales en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST, de conformidad con la normatividad vigente. Por otro lado, se estuvo de acuerdo en que existen protocolos para manejo y procesamiento de residuos, donde la planta tiene una estandarización de éstos para que los trabajadores y las partes interesadas tengan el conocimiento oportuno del paso a paso que se lleva a cabo en los distintos procesos.

Procesos: se estuvo de acuerdo en que se generan vapores orgánicos y gases en el proceso de compostaje, debido a los procesos internos que se llevan a cabo durante la producción del compost y por la actividad del volteo de las pilas; también, en que se monitorean características como el pH, temperatura, humedad y aireación y en que se realiza control de olores en los procesos, porque se lleva a cabo el constante control de variables del proceso y control de olores con microorganismos. Por otra parte, se estuvo totalmente de acuerdo en que la planta cuenta con un sistema de drenaje para las aguas producidas por la descomposición de los residuos al contar con canales de recolección de lixiviados para control de derrames; totalmente en desacuerdo en que se han realizado mediciones de gases y vapores como el amoníaco, ácido sulfhídrico, metano y compuestos orgánicos volátiles generados durante el proceso y en que se han realizado

estudios de microorganismos como la salmonella, *E.Coli* y *Streptococcus* que pueden estar presentes en el compostaje, porque no se tiene información respecto al método de evaluación de estos agentes. Además, no se estuvo ni de acuerdo ni en desacuerdo en que los niveles de los vapores orgánicos y gases que genera la planta sobrepasan los límites permisibles, ya que no se han realizado mediciones que certifiquen estas condiciones.

Procesos específicos: se estuvo en desacuerdo en que durante la limpieza e intervención de las máquinas, durante la limpieza de trampas y la manipulación de muestras para el análisis microbiológico y fisicoquímico, se usan los elementos de protección personal correspondientes como gafas de seguridad y guantes, debido a que el personal no utiliza por completo los elementos de protección personal. Por otro lado, no se estuvo ni de acuerdo ni en desacuerdo en que durante la toma de muestras de vinaza, cachaza y compost y durante la manipulación de equipos ubicados en lechos de secado y piscina, se usan los elementos de protección personal correspondientes como gafas de seguridad y guantes porque algunas veces los operarios no utilizan sus elementos de protección personal para realizar la labor; totalmente en desacuerdo en que durante la supervisión del compostaje se usa la protección respiratoria con filtros para evitar la exposición a gases y vapores porque no cuenta con la dotación personal de dicho elemento de protección personal. Las razones por las cuales se presenta esta situación pueden estar arraigada a la carencia en los trabajadores de una cultura de cuidado y autoprotección de la salud. Por otro lado, se estuvo de acuerdo en que durante la remoción de las pilas y aplicación de vinaza se usa protección respiratoria con filtros para gases y vapores.

Materiales usados para la elaboración del compostaje: se estuvo totalmente en desacuerdo en que se utilizan excretas de animales porque no hace parte de la materia prima utilizada para la producción del compost. Y totalmente de acuerdo en que se utilizan residuos de poda o cualquier residuo vegetal y en que se utiliza vinaza o melaza, porque son las materias primas derivadas del proceso de producción del ingenio azucarero.

Tabla 5. Resultados Lista de chequeo Planta

Instalaciones Sanitarias				
	1.1	1.2	1.3	
ITEM	Servicios sanitarios bien ubicados y en cantidad suficientes	Servicios sanitarios dotados de elementos de higiene personal	Sitio higiénico y lejos del proceso de compostaje	
VALORACIÓN	4	2	4	
Normas de bioseguridad				
	2.1	2.2	2.3	2.4
ITEM	Normas de Bioseguridad publicadas en un sitio visible	Señalización de riesgo biológico y químico	Procedimientos escritos sobre lavado de manos	Protocolos para manejo y procesamiento de residuos
VALORACIÓN	1	1	1	4
Procesos				
	3.1	3.2	3.3	3.4
ITEM	Generación de vapores orgánicos y gases en el proceso de compostaje	Niveles de vapores orgánicos y gases sobrepasan los TLV	Monitoreo de pH, temperatura, humedad y aireación	Control de olores en los procesos
VALORACIÓN	4	3	4	4
Procesos				
	3.5	3.6	3.7	
ITEM	Mediciones de gases y vapores	Estudios de microbiológicos	Sistema de drenaje para lixiviados	
VALORACIÓN	1	1	5	
Procesos Específicos				
	4.1	4.2	4.3	4.4
ITEM	Uso de gafas de seguridad y guantes/Toma de muestras de vinaza, cachaza y compost	Uso de protección respiratoria/Remoción de las pilas y aplicación de vinaza	Uso de gafas de seguridad y guantes/Manipulación de equipos ubicados en lecho de secado y piscina	Uso de gafas de seguridad y guantes/Limpieza e intervención de las máquinas
VALORACIÓN	3	4	3	2
Procesos Específicos				
	4.5	4.6	4.7	
ITEM	Uso de gafas de seguridad y guantes/Limpieza de trampas	Uso de gafas de seguridad y guantes de nitrilo/ Manipulación de muestras para análisis microbiológico y físicoquímico	Uso de protección respiratoria/ Supervisión del proceso de compostaje	
VALORACIÓN	2	2	1	
Materiales				
	5.1	5.2	5.3	
ITEM	Residuos de poda o cualquier residuo vegetal/Elaboración compostaje	Excretas de animales/ Elaboración compostaje	Vinaza o melaza/ Elaboración compostaje	
VALORACIÓN	5	1	5	

Trabajadores

De acuerdo a la lista de chequeo aplicada a los trabajadores, se presenta la Tabla 6, en la que se describe el resultado de cada aspecto.

Tabla 6. Evaluación diagnóstica de higiene y seguridad a trabajadores

Aspecto Evaluado	Resultado
Programa de vacunación	Se pudo hallar que para el aspecto evaluado de que la planta cuenta con un programa de vacunación para los operarios del proceso de compostaje, el 63,16% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque la empresa no cuenta con una programa de vacunación específico para la planta de compostaje y, además nunca se han realizado campañas de vacunación, por esta razón las vacunas que se tienen son por cuenta del mismo trabajador. El 21, 05% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no tienen conocimiento acerca del programa de vacunación y no han sido informados si lo hay o no. El 10,53% de los trabajadores estuvo en desacuerdo, porque no conocen y no se han hecho programas de vacunación. Y el 5,26% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque el programa de vacunación existe, aunque no se han renovado las vacunas.
Esquema de Vacunación	Para el aspecto evaluado de que la planta cuenta con un esquema de vacunación, el 68,42% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no lo conocen o porque no existe. El 21,05% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no hay conocimiento de que si existe o no. El 5,26% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no se ha establecido un esquema de vacunación. Y el otro 5,26% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque existe un esquema en general para la empresa, aunque no aplique para la planta de compostaje.
Carnet de vacunación	El 94,74% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no se tiene el carnet de vacunación que la empresa debería adoptar de acuerdo a un esquema de vacunación específico para la planta y el 5,26% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no se han hecho los carnets de vacunación.
Programa de exámenes médicos ocupacionales	Sobre la existencia de un programa de exámenes ocupacionales, el 57,89% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no lo conocen o no están informados acerca del tema. El 21,05% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no saben o no conocen respecto al programa. El 15,79% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no se han hecho programas de exámenes medico ocupacionales o no se han realizado los exámenes medico ocupacionales a los trabajadores. Y el 5,26% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque la empresa cuenta con el programa pero falta organización en la realización de los exámenes.
Realización de exámenes medico ocupacionales	Para el aspecto evaluado de que se cuenta con la realización de los exámenes medico ocupacionales pertinentes (ingreso, periódicos), el 47,37% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque se hacen los exámenes generales de entrada como la visiometría, la optometría, audiometría, exámenes de laboratorio pero no se han realizado las espirometrías. El 36,84% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque solamente se realizan los exámenes de ingreso. El 5,26% de los trabajadores estuvo en desacuerdo y otro 5,26% totalmente en desacuerdo porque solamente se hacen los de ingreso y no se hacen los exámenes rutinarios y/o periódicos. Y el 5,26% restante estuvo totalmente de acuerdo porque se realizan los exámenes completos establecidos.
Uso de guantes	En el uso de guantes impermeables tipo vaqueta para la manipulación de compostaje, el 47,37% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque es uno de los elementos de protección establecidos en la matriz de epp's estandarizada en la planta. El 31,58% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque es parte de los elementos de protección exigidos en la empresa. El 10,53% de los trabajadores estuvo en desacuerdo y el 10,53% restante estuvo totalmente en desacuerdo porque al pertenecer al área de laboratorio usan guantes de nitrilo y por otro lado, el supervisor no los utiliza.

Continuación Tabla 6

Aspecto Evaluado	Resultado
Condiciones de los guantes:	Los guantes se encuentran libres de daños como rasgaduras, agujeros o deterioro, el 63,16% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque sus guantes se encuentran en buenas condiciones para el desempeño de su trabajo. El 31,58% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque sus guantes están en buen estado o cumplen con las condiciones establecidas. Y el 5,26% restante de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no se utiliza ningún tipo de guantes por el cargo de supervisor de procesos.
Uso de Protección respiratoria:	Para el aspecto evaluado de que existe uso de protección respiratoria (mascara con filtros 6006 3M) para vapores orgánicos y gases para la manipulación del compostaje, el 42,11% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque es uno de los elementos de protección establecidos en la matriz de epp's estandarizada en la planta. El 31,58% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque es parte de los elementos de protección exigidos en la empresa. Y el 26,32% restante de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no se utiliza ningún tipo de protección respiratoria por el cargo de supervisor de procesos y para el área de laboratorio donde se utilizan tapabocas.
Condiciones de Protección respiratoria:	Con respecto al estado, si se encuentra limpia y libre de daños como rasgaduras, agujeros y distorsión, el 63,16% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque su protección respiratoria está en buenas condiciones. El 21,05% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque su protección respiratoria cumple con las condiciones establecidas. Y el 15,79% restante de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no se utiliza el elemento de protección personal.
Limpieza y desinfección del respirador	Para conocer si se realiza la limpieza y desinfección del respirador después de cada uso, el 47,37% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque cumplen con las actividades de mantenimiento de sus elementos de protección personal. El 21,05% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no existe capacitación en este tipo de actividades. El 15,79% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque conocen la necesidad de mantener higiénicamente sus elementos de protección respiratoria. El 15,79% restante de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque al no utilizar la protección respiratoria, resulta obvio que no se realizan estas acciones.
Inspección y seguridad	Para asegurarse que funcione bien el respirador antes de usarlo, el 36,84% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no hay capacitación en el manejo de la protección respiratoria y por otro lado, porque no se utiliza en el área de laboratorio. Otro 36,84% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque conocen el procedimiento para poder cumplir con el correcto uso de los elementos de protección personal. El 15,79% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque esta actividad es parte esencial del cuidado de los elementos de protección personal. El 5,26% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no conocen cómo realizar esta acción. Y el 5,26% restante de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no se utiliza este tipo de elemento de protección personal por ser parte del área de laboratorio.
Uso de gafas de seguridad	Sobre la existencia de uso de gafas de seguridad tipo Jackson Safety para la manipulación del compostaje, el 52,63% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque es uno de los elementos de protección establecidos en la matriz de epp's estandarizada en la planta. El 26,32% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque es parte de los elementos de protección exigidos en la empresa. El 15,79% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no las poseen dado que la empresa no los ha dotado de sus elementos de protección personal o porque no las usan ya que se empañan y no se ve nada y, por otro lado, porque no se utilizan en el cargo de supervisión. Y el 5,26% restante de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no las utilizan en la planta.
Condiciones de las gafas de seguridad	Las gafas de seguridad se encuentran limpias y libres de daños como rayones y distorsiones, el 31,58% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque está en buenas condiciones. El 26,32% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque las gafas no se mantienen en las condiciones óptimas a partir del primer día de uso. El 21,05% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque sus gafas de seguridad cumplen con las condiciones establecidas. El 15,79% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque al no ser utilizadas no aplica este criterio. El 5,26% restante de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque aunque se tienen, no se usan y por lo tanto, no aplica este criterio.

Continuación Tabla 6

Aspecto Evaluado	Resultado
Uso de uniforme	Para el aspecto evaluado de que el uniforme es de dos piezas (camisa manga larga de dril y pantalón manga larga tipo jean), el 78,95% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque es el uniforme establecido por la planta para el área de compostaje. Mientras que el 21,05% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque en el área de laboratorio se utiliza jean, camiseta y bata y por otro lado, el supervisor utiliza ropa "casual".
Condiciones del uniforme	El uniforme se encuentra libre de daños como rasgaduras y/o agujeros, el 57,89% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque su uniforme estaba en perfectas condiciones. El 36,84% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque su uniforme cumplía con las condiciones establecidas. Y el 5,26% restante de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque la ropa que se utiliza es una diferente cada día al no ser el uniforme, por lo tanto no aplica este criterio.
Uso del Calzado	El calzado es cerrado, de material resistente e impermeable, el 31,58% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque el calzado que les brinda la planta no son resistentes ni impermeables. El 26,32% de los trabajadores estuvo de acuerdo y otro 26,32% estuvo totalmente de acuerdo porque su calzado cumple con las condiciones establecidas. Y el 15,79% restante de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque el calzado no es impermeable o porque no lo posee al utilizar otro tipo de calzado que no es el establecido por la empresa.
Condiciones del Calzado	El calzado se encuentra libre de daños como rasgaduras, agujero o deterioro, el 47,37% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque su calzado se encontraba en buenas condiciones para su trabajo. El 31,58% de los trabajadores estuvo de acuerdo porque su calzado cumplía con las condiciones físicas establecidas. El 21,05% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no se utiliza el calzado establecido por la empresa, por lo tanto no aplica este criterio o porque están rotos.
Manos limpias y uñas cortas	Para las manos limpias y las uñas cortas, el 68,42% de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo y el 10,53% estuvo de acuerdo porque cumplen con las condiciones higiénicas establecidas. El 21,05% restante de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque se encontraban con las manos sucias por la manipulación del compostaje.
Lavado y desinfección de uniformes	Para el aspecto evaluado de que los uniformes son lavados y desinfectados dentro de la planta, el 89,47% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo y el 10,53% estuvo en desacuerdo porque no hay un área de lavado de uniformes y por lo tanto, éstos se lavan en la casa. El área para lavado se solicitó y fue denegada porque la empresa no considera que exista algún riesgo y solamente existe un área de lavado para el personal de fumigación.
Limpieza y desinfección de Elementos de protección personal EPP's	Para el aspecto de que se realiza limpieza y desinfección de los elementos de protección personal al terminal la labor, el 68,42% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque esta actividad se realiza muy poco o no se realiza. El 15,79% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no hay capacitación en este tipo de actividades. El 15,79% restante de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque de una u otra forma conocen cómo realizar esta acción.
Conocimiento del riesgo biológico	En el conocimiento del riesgo biológico en el proceso el compostaje, el 36,84% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque nunca les han dado información o no hay capacitación respecto al tema. El 26,32% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no conocen el riesgo biológico. El 26,32% de los trabajadores estuvo de acuerdo y el 10,53% estuvo totalmente de acuerdo, porque tenían algún conocimiento previo del concepto del riesgo biológico.
Conocimiento del riesgo químico	En el conocimiento del riesgo químico en el proceso del compostaje, el 57,89% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque nunca les han dado información o capacitación respecto del tema. El 26,32% de los trabajadores estuvo de acuerdo y el 10,53% estuvo totalmente de acuerdo, porque tenían algún conocimiento previo sobre el riesgo químico. Y el 5,26% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque no conocen sobre el riesgo químico.

Continuación Tabla 6

Aspecto Evaluado	Resultado
Formación en manipulación de compostaje	En cuanto formación pertinente en la manipulación y procesamiento de compostaje, el 57,89% de los trabajadores estuvo en totalmente en desacuerdo porque no tienen la capacitación en el tema. El 26,32% de los trabajadores estuvo de acuerdo y el 5,26% estuvo totalmente de acuerdo porque tienen un curso en el tema establecido. El 5,26% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque les han dado pocas capacitaciones en la planta. Y el otro 5,26% restante de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no saben si tienen una formación pertinente en el tema.
Programa de capacitación en compostaje	En la existencia de un programa de capacitación sobre compostaje (riesgos, medidas de protección, temas de higiene), el 68,42% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no existe actualmente un programa de capacitación de este tipo. El 10,53% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque les han dado pocas capacitaciones durante el tiempo que llevan en la planta. Otro 10,53% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no tienen conocimiento. El 5,26% de los trabajadores estuvo de acuerdo y el 5,26% restante estuvo totalmente de acuerdo porque su apreciación es de que si existe.
Programa de educación – bioseguridad	En la existencia de un programa de educación en temas de bioseguridad, el 68,42% de los trabajadores estuvo totalmente en desacuerdo porque no lo han tenido. El 10,53% de los trabajadores estuvo en desacuerdo porque les han dado pocas capacitaciones durante el tiempo que llevan en la planta. El 15,79% de los trabajadores estuvo indeciso (ni de acuerdo ni en desacuerdo) porque no lo conocen. Y el 5,26% restante de los trabajadores estuvo totalmente de acuerdo porque tienen algún conocimiento acerca del tema relacionado.

Grado de riesgo al cual están expuestos los colaboradores de la planta de compostaje.

Identificación de peligros (Fase I)

De acuerdo a la matriz de identificación de peligros, se obtuvieron los resultados de la Tabla 7.

Tabla 7. Matriz de identificación de peligros

Riesgo	Interpretación de Riesgo	No. De Riesgos/Interpretación De Riesgo
Biológico	III	5
Químico	I	4
TOTAL		9

Se pudo observar que el riesgo biológico con una interpretación de riesgo III (ALTO/situación que se puede mejorar) representa el 55,6%, mientras que el riesgo químico con una interpretación de riesgo I (MUY ALTO/situación muy crítica) representa el 44,4%, porque el riesgo biológico se encuentra presente en la mayoría de las tareas analizadas del proceso del compostaje, como lo muestra la Figura 1.

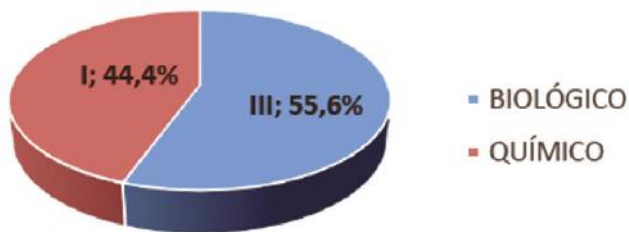


Figura 1. Interpretación del riesgo

Estrategias de intervención para controlar el riesgo biológico y químico asociado con la manipulación de compostaje

Matriz DOFA y árbol de problemas (Fase II)

De acuerdo a los resultados de la matriz DOFA que se muestra en la Tabla 8 y teniendo en cuenta el

diagnóstico de las condiciones laborales en materia de prevención de la fase I, se formuló un problema general o principal identificado en la planta de compostaje, del cual, surgieron una serie de causas y sub-causas. Estas llevan a unas posibles consecuencias, vistas desde las perspectivas tanto de salud y seguridad como legales y económicas.

Tabla 8. Matriz DOFA

Planta de Compostaje Matriz de Evaluación	
Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructura de la planta de compostaje. 2. Protocolos para manejo y procesamiento de residuos. 3. Monitoreo de las características físico-químicas y control de olores. 4. Materia prima para la elaboración del compost. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inexistencia de mediciones ambientales de gases y vapores y estudios de microorganismos. 2. Programa de vacunación y de exámenes medico ocupacionales inespecífico para la planta de compostaje. 3. Inexistencia de programa de capacitación y formación. 4. Desconocimiento en aplicación de elementos de protección personal adecuados para la tarea.
Oportunidades (O)	Amenazas (A)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Normatividad vigente en Seguridad y Salud en el Trabajo. 2. Convenios con laboratorios, universidades u otras entidades para realizar estudios ambientales. 3. Compañías profesionales en la fabricación de elementos de protección personal. 4. Administradora de Riesgos Laborales para capacitaciones al personal en riesgos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existencia de otras empresas generadoras de olores. 2. Sanciones por el incumplimiento de la normatividad legal vigente. 3. Demandas por parte operarios o comunidad cercana. 4. Tecnología que reduce más los riesgos en otras empresas competentes.

Análisis y diseño de estrategias (Fase III)

De acuerdo a los resultados de la fase I y fase II, se realizó un análisis interno y externo que comprendió la identificación de las debilidades y las fortalezas presentes, donde éstos componentes se relacionaron con las oportunidades establecidas y posteriormente se generaron las estrategias FO: cruce entre las fortalezas y las oportunidades y DO: cruce entre las debilidades y oportunidades. Además, las fortalezas y las debilidades identificadas se relacionaron con las amenazas establecidas, obteniendo como resultado las estrategias FA: cruce entre las fortalezas y las amenazas y DA: cruce entre las debilidades y las amenazas, cuyo fin es el de beneficiar a los colaboradores

y comunidad cercana a la planta de compostaje al diagnosticar su problemática y cómo enfrentarse a la misma a través de las estrategias formuladas. Estas estrategias se muestran en la Tablas 9 y 10.

De acuerdo a los resultados del árbol de problemas, el problema general o principal se convirtió en un objetivo general y las causas en objetivos específicos que se encaminarán en el cumplimiento de un programa de intervención integral para los riesgos especificados en la investigación, donde finalmente se pretende evitar las posibles consecuencias y alcanzar la meta de aumentar la productividad y el rendimiento laboral en la planta de compostaje.

Programa de intervención

A partir del árbol de objetivos, se presenta el programa de intervención de la Tabla 11, a partir de un objetivo general, cuatro objetivos específicos, así

como las actividades y su respectivo cronograma, segregado por año y meses para 2016 y 2017. Al final se encuentran los indicadores de evaluación con la respectiva meta según el mes.

Tabla 9. Estrategias Externas a partir de la Matriz DOFA

	Planta de Compostaje Matriz de Evaluación	
	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructura de la planta de compostaje. 2. Protocolos para manejo y procesamiento de residuos. 3. Monitoreo de las características físico-químicas y control de olores. 4. Materia prima para la elaboración del compost. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inexistencia de mediciones ambientales de gases y vapores y estudios de microorganismos. 2. Programa de vacunación y de exámenes medico ocupacionales inespecífico para la planta de compostaje. 3. Inexistencia de programa de capacitación y formación. 4. Desconocimiento en aplicación de elementos de protección personal adecuados para la tarea.
Oportunidades (O)	Estrategia F.O	Estrategia D.O
<ol style="list-style-type: none"> 1. Normatividad vigente en Seguridad y Salud en el Trabajo. 2. Convenios con laboratorios, universidades u otras entidades para realizar estudios ambientales. 3. Compañías profesionales en la fabricación de elementos de protección personal. 4. Administradora de Riesgos Laborales para capacitaciones al personal en riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la estructura en adecuadas condiciones • Actualizar protocolos de manera proactiva de ser necesario • Mantener la investigación en pro de mejoramiento del compostaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer métodos de medición ambiental para gases y vapores y para el estudio de microorganismos. • Establecer un programa de vacunación y exámenes de acuerdo a la actividad y a los riesgos de la planta de compostaje. • Establecer un programa de capacitación y formación para compostaje. • Gestionar el asesoramiento con compañías profesionales en la fabricación de elementos de protección personal.

Tabla 10. Estrategias Internas a partir de la Matriz DOFA

	Planta de Compostaje	
	Matriz de Evaluación	
	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
D O F A	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructura de la planta de compostaje. 2. Protocolos para manejo y procesamiento de residuos. 3. Monitoreo de las características físico-químicas y control de olores. 4. Materia prima para la elaboración del compost. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inexistencia de mediciones ambientales de gases y vapores y estudios de microorganismos. 2. Programa de vacunación y de exámenes medico ocupacionales inespecífico para la planta de compostaje. 3. Inexistencia de programa de capacitación y formación. 4. Desconocimiento de que si los elementos de protección personal son los adecuados para la tarea.
Amenazas (A)	Estrategia F.A	Estrategia D.A
<ol style="list-style-type: none"> 1. Existencia de otras empresas generadoras de olores. 2. Sanciones por el incumplimiento de la normatividad legal vigente. 3. Demandas por parte operarios o comunidad cercana. 4. Tecnología que reduce más los riesgos en otras empresas competentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la estructura en adecuadas condiciones • Seguimiento y Evaluación de mediciones con registro de datos. • Integrar a la comunidad y entes oficiales en el manejo de emisión de olores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acogerse a la normatividad legal vigente para el cumplimiento de los requisitos de los programas de vacunación y de exámenes medico ocupacionales (Resolución 2346/2007, Resolución 10106/1989 y el Decreto 614/ 1984). • Acogerse a la normatividad legal vigente para el cumplimiento de los requisitos de programas de capacitación (Resolución 10106/1989, Decreto 614/ 1984 y el Decreto 1443/2014). • Gestionar estudios ambientales de gases y vapores en conjunto con otras empresas del sector. • Gestionar el asesoramiento con compañías profesionales en la fabricación de elementos de protección personal.

Tabla 11. Programa de Intervención

Objetivo General: Disminuir la vulnerabilidad del personal expuesto al riesgos biológico y químico de la planta de compostaje.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	AÑO 2016					RESPONSABLE EJECUCIÓN	FECHAS	
		AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC		INICIO	TERMINO
Implementar los elementos de protección personal adecuados para el proceso de compostaje.	Asesorías con empresas especializadas en la fabricación de EPP's						Área de salud ocupacional	16-08-2016	31-10-2016
	Establecimiento de un programa de selección técnica y uso de EPP's						Área de salud ocupacional	1-11-2016	31-12-2016
	Actualización de la Matriz de elementos de protección personal						Área de salud ocupacional	1 -12-2016	31-12-2016
Mejorar las condiciones de trabajo inadecuadas.	Concientización de la necesidad y conveniencia de los EPP's						Área de salud ocupacional	1-08-2016	31-08-2017
	Control y supervisión del uso de EPP's						Área de salud ocupacional	16-08-2016	31-08-2017
Realizar mediciones ambientales de emisiones de gases y microorganismos en el medio ambiente interno y externo.	Actualización de la matriz legal de normatividad concerniente a riesgo químico y riesgo biológico						Área de salud ocupacional	16-08-2016	31-10-2016
	Establecimiento de métodos para mediciones ambientales y estudios de análisis microbiológicos						Área de salud ocupacional Gestión Ambiental	16-08-2016	31-10-2016
Indicadores de gestión	$\% \text{ Uso EPP} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Colaboradores sin epp}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de Colaboradores}} \times 100$	50	70	80	90	100	Salud Ocupacional		
	Protocolo de Aire formulado Si - No	NO	NO	SI			Gestión Ambiental		

Continuación Tabla 11

Objetivos Específicos	Actividades	Año 2017								Responsable Ejecución	Fechas	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO		Inició	Terminó
Mejorar las condiciones de trabajo inadecuadas.	Capacitar en la necesidad y conveniencia de los EPP's									Área de salud ocupacional	1-08-2016	31-08-2017
	Control y supervisión del uso de EPP's									Área de salud ocupacional	16-08-2016	31-08-2017
Indicadores de gestión	$\% \text{ Uso EPP} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Colaboradores sin epp}}{\text{N}^\circ \text{ Total de Colaboradores}} \times 100$	100	100	100	100	100	100	100	100			
	Monitoreo Ambiental de emisiones (SI – No)		SI			SI			SI			

Conclusiones

La planta de compostaje frente a los riesgos especificados, no cumple con las exigencias requeridas en la normatividad legal vigente, dado que se muestran deficiencias en la implementación de los diferentes requisitos establecidos para seguridad y salud en el trabajo.

El personal de la planta de compostaje es susceptible frente a los riesgos, debido a que las medidas de protección y prevención con las que cuentan actualmente son obsoletas o inexistentes, lo cual incrementa la probabilidad de adquirir enfermedades de diversa magnitud y severidad.

El riesgo biológico con una interpretación de riesgo III (ALTO/situación que se puede mejorar) representa el 55,6%, mientras que el riesgo químico con una interpretación de riesgo I (MUY ALTO/situación muy crítica) representa el 44,4%, ya que el riesgo biológico se encuentra presente en la mayoría de las tareas analizadas del proceso del compostaje.

Aunque el riesgo biológico en la planta de compostaje representa el mayor porcentaje, el riesgo químico es prioritario debido a que por su nivel de riesgo (I) no es aceptable, porque la situación es crítica y se debe realizar una intervención urgente. Dado que en la evaluación del nivel de deficiencia, de exposición, de probabilidad y de consecuencia, el riesgo químico tiene mayor valor en la determinación de cada uno de estos.

En la planta de compostaje, al no tener establecido un método de evaluación para gases, vapores y microorganismos, se evidencia el desconocimiento de los TLV'S (valores límites permisibles) de estos agentes, lo que conlleva al déficit de control de malos olores.

Los resultados hallados, pueden, no ser ajenos a la situación que presentan las plantas de compostaje en ingenios azucareros de la región suroccidental de Colombia, especialmente por el incremento del subproducto vinaza, en la necesidad de mitigar los impactos ambientales por obtención de etanol por biomasa, incrementando además, la generación de olores ofensivos, cuya situación debe medirse ambientalmente acorde a las Resoluciones 1541 de 2013 y 2087 de 2014.

El riesgo biológico al que actualmente están expuestos los colaboradores en este tipo de plantas, presenta varios aspectos en salud ambiental, en los cuales, no cumple. Se requiere actualizar e implementar a corto plazo, los planes de inmunización para los trabajadores sometidos a riesgo biológico ya que se presentan debilidades por incumplimiento parcial del Capítulo II, artículo 3 de la Resolución 2346 del 2007, donde se establece las evaluaciones médicas ocupacionales que debe realizar el empleador. Además, de lo establecido en el artículo 10, numeral 1 de la Resolución 1016 de 1989, donde se especifica la realización de los exámenes médicos como una de las actividades del subprograma de medicina preventiva y del trabajo.

Literatura citada

1. Álvarez de la Puente, J.M. (2003). Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. Junta de Andalucía.
2. Álvarez Heredia, F., Conti Parra, L., Jiménez Barbosa, I., Moreno Vargas, O. & Valderrama Montilla, F. (2006). Salud Ocupacional. Bogotá: ECOE Ediciones
3. Álvarez Heredia, F., Faizal Geagea, E. & Valderrama, F. (2010). Riesgos biológicos y bioseguridad. ECOE Ediciones.
4. Domingo, J.L., Nadal, M., Bocio, A. & Marti-Cid, R. (2006). Diseño de un programa de prevención de los riesgos para la salud de los trabajadores de plantas de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos por exposición a contaminantes microbiológicos y químicos. Universidad Rovira i Virgili, Montcada i Reixac.
5. Escobar, N., Mora Delgado, J. & Romero Jola, N.J. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural. 16 (1). 75-88.
6. Gómez Y., Gonzalez M. & Chiroles S. (2004). Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. Medio Ambiente y Desarrollo. 4 (7).
7. Gutiérrez Strauss, A.M. (2011). Guía Técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional para el proceso de evaluación en la calificación de origen de enfermedad. República de Colombia: Ministerio de la Protección Social.
8. ICONTEC. (2007). Norma Técnica Colombiana NTC-OH-SAS 18001. "Sistema de Gestión de Seguridad y Salud. Requisitos" Bogotá, Colombia, 24 de octubre de 2007.
9. Ministerio de Trabajo. Decreto No. 1443 de 2014. "Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)" Bogotá, Colombia, 31 de julio de 2014.
10. Ministerio de Trabajo. Ley No. 1562 de 2012. "Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional" Bogotá, Colombia, 11 de Julio de 2012.
11. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución No. 2400 de 1979. "Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo" Bogotá, Colombia, 22 de mayo de 1979.
12. Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Decreto No. 2981 de 2013. "Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo" Bogotá, Colombia, 20 de diciembre de 2013.
13. Parra, M. (2003). Conceptos básicos en Salud Laboral. Oficina Internacional del Trabajo (OIT).
14. Prieto García, F., Prieto Méndez, J., Callejas Hernández, J., Román Gutiérrez, A. & Méndez Marzo, M. (2010). Bioacumulación de arsénico en las etapas de desarrollo de la cebada maltera. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000100004
15. Prieto Rodriguez, R. (2008). Evaluación de contaminantes químicos en plantas de recuperación y tratamiento de residuos sólidos urbanos. Conferencia llevada a cabo en el IX Congreso Andaluz de Seguridad y Salud Laboral, Sevilla, España.
16. Robles Martinez, F., Leyva Ruelas, G., Zapien Espinosa, J. & Colomer Mendoza, F. (2010). Monitoreo y análisis del proceso de compostaje en una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de México. Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Ciudad de México.
17. Rojas Corona, J. (2014). Lombricompostas caseras, calidad y propuesta para mejorar su proceso. Universidad Veracruzana, Xalapa.
18. Román, P., Martinez, M.M & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile.
19. Ruiz, L (2007). NTP 771: Agricultura: prevención de riesgos biológicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
20. Sánchez Guillen, J.L (S.f.). Microbiología y biotecnología. Recuperado de <http://www.lourdes-luengo.org/unidadesbio/microbiologia/25Microbiologia.pdf>
21. Sánchez Monedero, M.A., Roig, A., Cayuela, M.L. & Steniford, E.I. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. *Ingeniería*. 10 (1). 39-47.
22. Solans Lampurlanés, X., Alonso Espadalé, R.M & Gadea Carrera, E (2001). NTP 597: Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos: riesgos higiénicos. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.
23. Solans Lampurlanés, X., Gadea Carrera, E. & Mansilla Ordoñez, A. (2008). NTP 806: Residuos sólidos urbanos: riesgos laborales en plantas de compostaje (II). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España.
24. Soliva Torrento, M., López Martinez, M & Huerta Pujol, O. (2008). Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje. En J. Moreno Casco (Ed.), *Compostaje*. (pp. 78-79). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
25. Tabares Restrepo, J.E. (2007). Manual para la disposición de residuos líquidos y sólidos en los laboratorios de la coordinación inspección de calidad de la gerencia complejo Barrancabermeja. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 30 de enero de 2016
Aceptado: 25 de marzo de 2016

Análise qualitativa e quantitativa da arborização urbana de um bairro no Bauru, São Paulo, Brasil

Qualitative and quantitative analysis of urban trees in a neighborhood of Bauru, São Paulo, Brazil

Análisis cualitativo y cuantitativo de árboles urbanos de un barrio de Bauru, São Paulo, Brasil

Renan Borgiani¹, Yury Baldo De Arruda², Juliana Sanchez Carlos³,
Marcos Vinícius Bohrer Monteiro Siqueira⁴ & José Dorival Coral⁵.

^{1,2,3}Discentes do curso de Ciências Biológicas. ⁴ Engenheiro Biotecnológico, Mestre em Ecologia Aplicada, Doutor em Ecologia Aplicada. ⁵Biólogo, Mestre em Anatomia Vegetal.

^{1, 2, 3, 4, 5} Universidade do Sagrado Coração, Bauru, São Paulo, Brasil.

¹rborgiani@yahoo.com.br, ² falecomyury@hotmail.com, ³jusanchez93@gmail.com, ⁴mvbsiqueira@gmail.com, ⁵dcoral@usc.br

Resumo

O acelerado crescimento das cidades resultou em vários problemas ambientais. Buscando minimizar esses problemas, a arborização no meio urbano passou a ser indispensável, sendo considerada um dos parâmetros de qualidade de vida para as populações. Neste contexto, o presente estudo visou diagnosticar a situação da arborização urbana do bairro Jardim Brasil, em Bauru – São Paulo, Brasil, através de levantamento qualitativo e quantitativo dos indivíduos arbóreos e arbustivos. Foi possível registrar 23 famílias e 41 espécies, em um total de 510 indivíduos, dentre estes, 11 foram encontrados mortos. O bairro possui uma diversidade relativamente baixa e a maioria das espécies encontradas são exóticas (60,98%). As espécies mais frequentes são: *Licania tomentosa* (31,87%), *Caesalpinia peltophoroides* (11,16%), *Lagerstroemia indica* (9,56%), *Murraya paniculata* (6,57%) e *Terminalia catappa* (5,98%). Grande parte dos problemas encontrados é decorrente do não planejamento da arborização urbana, o que acaba gerando conflitos com a fiação

elétrica e construções. Entretanto, poucos foram os casos de conflitos com a iluminação pública e a sinalização de trânsito. Destacaram-se também o grande número de indivíduos atacados por cupins e formigas (59,34%). Estudos como estes se tornam úteis para tomada de decisões e planejamento da arborização urbana de uma cidade.

Palavras-chave: flora urbana, planejamento urbano, qualidade de vida.

Abstract

The rapid growth of cities has resulted in several environmental problems. Seeking to minimize such problems, the afforestation in urban areas has become indispensable and it is considered a quality of life parameter for the population. In this context, the present study aimed to diagnose the status of urban trees of the neighborhood Jardim Brasil, in the city of Bauru - São Paulo, Brazil, through a qualitative and quantitative survey of shrubs and arboreal

individuals. It was possible to record 23 families and 41 species in a total of 510 trees and shrubs, from which 11 were found dead. The neighborhood has a relatively low variety of species, mostly exotic ones (60.98%). The most common species are: *Licania tomentosa* (31.87%), *Caesalpinia peltophoroides* (11.16%), *Lagerstroemia indica* (9.56%), *Murraya paniculata* (6.57%) and *Terminalia catappa* (5.98%). Most of the problems found are due to the lack of planning of urban forestry, which creates conflicts with the electrical wiring and construction; however, few are the cases of conflict with the street lighting and traffic signs. We also highlight a large number of trees attacked by termites and ants (59.34%). Studies like these become useful for decision making and planning of urban trees of a city.

Key-words: quality of life, urban flora, urban planning.

Resumen

El rápido crecimiento de las ciudades ha dado lugar a varios problemas ambientales. Buscando minimizar estos problemas, la arborización en el medio urbano pasó a ser indispensable y se considera un parámetro de calidad de vida de la población. En este contexto, el presente estudio tuvo como

objetivo diagnosticar la situación de la arborización urbana en el barrio Jardim Brasil en Bauru, São Paulo, Brasil, a través de un levantamiento cualitativo y cuantitativo de las especies arbóreas presentes. Fue posible registrar 23 familias y 41 especies en un total de 510 individuos de los cuales 11 estaban muertos. El barrio tiene una diversidad relativamente baja y la mayoría de las especies encontradas son exóticas (60,98%). Las especies más comunes son: *Licania tomentosa* (31,87%), *Caesalpinia peltophoroides* (11,16%), *Lagerstroemia indica* (9,56%), *Murraya paniculata* (6,57%) y *Terminalia catappa* (5,98%). Gran parte de los problemas encontrados son el resultado de no planificar la silvicultura urbana, lo que termina generando conflicto con el cableado eléctrico y la construcción. Entre tanto, fueron pocos los casos de conflictos con el alumbrado público y las señales de tránsito. Se destacó también el gran número de individuos arbóreos atacados por termitas y hormigas (59,34%). Investigaciones como ésta son útiles para la toma de decisiones y la planificación de los árboles urbanos de una ciudad.

Palabras claves: calidad de vida, flora urbana, planificación urbana.

Introdução

Com o acelerado aumento populacional, muitas cidades cresceram sem um planejamento prévio, provocando grandes modificações na paisagem, sobretudo, a redução da cobertura vegetal nativa, o que resultou em diversos problemas ambientais, como o aquecimento do ar, a impermeabilização do solo e a poluição atmosférica, hídrica e sonora (Melo & Piacentini, 2011; Lundgren & Silva, 2013). Na busca por melhores condições de vida no meio urbano, a flora urbana passou a ser essencial para a manutenção da qualidade de vida, contribuindo para a estabilização do clima, melhorando a qualidade do ar, proporcionando sombra e lazer e fornecendo alimento para a fauna urbana, além de embelezar as cidades (Souza, Dodonov & Cortez, 2012; Sousa, Figueirêdo & Braga, 2013).

Contudo, para uma arborização urbana adequada é necessário um planejamento levando em consideração as características das espécies em relação ao espaço onde serão plantadas. Assim, evitando que futuramente haja danos às plantas e conflitos com a infraestrutura urbana, como a rede elétrica e as tubulações de água e esgoto (Dantas & Souza, 2004; Boeni & Silveira, 2011). Segundo Yamamoto *et al.* (2007), a escolha das sementes para o plantio também deve ser considerada importante, pois estas vão definir a variabilidade genética das plantas. Uma flora urbana com baixa variabilidade genética resulta em vulnerabilidade à infestação de pragas e doenças (Yamamoto *et al.*, 2007).

De acordo com o Manual Técnico de Arborização Urbana (2005), para se obter uma arborização de boa qualidade é necessário, primeiramente, a realização de um levantamento da situação presente, cadastrando a vegetação encontrada, a fim de elaborar um plano de ação visando a implantação de espaços verdes e o manejo da arborização existente (Alvarez *et al.*, 2010). O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise quantitativa e qualitativa dos indivíduos vegetativos de pequeno, médio e grande porte, localizados no bairro Jardim Brasil, da cidade de Bauru - São Paulo.

Material e métodos

O estudo foi realizado no bairro Jardim Brasil, do município de Bauru, localizado na região centro-oeste do estado de São Paulo - Brasil, com as coordenadas geográficas de 22° 18' 54" S, 49° 03' 39" W (Figura 1). O município possui uma área territorial de 667,684 km² e uma população estimada em 343.937 habitantes (IBGE, 2010). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, ou seja, subtropical com chuvas no verão e inverno relativamente seco (Setzer, 1966).



Figura 1. Localização do estado de São Paulo no Brasil e do município de Bauru no estado de São Paulo, com destaque ao bairro Jardim Brasil.

Coleta de dados

Para realizar a coleta de dados foi utilizada a metodologia proposta por Silva Filho *et al.* (2002), com algumas alterações.

Localização e identificação

Durante o levantamento de dados foram registrados a data de realização das análises, o nome da rua, a localização por GPS (latitude e longitude) de cada indivíduo, o nome popular e científico do indivíduo e a largura das ruas e calçadas.

Dimensões

Foram medidos em cada indivíduo a altura geral, o perímetro na altura do peito (PAP) e o diâmetro da copa. Para obter a altura geral, utilizou-se como

referência um podão de 2,30m e foi realizada uma análise visual comparativa a aproximadamente 8m de distância do indivíduo. O PAP foi medido com uma fita métrica e o diâmetro da copa foi obtido através da multiplicação entre a largura e o comprimento da copa.

Análise biológica

Para todos os indivíduos observados foi realizada uma análise biológica de acordo com as seguintes definições:

Estado geral - foram classificados em 5 estados: ótimo, quando estava em boas condições, sem a presença de injúrias, não contendo ataque por insetos, nem doenças e apresentava nenhuma ou pouca

necessidade de manutenção; bom, quando havia necessidade de pequenas manutenções, como poda leve, controle de fitossanidade, ataque de insetos, doenças e a descaracterização natural do espécime; regular, quando apresentava problemas fisiológicos, fitossanidade, ataque por insetos, com grande danos na arquitetura e na forma estrutural, características modificadas e necessidade de reparos imediatos; péssimo, com desequilíbrio no caule e na copa, intenso ataque de fungos e cupins e quando o reparo fisiológico não era mais viável, havia necessidade de substituição; e morto, quando indivíduo morto, sem funcionamento fisiológico, seco.

Equilíbrio geral - quando o indivíduo apresentava um caule ereto e sua copa estava dividida igualmente para todos os lados, fornecendo um bom equilíbrio para o vegetal.

Fitossanidade - quando apresentava, foi marcado o nome popular do agente causador do ataque.

Intensidade - de acordo com a fitossanidade foram classificadas em leve, quando não apresentava danos fisiológicos; médio, quando havia danos fisiológicos visíveis; pesado, quando a deficiência fisiológica era irreversível de maneira normal, sem intervenção do homem.

Local do ataque - registro da parte morfológica atacada ou injuriada.

Injúrias - anotou-se a intensidade das injúrias encontradas, sendo classificadas em ausente, quando não apresentava injúria; leve, quando a injúria não causava danos ao indivíduo; médio, quando o dano era reparável; e grave, quando o dano era irreparável.

Ecologia - se o indivíduo possuía relações ecológicas, como, por exemplo, interação com insetos e outros animais que auxiliam na dispersão de pólen e semente, e também, se apresentava líquens, epífitas e parasitas.

Fenologia - quanto a presença de folhas, flores e frutos.

Análise do entorno dos indivíduos

Foram analisadas também características do entorno dos indivíduos de acordo com as definições a seguir:

Local geral - onde o indivíduo se encontrava (calçada, canteiro central, praça ou via pública).

Localização relativa - se o indivíduo se encontrava junto à guia, à divisa ou centralizado.

Pavimento - o local onde o indivíduo estava, podendo ser pedra, cimento, terra, cerâmica ou graminea.

Afloramento da raiz - quando a raiz estava aflorando na calçada, canteiro, construção ou na rua. O critério de análise foi se a raiz da árvore estava sobressaindo ou trincando o calçamento.

Participação - em relação a outros indivíduos, se estava isolada ou tinha a participação de outra árvore.

Tipo de fiação - qual a fiação afetada pelo crescimento do espécime (primeira via, segunda via, derivação ou telefônica). Foram classificados em ausente, quando não havia possibilidade de interferências; atual, quando os galhos já estavam encostando na fiação; e potencial, quando a árvore poderia crescer mais e alcançar os fios.

Tráfego - de acordo com o fluxo de carros que passaram na via pública durante a análise do espécime, sendo classificado em leve, médio ou pesado.

Recuo - se possuía o recuo da árvore em relação a calçada.

Situação adequada - se o recuo da árvore estava devidamente correto, levando em conta a passagem confortável de um pedestre.

Manilha - quanto a interferência de alguma manilha na calçada.

Colo pavimentado - se a base do caule estava pavimentada, impedindo a raiz de respirar.

Árvore dentro do imóvel - quando possuía alguma parte da árvore dentro do imóvel.

Posteamento, iluminação e sinalização - classificados em ausente, quando não havia riscos de prejuízos; atual, quando atrapalhava o funcionamento; potencial, quando, com o crescimento natural esperado, a planta poderá futuramente danificar estes pertences públicos.

Muro ou construção - classificadas em ausente, quando não tinha a chance de danificar o imóvel devido à sua localização; atual, quando a planta já se encontrava dentro do imóvel; e potencial, quando a planta poderia atingir a construção.

Ação executada - trata-se da ação executada pelo responsável da árvore e a avaliação desta ação.

Podendo ser uma poda leve ou pesada, controle, plantio, reparo de danos e ampliação de canteiro.

Ação recomendada - após a análise foi citado algumas ações que poderão melhorar a qualidade tanto fisiológica quanto arquitetônica do indivíduo, como poda leve ou pesada, plantio, reparo de danos, controle, substituição, ampliação do canteiro.

Resultados e discussão

No levantamento da flora urbana no bairro Jardim Brasil foram amostrados 510 indivíduos, pertencentes a 24 famílias botânicas, 37 gêneros e 43 espécies. Desse total, 18 espécies são consideradas nativas e 26 são exóticas (Tabela 1).

Tabela 1. Lista das espécies com suas respectivas famílias, origem e frequência (Fr.) no bairro Jardim Brasil, Bauru, São Paulo, Brasil.

Famílias	Nome científico	Origem	Nº indiv.	Fr.
Anacardiaceae	Mangifera indica L.	Exótica	1	0,20%
	Schinus molle L.	Nativa	25	4,98%
	Schinus terebenthi folius Raddi	Nativa	1	0,20%
Annonaceae	Rollinia mucosa (Jacq.) Baill.	Nativa	4	0,80%
Apocynaceae	Nerium oleander L.	Exótica	8	1,59%
Arecaceae (Palmae)	Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.	Nativa	1	0,20%
	Syagrus romanzoffiana (Cham.)	Nativa	2	0,40%
Bignoniaceae	Jacaranda mimosifolia D. Don.	Exótica	1	0,20%
	Spathodea nilotica Seem.	Exótica	1	0,20%
	Tabebuia chrysotricha (Mart. ex DC.) Standl.	Nativa	1	0,20%
	Tabebuia impetiginosa (Mart.) Standl.	Nativa	2	0,40%
	Tabebuia roseo-alba (Ridl.) Sand.	Nativa	2	0,40%
	Tecomastans (L.) Juss. exKunth	Exótica	1	0,20%
Bombacaceae	Pachira aquática Aubl.	Nativa	6	1,20%
Chrysobalanaceae	Licania tomentosa (Benth.) Fritsch.	Nativa	160	31,87%
Clusiaceae	Garcinia cochinchinensis Choisy.	Exótica	1	0,20%

Continuação Tabela 1

Famílias	Nome científico	Origem	Nº indiv.	Fr.
Combretaceae	Terminalia catappa L.	Exótica	30	5,98%
Fabaceae – Caesalpi- noideae	Bahuinia variegata L.	Exótica	6	1,20%
(Leguminosae)	Caesalpinia peltophoroides Benth.	Nativa	56	11,16%
	Caesalpinia pulcherrina (L.) Sw.	Exótica	5	1,00%
	Holocalyx balansae Mich.	Nativa	3	0,60%
	Senna siamea (Lam.) H.S. Irwin & R.C. Barneby	Exótica	5	1,00%
Lauraceae	Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	Nativa	16	3,19%
Lythraceae	Lagerstroemia indica L.	Exótica	48	9,56%
	Lagerstroemia loudonii Teism. & Binn.	Exótica	2	0,40%
Magnoliaceae	Michelia champaca L.	Exótica	4	0,80%
Malpighiaceae	Bunchosia argentea (Jacq.) DC.	Exótica	1	0,20%
	Malpighia emarginata Sessé & Moc. ex DC.	Exótica	1	0,20%
Malvaceae	Hibiscus rosa-sinensis L.	Exótica	2	0,40%
Melastomataceae	Tibouchina granulosa Cogn.	Nativa	16	3,19%
Moraceae	Ficus benjamina L.	Exótica	10	1,99%
	Morus nigra L.	Exótica	1	0,20%
Myrtaceae	Eugenia involucrata DC.	Nativa	1	0,20%
	Eugenia uniflora L.	Nativa	6	1,20%
	Syzygium cumini (L.) Skeels	Exótica	3	0,60%
	Psidium guajava L.	Nativa	8	1,59%
Oleaceae	Ligustrum lucidum W.T. Ait.	Exótica	9	1,79%
Phytolaccaceae	Segueira langsdorffii iMoq.	Nativa	3	0,60%
Polygonaceae	Triplaris caracasana Cham.	Exótica	5	1,00%
Rhamnaceae	Hovenia dulcisThunb.	Exótica	1	0,20%
Rutaceae	Murraya paniculata (L.) Jacq.	Exótica	33	6,57%
Verbenaceae	Calicarpa reevesii Wall. Ex Walp.	Exótica	1	0,20%
	Petrea arborea Kunth.	Exótica	1	0,20%
	Não identificada		1	0,20%
	Total		510	100%

As famílias com maior número de espécies foram Bignoniaceae (26,09%), Fabaceae-Caesalpinoideae (21,74%) e Myrtaceae (17,39%). Entre essas famílias, a Fabaceae-Caesalpinoideae foi a que mais contribuiu com o número de indivíduos amostrados devido a grande quantidade de *Caesalpinia peltophoroides* (11,16%), que aparece como a segunda espécie com maior frequência relativa.

A espécie com maior frequência relativa foi a *Licania tomentosa* (Oiti), com 160 indivíduos amostrados, representando 31,87% do total, seguida por *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) com 56 indivíduos (11,16%), *Lagerstroemia indica* (Resedá) com 48 indivíduos (9,56%), *Murraya paniculata* (Murta-de-cheiro) com 33 indivíduos (6,57%) e *Terminalia catappa* (Chapéu-de-sol) com 30 indivíduos (5,98%). Essas cinco espécies representam 65,14% do total de indivíduos amostrados, os 34,86% restantes estão representados por 22 indivíduos exóticos e 17 nativos.

No levantamento realizado por Miranda & Carvalho (2009) e Stranghetti & Silva (2010), foram amostrados 1.891 indivíduos (37 famílias) e 2.640 indivíduos (28 famílias), respectivamente. Considerando o número total de indivíduos amostrados, a diversidade

na presente pesquisa é maior do que nos trabalhos acima. Pereira *et al.* (2005) destacam que a diversidade da vegetação presente na área urbana é de suma importância para ampliação e manutenção do equilíbrio ecológico.

Distribuição espacial

A análise da distribuição espacial das espécies amostradas em trabalhos científicos sobre a flora urbana não é comum. Entretanto, esses dados podem contribuir com os gestores públicos no sentido de fornecer de forma mais clara como está a distribuição das espécies. Sendo assim, durante a análise foi elaborado mapas para as cinco espécies que apresentaram as maiores frequências relativas.

A *L. tomentosa* apresentou uma distribuição homogeneia no bairro. Os 160 indivíduos amostrados ocorrem em todas as áreas, o que já era esperado, pois é a espécie com maior frequência relativa (Figura 2). Esta espécie tem se destacado em número de indivíduos em muitos levantamentos da flora urbana realizados no Brasil (Silva Filho *et al.*, 2002; Rossatto, Tsuboy & Frei, 2008; Stranghetti & Silva, 2010; Pires *et al.*, 2010), entretanto, por apresentar de médio a grande porte, não é recomendada para calçadas sob a rede elétrica (Lorenzi, 2002).



Figura 2. Distribuição espacial de *L. tomentosa* no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

A segunda e a quinta espécie que apresentaram maior frequência relativa foram *C. peltophoroides* e *T. catappa*, respectivamente. Elas obtiveram uma

distribuição espacial irregular, com a *C. peltophoroides* concentrada em dois pontos: na rua Piauí e ao redor da praça na rua Benedito M. Pinto (Figura 3).



Figura 3. Distribuição espacial das espécies *C. peltophoroides* e *T. catappa* no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

Nos estudos realizados nas cidades Assis - SP (Rossatto, Tsuboy & Frei, 2008), Foz do Iguaçu - PR (Toscan *et al.*, 2010), Goiandira - GO (Pires *et al.*, 2010), a espécie *C. peltophoroides* sempre aparece entre as 10 primeiras com maior frequência relativa. Ela foi bastante utilizada na arborização urbana, porém seu grande porte causa danos nas calçadas, nas tubulações de água e esgoto e nas redes de energia elétrica e telefônica, por isso, seu uso não é recomendado (Lorenzi, 2002). Já a *T. catappa* está entre as quatro espécies com

maior frequência relativa nos trabalhos de Pires *et al.* (2010) e Araújo *et al.* (2009).

A *L. indica*, espécie exótica que apresentou a terceira maior frequência relativa, tem uma distribuição espacial regular, com seus 48 indivíduos localizados, principalmente, em ruas onde há fiação devido ao seu pequeno porte. Entretanto, a espécie com a quarta maior frequência relativa, a *M. paniculata*, apresentou uma distribuição irregular, com a concentração de indivíduos em algumas ruas do bairro (Figura 4).



Figura 4. Distribuição espacial das espécies *L. indica* e *M. paniculata* no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

A espécie *L. indica* também apresentou alta frequência em outros estudos, como o de Coletto, Müller & Wolki (2008), Melo & Piacentini (2011) e Miranda & Carvalho (2009). Segundo Lorenzi, Souza & Torres (2003), esta é uma espécie de pequeno porte que pode atingir a altura máxima de 6m, indicada para locais embaixo de fiações, assim como a *M. paniculata*, que apresenta de 3 a 5m e ficou entre as três espécies de maior frequência nos trabalhos de Colleto, Müller & Wolki (2008) e Pires *et al.* (2010).

Análise biométrica

As ruas do bairro Jardim Brasil apresentaram largura que variaram entre 5,10m e 8,50m e as calçadas variaram de 1,60m a 2,90m. As ruas com menor largura são aquelas mais antigas no bairro e localizadas em pontos de menor movimento de carros e pedestres. A grande maioria das ruas e do passeio público apresentam dimensões dentro do que prevê a literatura consultada. No entanto, os passeios públicos com maiores dimensões devem

ser melhor exploradas com o plantio de espécies de médio a grande porte.

De acordo com o Manual Técnico de Arborização Urbana (2005), quando a calçada apresentar entre 1,50m e 2,0m deve ser plantado espécies de pequeno porte; de 2,0m a 2,40m, espécies de pequeno e médio porte; de 2,40m a 3,0m, recomenda-se o plantio de espécies de médio e grande porte desde que não estejam abaixo de redes de energia elétrica.

Na análise da altura, as árvores mais representativas foram as de grande porte (classes 4 e 5) com 37,08%, seguidas das de médio porte (classe 3) com 32,63% e as de pequeno porte (classes 1 e 2) com 30,26% (Figura 5). Com esses resultados, nota-se que não existe muita diferença em relação à quantidade de indivíduos por seu porte. Nos trabalhos pesquisados, é observado sempre o destaque de uma categoria, os resultados obtidos por Almeida & Neto (2010) e Boeni & Silveira (2011) apresentaram o predomínio de médio porte.

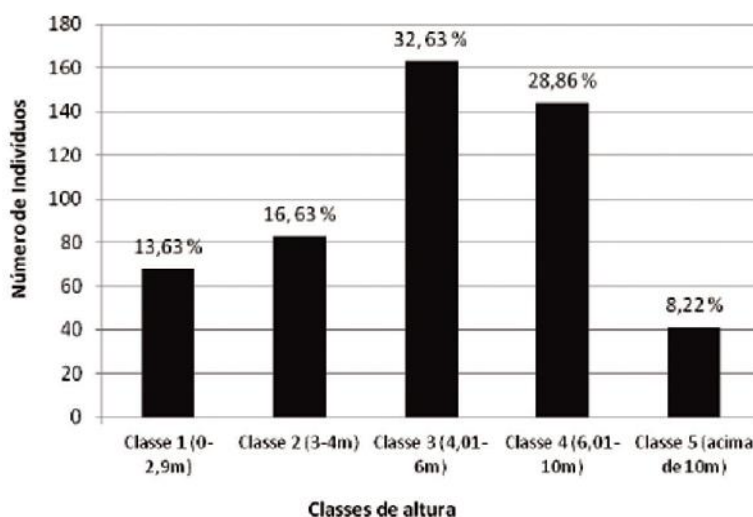


Figura 5. Frequência das classes de altura de todos os indivíduos amostrados no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

Os resultados obtidos no PAP também estão dentro dos padrões esperados para as espécies cultivadas na área urbana. Dos indivíduos amostrados, 71,94% possuem um PAP entre 0,1 e 1m (classe 1),

seguido da classe 2 (1,01 a 2m) com 25,25%. Apenas 2,81% dos indivíduos apresentaram mais de 2m PAP (classe 3), eles não são muito comuns por questões estruturais (Figura 6).

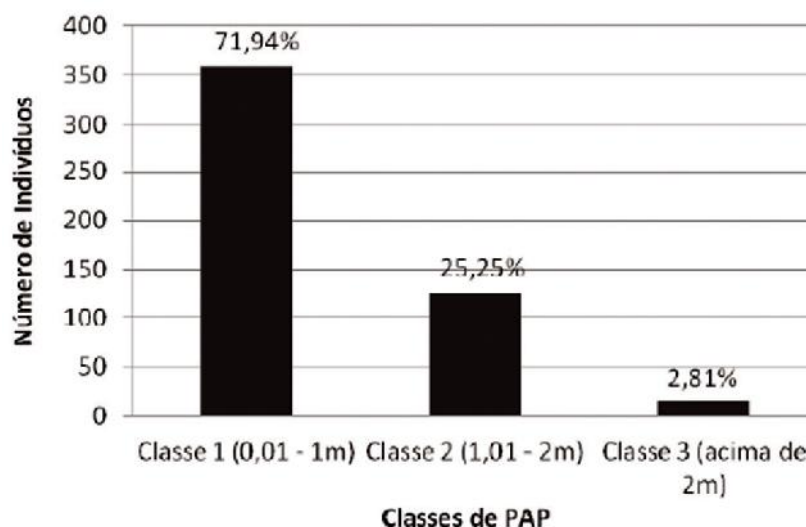


Figura 6. Frequência das classes de PAP de todos os indivíduos amostrados no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

Dos 510 indivíduos amostrados, foram encontrados 278 indivíduos (54,51%) em bom estado, resultado superior ao encontrado por Souza, Dodonov & Cortez (2012) em Ourinhos - SP, no qual apenas 28,1% das árvores foram classificadas como vigorosas. Contudo, as pesquisas de Boeni & Silveira (2011), Pires *et al.* (2010) e Coletto, Müller & Wolki (2008), apresentaram resultados superiores, com 72,9%, 84% e 86,4%, respectivamente.

Dos indivíduos restantes, 170 foram classificados em regular (33,33%), seguido por 31 em ótimo (6,08%), 20 em péssimo estado (3,92%) e 11 como mortos (2,16%). Além disso, a maioria dos indivíduos (59,32%) não apresentaram lesões, 29,66% apresentaram lesões leves e 6,01% lesões médias. O vandalismo contra as árvores apresentou uma taxa de 4,81%. Quanto a fitossanidade, 73,95% dos indivíduos amostrados foram encontrados com algum tipo de praga, destacando a formiga (37,68%), cupim (21,66) e fungo (18,05%).

A *L. tomentosa*, que apresentou a maior frequência relativa, é uma espécie que sofre muito com as podas. Dos 160 indivíduos amostrados, 125 foram encontrados com poda leve e 28 com poda pesada, totalizando 153 indivíduos podados.

Muitos indivíduos foram encontrados em desequilíbrio, sendo esse um fator indispensável na análise. Do total amostrado, 66% estavam de alguma forma desequilibrados na copa (11%) ou no caule (9%) e a maioria (46%) com os dois itens em desequilíbrio. Segundo o Manual Técnico de Arborização Urbana (2005), o fato da árvore não estar de acordo com sua arquitetura natural pode acarretar problemas e sua eliminação é recomendada quando associado a outros problemas tais como lenho danificado. Além disso, as espécies que apresentam uma madeira mole, como a *Schinus molle* e *Psidium guajava*, e o caule e ramos quebradiços, precisam de um acompanhamento técnico minucioso, pois são vulneráveis a chuvas e ventos fortes, colocando em risco a segurança de civis, veículos e imóveis.

Análise do entorno dos indivíduos

Com análise do entorno dos indivíduos amostrados neste trabalho, foi possível constatar as interferências que estavam causando as vias públicas. A interferência com a fiação (68,74%), o afloramento da raiz (65,53%) e árvores invadindo imóveis (54,71%) foram os danos que apresentaram maior frequência (Figura 7).

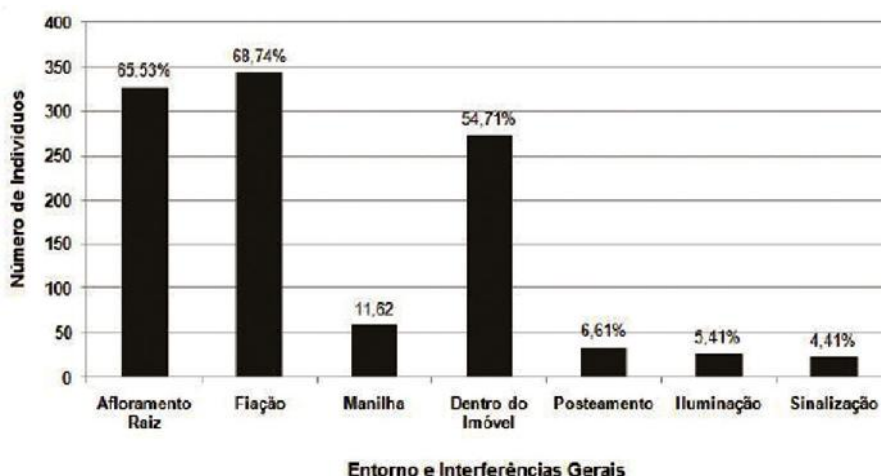


Figura 7. Análise do entorno e interferências causadas pelos indivíduos amostrados no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

Miranda & Carvalho (2009) e Rocha, Leles & Neto (2004) constataram valores bem menores de interferência com a fiação, 10% e 35% dos indivíduos, respectivamente. Na maioria das vezes esses conflitos são devido ao fato do não planejamento da flora urbana. Em outro estudo, Almeida & Barbosa (2010) identificaram que de 1.237 árvores plantadas sob fiação elétrica, 56,10% interferiram na fiação, ou seja, durante o levantamento, mais da metade das árvores avaliadas tocavam a fiação pondo em risco a vida humana, seja durante a poda ou durante as chuvas por uma descarga elétrica.

A análise das ações recomendadas mostrou que todas as árvores amostradas no bairro

apresentam a necessidade de algum tipo de reparo. O mais frequente foi a ampliação do canteiro (62,55%), seguido por poda leve (56,80%), substituição (17,45%), controle (10%) e poda pesada (7,24%).

Quanto as ações executadas, o maior problema encontrado foi a poda realizada de maneira errônea. Num total de 510 indivíduos amostrados, 424 sofreram algum tipo de poda, sendo que 50,94% foram classificadas como péssima ou regular. Desse total de indivíduos, 80,89% apresentaram algum tipo de fitossanidade que pode ser decorrente das lesões que funcionam como porta de entrada para pragas e doenças (Figura 8).

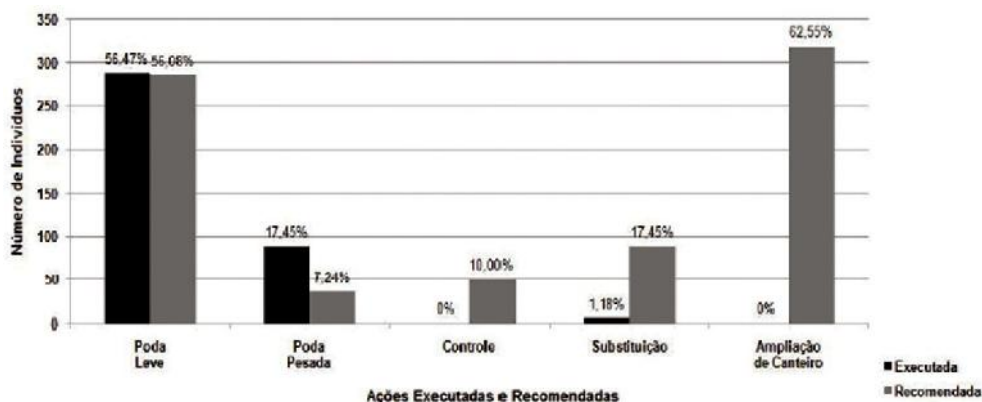


Figura 8. Ações executadas e recomendadas dos indivíduos amostrados no bairro Jardim Brasil, em Bauru - São Paulo, Brasil.

Conclusão

A análise quali-quantitativa da arborização urbana no bairro Jardim Brasil, Bauru – SP demonstrou a predominância de espécies exóticas e riqueza baixa, porém, semelhante a outros levantamentos realizados no Estado de São Paulo. Destacaram-se as espécies *Licania tomentosa* e *Caesalpinia peltophoroides* com maior número de indivíduos amostrados, resultado semelhante a outros municípios do Brasil. A maioria das plantas são de grande porte com 37,08% dos indivíduos apresentando altura superior a 6 metros; quanto ao estado geral, 54,51% foram consideradas em bom estado, destacando-se que grande parte delas (66%) apresentou desequilíbrio de tronco e/ou copa. A maioria dos indivíduos apresentou interferência com a rede elétrica e afloramento do sistema radicular.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Mirian Cury pela revisão do manuscrito e à Eleonora Zambrano pela tradução do resumo em espanhol.

Literatura citada

- Almeida, D. N. & Neto, R. M. R. (2010). Análise da arborização urbana de duas cidades da região norte do estado de Mato Grosso. *Revista Árvore*, 34 (5), 899-906.
- Almeida, J. R. & Barbosa, C. G. (2010). Diagnóstico da arborização urbana da cidade de Cacoal-RO. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 5 (1), 61-81.
- Alvarez, I. A., Silva Filho, D. F., Couto, H. T. Z. & Polizel, J. L. (2010). Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP. *Revista Árvore*, 34 (4), 691-698.
- Araújo, C. A., Ribeiro, I. A. M., Morais M. S. & Araújo, J. L. O. (2009). Análise quali-quantitativa da arborização no bairro Presidente Médici, Campina Grande - PB. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 4 (1), 133-144.
- Boeni, B. O. & Silveira, D. (2011). Diagnóstico da arborização urbana em bairros do município de Porto Alegre, RS, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 6 (3), 189-206.
- Coletto, E. P., Müller, N. G. & Wolski, S. S. (2008). Diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Sete de Setembro - RS. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 3 (2), 110-122.
- Dantas, I. C. & Souza, C. M. C. (2004). Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 4 (2).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. Censo demográfico 2010. Recuperado de: <<http://www.ibge.gov.br/>>
- Lorenzi, H. (2002). Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa, Brasil: Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H., Souza, H. M. & Torres, M. A. V. (2003). Árvores exóticas no Brasil: madeireiras ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, Brasil: Instituto Plantarum, 385p.
- Lundgren, W. J. C. & Silva, L. F. (2013). Correlação entre índices das árvores e classes sociais na cidade de Serra Talhada - PE. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 8 (4), 107-124.
- Melo, E. F. R. Q. & Piacentini, C. A. M. (2011). Diversidade da arborização urbana no município de Colorado (RS). *Revista Ambiental*, 7 (2), 339.
- Miranda, T. O. & Carvalho, S. M. (2009). Levantamento quantitativo e qualitativo de indivíduos arbóreos presentes nas vias do bairro da Ronda em Ponta Grossa - PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 4 (3), 143-157.
- Pereira, G. A., Monteiro, C. S., Campelo, M. A. & Me-deiros, C. (2005). O uso de espécies vegetais, como instrumento de biodiversidade da avifauna silvestre na arborização pública: o caso de Recife. *Atualidades Ornitológicas*, (125), 10.
- Pires, N. A. M. T. Melo, M. S., Oliveira, D. E. & Santos, S. X. (2010). A arborização urbana do município de Goiandira/GO - Caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. *Revista Brasileira de Arborização Urbana*, 5 (3), 185-205.
- Prefeitura Municipal de São Paulo (2005). Manual técnico de arborização urbana. São Paulo: Secretária Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2ª ed.
- Rocha, R. T., Leles, P. S. S. & Neto, S. N. O. (2004). Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. *Revista Árvore*, 28 (4), 599-607.
- Rossatto, D. R., Tsuboy, M. S. F. & Frei, F. (2008). Arborização urbana na Cidade de Assis - SP: uma abordagem quantitativa. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 3 (3), 1-16.
- Setzer, J (1966). Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo. São Paulo: Comissão Interestadual da bacia do Paraná-Uruguaí/CESP.
- Silva Filho, D. F., Pizetta, P. U. C., Almeida, J. B. S. A., Pivetta, K. F. L. & Ferrauda, A. S. (2002). Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. *Revista Árvore*, 26 (5), 629-642.
- Sousa, L. M., Figueirêdo, M. F. & Braga, P. E. T. (2013). Levantamento quali-quantitativo da arborização urbana do distrito de Rafael Arruda, Sobral, CE. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 8 (3), 118-129.
- Souza, C. S., Dodonov, P. & Cortez, R. B. (2012). Diversidade, fitossanidade e adequação da arborização ao ambiente urbano em um bairro na cidade de Ourinhos, SP, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 7 (4), 77-89.

23. Stranghetti, V. & Silva, Z. A. V. (2010). Diagnóstico da arborização das vias públicas do município de Uchôa - SP. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 5 (2), 124 - 138.
24. Toscan, M. A. G., Rickli, H. C., Bartinick, D., Santos, D. S. & Rossa, D. (2010). Inventário e análise da arborização do bairro Vila Yolanda, do Município de Foz do Iguaçu - PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 5 (3), 165 - 184.
25. Yamamoto, M. A., Sobierajski, G. R., Silva Filho, D. F. & Couto, H. T. Z. (2007). Árvores matrizes de *Tabebuia pentaphyla* (L.) Hemsl. (Ipê de El Salvador) e *Caesalpinia pluviosa* DC. (Sibipiruna) em área urbana, selecionadas por meio de índice de importância. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 2 (3), 13-31.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 13 de mayo de 2016

Aceptado: 03 de junio de 2016

Propagación y crecimiento inicial del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres

Propagation and initial growth of abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), using wild seed

Propagação e crescimento inicial do abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando sementes silvestres

Harlenson Pinilla Cespedes¹, Henry Hernan Medina Arroyo², Jhon Jerley Torres Torres³, Estivinson Córdoba Urrutia⁴, Juan Carlos Córdoba Moreno⁵, Yosuar Mosquera Ampudia⁶ & Melida Martínez Guardia⁷

^{1, 3, 4, 5, 6}Ingeniero Agroforestal. ²Ingeniero Forestal, Magister en manejo del Bosque. ⁷Zootecnista, Especialista en Informática Educativa, Magister en Ciencia de Reproducción Animal, Doctora en Ciencia Animal

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Grupo de Investigación Ciencia Animal y Recursos Agroforestales. Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba". Quibdó, Colombia

¹harlenson9@hotmail.com, ²hehemear@gmail.com, ³jhonjerleytorres@gmail.com, ⁴scordobau@gmail.com, ⁵carlos.0791@hotmail.com, ⁶themaravilloso10@hotmail.com, ⁷melidamaguar@yahoo.es

Resumen

Se realizó la propagación de la especie forestal Abarco *Cariniana Pyriformis* Miers, con el objetivo de analizar su comportamiento en vivero utilizando semillas botánicas no mejoradas. Se utilizó un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial compuesto por 10 factores por condición lumínica -luz y sombra- y 45 unidades experimentales. Se utilizaron diferentes combinaciones de sustratos orgánicos. Las semillas fueron sometidas a un tratamiento pre-germinativo en presencia de un testigo. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, crecimiento en altura y diámetro y porcentaje de supervivencia. La especie comenzó la germinación 13 días después de la siembra y se extendió hasta el día 27. Los resultados del proceso de germinación fueron de 60 % y 40% a plena exposición solar y bajo malla poli-sombra, respectivamente. El

crecimiento en altura de las plántulas muestra al factor CF con el mejor valor 28,94 cm, bajo condiciones de luz y el factor EF, con 25,56 cm a plena exposición de sombra. Mientras el incremento en diámetro los factores DF y EF registraron valores de 1,04 cm y 0,84 cm, bajo las condiciones sol y sombra respetivamente. Las semillas de esta especie son no-fotoblásticas, es decir que para su germinación es indiferente la presencia o ausencia de luz. Las plántulas ubicadas en la condición ambiental sol registraron mejores valores promedios en las variables diámetro y altura. Por tanto, esta condición ejerce efecto positivo para el crecimiento inicial de las plántulas de abarco *C. pyriformis*.

Palabras claves: germinación, pre-germinativos, semillas, sustrato, tratamiento.

Abstract

The propagation of the forest species abarco *Cariniana Pyriformis* Miers was carried out with the objective of analyzing its behavior in nursery using botanical seeds not improved. A completely randomized design with a factorial arrangement composed of 10 factors per light condition -light and shade- And 45 experimental units. Different combinations of organic substrates were used. The seeds used were pre-germinated in the presence of a control. The variables evaluated were percentage of germination, growth in height and diameter and percentage of survival. The species began germination 13 days after sowing and extended to day 27. The results of the germination process were 60% and 40% at full sun exposure and under poly-shade mesh respectively. The height growth of the seedlings shows the CF factor with the best value 28.94 cm, under light conditions and EF factor, with 25.56 cm at full shadow exposure. While the increase in diameter DF and EF factors registered values of 1.04 and 0.84 cm under sun and shade conditions respectively. The seeds of this species are non-photoblastic, meaning that the presence or absence of light is indifferent to its germination. The seedlings located in the environmental sun condition recorded better average values in the variables diameter and height. Therefore, this condition exerts a positive effect on the initial growth of abarco *C. pyriformis* seedlings.

Key-words: germination, pre-germinative, seed, substrate, treatment.

Resumo

Realizou-se a propagação da espécie florestal *Cariniana Pyriformis* Miers, com objetivo de analisar seu comportamento em viveiro utilizando-se sementes botânicas não melhoradas. Foi feito um delineamento de blocos ao acaso com 10 fatores por condição luminosa -luz e sombra- e 45 unidades experimentais. Utilizaram-se diferentes misturas de substratos orgânicos. As sementes foram submetidas a um tratamento pre-germinação na presença de um controle. As variáveis avaliadas foram percentual de germinação, crescimento em altura de diâmetro e percentual de sobrevivência. A espécie começou a germinação 13 dias após do plantio e foi até o dia 27. Os resultados do processo de germinação foram 60 % e 40% exposição solar plena e baixo sombrite, respectivamente. O crescimento em altura das plântulas mostram o fator CF como o melhor fator com valor de 28,94 cm, em condições de luz e o fator EF, com 25,56 cm com total exposição na sombra. Enquanto isso, o incremento no diâmetro dos fatores DF e EF mostraram valores de 1,04 cm e 0,84 cm, em condições de sol e sombra respectivamente. As sementes desta espécie são não-fotoblásticas, ou seja, que para a germinação não faz diferença a presença ou ausência de luz. As plântulas localizadas na condição ambiental de sol registraram melhores valores médios para as variáveis diâmetro e altura. Isso quer dizer que essa condição tem efeito positivo no crescimento inicial das plântulas de abarco *C. pyriformis*.

Palavras-chave: germinação, pre-germinativos, semente, substrato, tratamento.

Introducción

La biodiversidad en Colombia en diversas manifestaciones, ha permitido que, ocupe el segundo lugar entre los doce primeros países del mundo en diversidad biológica y endemismos, esto obedece a que, aporta el 10% de biodiversidad a nivel mundial (Bryant, 1997); la cual, está representada en gran parte, por cinco eco regiones como son: Llanuras del Caribe, Amazonía, Orinoquia, la Región Andina y Chocó Biogeográfico (Hernández, Hurtado, Ortiz

& Walschburger, 1992), siendo este último, uno de los lugares con mayor biodiversidad del planeta (Díaz & Gast, 2009).

La biodiversidad está siendo amenazada por actividades antrópicas como la deforestación, la apertura de tierras para la agricultura y ganadería, la construcción de obras civiles, la extracción minera y el aprovechamiento insostenible de productos y

beneficios forestales (CORANTIOQUIA, 2007; Secretaría de Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009), lo cual ha ocasionado reducciones notables de especies vegetales de alto valor comercial, entre las que se mencionan al abarco *Cariniana pyriformis* Miers, lo anterior se debe, a la calidad y durabilidad de la madera que es muy apreciada tanto en el mercado nacional como internacional. Esta situación ha generado que en Colombia los registros indiquen, reducciones de hasta 80% de sus individuos (Farfán, 2012).

En el departamento del Chocó, el cual hace parte del Chocó biogeográfico, el abarco *C. pyriformis* es transformada en dos productos madera rolliza y aserrada, siendo esta última la más representativa, ya que de ella se obtienen subproductos como: bloques, tablas, trozas, tablones, vigas, postes y polines; lo cual ha originado su incorporación entre las 6 especies que representan el 50% de la madera extraída y comercializada en este departamento (Informe de Cobertura de Desarrollo Regional, 2012). Lo anterior, ha originado que la especie este catalogada como en peligro crítico (CR) a la extinción a nivel regional (Corporación Autónoma Regional para el desarrollo Sostenible del Chocó “CODECHOCO”, 2010; Klinger, 2008), como a nivel nacional (Cárdenas & Salinas, 2005; Galeano *et al.*, 2007). Lo que es revalidado por la Unidad Internacional de Conservación Natural UICN (2012).

En coherencia con lo anterior, Klinger (2008) manifiesta que esta situación de la especie *C. pyriformis* y en general las selvas del Chocó exige a las autoridades ambientales ejercer control sobre las actividades que deterioran los ecosistemas boscosos y restringen su conservación y protección. Algunas estrategias se han adelantado al respecto, sobresaliendo entre estas la emprendida en el año 2010, por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial “MAVDT” mediante la resolución N° 383 del 23 de febrero declara a él abarco *C. pyriformis* en peligro crítico de extinción (CR), otorgando veda total a la especie. Otra acción adoptada por el gobierno nacional fue la estructuración del establecimiento de un fondo de capital privado forestal, donde se pretendía tener más árboles sembrados, más

empleo, mejores condiciones de vida para nuestros campesinos, menor presión en el bosque natural y mejores beneficios ambientales para las comunidades (FEDEMADERAS, 2012).

Sumado a esto, aunque se ha avanzado en estrategias para la propagación en vivero y conservación del abarco *C. pyriformis* con diferentes sustratos orgánicos (Arena, tierra de bosque, gallinaza, hojarasca, tierra de hormiga y cascara de arroz) y diferentes tratamientos pre germinativos precisamente inmersión en agua a diferentes horas (CONAFOR, 2010; CATIE, 2002; CORANTIOQUIA, 2007; Betancur & Raigosa, 1973; Guerra & Montoya, 2013; Mosquera *et al.*, 2012 & Pinilla, 2015), se debe agregar que la mayoría de estos estudios fueron realizados con semillas certificadas provenientes de la casa comercial Semicol. S.A.

Basado en lo anterior, el propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de tratamientos pre germinativos y sustratos orgánicos en la germinación y el crecimiento inicial del abarco *C. pyriformis*, bajo dos condiciones de luminosidad -libre exposición solar y bajo sombra- utilizando semillas silvestres, semillas botánicas no mejoradas. Este recurso representa una importancia incalculable para la preservación de los bosques y las especies nativas en los diferentes ecosistemas (CORANTIOQUIA, 2007). Además de esto cobra una amplia validez para los campesinos y productores, ostentada en la consecución inmediata de las semillas sin necesidad de comprarlas en una casa comercial, estas semillas generalmente se pierden o se descomponen y en algunos casos son de consumo para los animales, por consiguiente se hace importante que los seres humanos asentados en los distintos ecosistemas boscosos le den otra utilidad a este recurso genético.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el corregimiento de Salero, el cual, se encuentra ubicado al norte del municipio de Unión Panamericana, en el departamento del Chocó, Colombia, sobre las coordenadas X= 1.080.403

y $Y = 1.050.096$, a una distancia de 3 km de la cabecera municipal de las Animas. La población de salero es de 480 habitantes aproximadamente, (IIAP, 2006), presenta una temperatura promedio anual mayor de 24°C y precipitación menor de 8000 mm anuales, según el sistema de clasificación de Holdridge (1987) pertenece a la zona de vida bosque pluvial tropical bp-T.

Material vegetal y sustratos. Se utilizaron semillas silvestres de la especie en estudio, provenientes de los bosques del municipio de Ríosucio en el departamento del Chocó, Colombia. Los sustratos orgánicos utilizados en esta investigación fueron obtenidos del área de estudio con la colaboración de la comunidad. Este material estuvo compuesto por arena de río, cascara de arroz, gallinaza, tierra negra y tierra de hormiga.

Construcción y adecuación del vivero. Se construyó un vivero de 256 m^2 , en el cual, se construyeron dos camas de germinación, una por condición lumínica (plástico transparente y malla poli-sombra al 85%), con dimensiones de 1 m de ancho por 8 m de largo y 0.30 m de profundidad,

la madera fue inmunizada con aceite quemado e inventrina para repeler el ataque de hormigas arrieras (*Atta colombica*).

Desinfección del sustrato orgánico. Los sustratos antes mencionados fueron desinfectados utilizando formol al 20% e inventrina. Se mezclaron 10 ml de formol y 10 ml de Inventrina por cada 20 L de agua; esta sustancia se aplicó a los sustratos orgánicos hasta humedecerlo completamente. Al finalizar este procedimiento se cubrieron los sustratos con un plástico negro, el cual se destapaba cada 24 horas para remover y oxigenar el sustrato, a los cuatro días se dio por terminada la desinfección.

Tratamientos pre-germinativos. Los tratamientos pre germinativos a las semillas de *C. pyriformis*, fueron inmersión en agua ambiente durante 24 horas y el testigo, sin tratamiento pre -erminativo.

Factores utilizados en la investigación. La Tabla 1 presenta los factores que son el resultado de la combinación de sustratos orgánicos y tratamientos pre germinativo.

Tabla 1. Factores (Sustratos y tratamientos pre-germinativos).

Nivel I. Sustratos orgánicos	Nivel II. Tratamientos pre-germinativos	Factores*	
A: (Testigo) Arena Aluvial	F: (Testigo): Sin tratamiento pre-germinativo	AF	AG
B: Arena aluvial + Tierra negra 2:1		BF	BG
C: Tierra negra + Arena aluvial 2:1	G: Inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas	CF	CG
D: Tierra de hormiga + Cascara de arroz 3:1		DF	DG
E: Tierra negra + Arena aluvial + Gallinaza 1:1:1		EF	EG

Estos factores se establecieron tanto bajo sombra (SM) como a libre exposición solar (SL)

Siembra de las semillas de abarco *Cariniana pyriformis*. La siembra se efectuó en las dos (2) eras de germinación antes mencionadas, con representación de diez (10) factores y tres (3) repeticiones por cada factor. Se sembraron 15 semillas por cada repetición, 45 por factor, 450 por cada condición ambiental -bajo malla poli-sombra al 85% de opacidad y bajo plástico transparente-, para un total de 900 semillas entre las dos eras, la distancia de siembra fue de 10 cm entre semillas e hileras con profundidad de 2 cm debido al tamaño de la misma ya que esta tiene germinación epigea (CORANTIOQUIA, 2007).

Variables evaluadas. En esta investigación se evaluó la germinación, la cual fue registrada diariamente a través de la emergencia de los cotiledones del sustrato, una vez terminado este proceso se continuo con la medición de las variables crecimiento en diámetro y altura de la especie, hasta que alguna de las plantas alcanzaran la altura de trasplante a sitio definitivo. Las mediciones se efectuaron cada ocho días en un periodo de cuatro meses. Adicional a esto, se evaluó la supervivencia de las plántulas para cada factor.

Para evaluar la potencia germinativa y supervivencia se utilizaron las ecuaciones 1 y 2:

Potencia germinativa

$$(PG) = (Sg/Ss) \times 100\% \quad (1)$$

Sg= semillas germinadas y Ss= semillas sembradas.

Supervivencia

$$\%SV = (\text{número de plantas vivas} / \text{número de plantas muertas}) \times 100 \quad (2)$$

Respecto a las actividades complementarias en la toma de datos en el vivero, se realizaron limpiezas en las eras de germinación, para contrarrestar la competencia a las plántulas de abarco *C. pyriformis* con otras especies consideradas arvenses. De igual forma, se realizaron riegos para el proceso de germinación y crecimiento inicial de las plántulas en las horas de la mañana y en la tarde en los días en que no se presentaban lluvias.

Diseño experimental. El experimento se estableció bajo un diseño completamente aleatorizado

con arreglo factorial. Cada factor contó con tres repeticiones. La combinación de los dos factores principales -sustratos orgánicos y tratamientos pre-germinativos- dio como resultado 10 factores, los cuales fueron sometidos a las dos condiciones lumínicas tal como se expresa en la Tabla 1.

Análisis estadístico. Los diferentes factores fueron comparados mediante un análisis de varianza (Alfa 0,5) y el Test de Tukey; usando el programa estadístico INFOSTAT (versión libre 2013), las variables evaluadas fueron crecimiento en diámetro y altura.

Resultados

La germinación de las semillas de *C. pyriformis*, inicio a los 13 días después de la fecha de siembra, donde se evidencio que, los cotiledones emergieron fuera del nivel del sustrato, presentando una germinación epigea. El proceso de germinación de las semillas de *C. pyriformis*, se extendió hasta el día 27 después de la fecha de siembra.

En el proceso de germinación se observó que las semillas sin tratamiento pre-germinativo, testigo, registro valores de 33,1%, mientras que las semillas que fueron tratadas en inmersión en agua ambiente durante 24 horas registraron porcentajes de germinación de 29, 1%.

Respecto a los factores, se observó que al evaluar los sustratos orgánicos con los tratamientos pre-germinativos se evidencia un incremento en los porcentajes de germinación. En ese sentido, los factores CF (Tierra negra y Arena aluvial 2:1+ sin tratamiento pre germinativo) y DF (Tierra de hormiga y Cascara de arroz 3:1+ inmersión en agua a temperatura ambiente 24 horas) presentaron 80 y 73% respectivamente, bajo la condición ambiental SL, y los factores BG (Arena aluvial y tierra negra proporción 2:1 + inmersión en agua a temperatura ambiente 24 horas), AG (Arena aluvial + inmersión en agua a temperatura ambiente 24 horas) y CF (Tierra negra y arena aluvial proporción 2:1 + sin tratamiento pre germinativo) registraron porcentajes de 60, 51 y 51% respectivamente, bajo la condición ambiental SM (Tabla 2).

Tabla 2. Número de semillas germinadas y potencia germinativa por factor para cada condición lumínica plena exposición solar (SL) y bajo malla poli-sombra(SM).

Factores	GERMINACIÓN			
	Nº. SL.	Nº. SM	% SL	% SM
AF	31	19	69	42
AG	29	23	64	51
BF	30	10	67	22
BG	30	27	67	60
CF	36	23	80	51
CG	32	21	71	47
DF	33	19	73	42
DG	21	19	47	42
EF	19	11	42	24
EG	19	10	42	22
Total	280	182	62	40

Crecimiento en diámetro y altura

Diámetro

En cuanto a crecimiento en diámetro los resultados muestran diferencia estadísticamente significativa

entre factores, y entre condiciones lumínica, además las interacciones entre factores y condición lumínica también presentaron diferencia significativa, ya que los valores de (*P*) fueron inferiores al nivel de confianza ($P < 0.5$) (Tabla. 3).

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el crecimiento en diámetro de *Cariniana pyriformis*

Análisis de la varianza en diámetros por factor					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,51	19	0,24	6,82	<0,0001
FACTOR	2,4	1	2,4	68,78	<0,0001
CONDICIÓN AMBIENTAL	0,91	9	0,1	2,91	0,0038
FACTOR*CONDICIÓN AMBIENTAL	1,21	9	0,13	3,84	0,0003
Error	4,18	120	0,03		
Total	8,7	139			

El incremento en diámetro de las plántulas de abarco *C. pyriformis* expuestas en la condición ambiental SL fue en promedio de 0,89 cm, donde los factores con mayores valores fueron DF (Tierra de hormiga + Cascara de arroz 3:1+ Sin tratamiento pre germinativo) y CF (Tierra negra + Arena aluvial 2:1+ Sin tratamiento pre germinativo), mientras que las plántulas

evaluadas en la condición ambiental SM registraron valores promedios de 0,63 cm. Los mejores promedios de crecimiento se presentaron en los factores EF (Tierra negra + Arena aluvial + Gallinaza 1:1:1+ sin tratamiento pre germinativo) y EG (Tierra negra + Arena aluvial + Gallinaza 1:1:1+ inmersión en agua a temperatura ambiente 24 horas) (Tabla 4).

Tabla 4. Crecimiento promedio en diámetro de las plántulas de Abarco *Cariniana pyriformis* por factor y condición ambiental.

Factores	Condición ambiental SL	Condición ambiental SM
AF	0,93	0,55
AG	0,65	0,61
BF	0,87	0,38
BG	0,94	0,65
CF	1,03	0,61
CG	0,71	0,71
DF	1,04	0,49
DG	0,93	0,7
EF	0,9	0,84
EG	0,91	0,76
Promedio	0,89	0,63

Altura

El crecimiento en altura muestra diferencia estadísticamente significativa entre factores, y entre condiciones lumínica, además las interacciones

entre factores y condición lumínica también presentaron diferencia significativa, ya que los valores de (*P*) fueron inferiores al nivel de confianza ($P < 0.5$) (Tabla. 5).

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el crecimiento en altura de las plántulas de abarco *Cariniana pyriformis*

Análisis de la varianza en altura					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4686,55	19	247,0	3,93	<0,0001
CONDICIÓN AMBIENTAL	1136,01	1	1136,0	18,12	<0,0001
FACTOR	2149,93	9	239,0	3,81	0,0003
CONDICIÓN AMBIENTAL*FACTOR..	1400,61	9	156,0	2,48	0,0123
Error	7524,34	120	63,0		
Total	12210,9	139			

El incremento en altura de las plántulas de abarco *C. pyriformis* expuestas bajo la condición ambiental SL registra promedios de 22,27 cm. Los factores con mejor comportamiento fueron CF (Tierra negra y Arena aluvial 2:1+ Sin tratamiento pre germinativo) y CG (Tierra negra y Arena aluvial 2:1+ Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas) para la condición ambiental SL. Por su parte, la condición SM registro promedio 17,64 cm, donde los factores que representaron mejores promedios fueron EF (Tierra negra, Arena aluvial y Gallinaza 1:1:1+Sin tratamiento pre germinativo) y EG (Tierra negra, Arena aluvial y Gallinaza 1:1:1 + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas) (Tabla 6). Por lo tanto, para el abarco *C. pyriformis* los sustratos tierra negra y arena en presencia de luz, presentan efectos positivos, para el incremento en altura de las plántulas en vivero.

Tabla 6. Crecimiento promedio en altura de las plántulas de abarco *Cariniana pyriformis* por factor y condición ambiental.

Factores	Condición ambiental SL	Condición ambiental SM
AF	21,21	11,36
AG	9,37	15,78
BF	20,56	8,73
BG	23,9	17,93
CF	28,94	17,17
CG	28,9	20,01
DF	27,79	14,61
DG	23,84	21,54
EF	22,97	25,56
EG	22,36	22,49
Promedio	22,98	17,52

Supervivencia

El porcentaje de supervivencia de las plántulas de *C. pyriformis* registro un promedio de 98,4 y 92,5 % para la condición SM y SL respectivamente. En consecuencia, la condición ambiental SM, obtuvo

el mayor número de factores con registros de supervivencia de 100%, entre los que, se pueden mencionar el AF (Arena aluvial + Sin tratamiento pre-germinativo), BF (Arena aluvial y Tierra negra 2:1 + Sin tratamiento pre-germinativo), CF (Tierra negra y Arena aluvial 2:1 + Sin tratamiento pre-germinativo), CG (Tierra negra y Arena aluvial 2:1 + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas), DG (Tierra de hormiga y Cascara de arroz 3:1 + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas), EF (Tierra negra, Arena aluvial, Gallinaza 1:1:1 + Sin tratamiento pre-germinativo) y EG (Tierra negra, Arena aluvial y Gallinaza 1:1:1 + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas), mientras que, en la condición ambiental SL, solo el factor DG (Tierra de hormiga y Cascara de arroz 3:1 + Inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas).

Discusión

La germinación es el proceso de recuperación de la actividad biológica en los diferentes tejidos de la semilla, lo cual ocurre mediante las fases de hidratación, germinación y crecimiento dando origen así a una plántula (Pérez, 2003). El tiempo de inicio de la germinación de las semillas de *C. Pyriformis* ocurrió 13 días después de la siembra. Lo cual difiere de lo reportado por Pinilla (2015); Mosquera *et al.* (2012); Palencia *et al.* (2006) que obtuvieron germinación a los 15 días después de la fecha de siembra. Por lo tanto, Dalling (2002) indica que las semillas en los bosques húmedos tropicales, es común que germinen en el menor tiempo después de sembradas, por su corta longevidad. Arriaga *et al.* (1994) mencionan que la poca capacidad germinativa se atribuye a semillas recalcitrante que pierden viabilidad rápidamente. El proceso de germinación de las semillas de *C. pyriformis* se extendió hasta el día 27 después de la fecha siembra. Dato que concuerda con lo reportado por Diez & Moreno (1998) y difiere de lo reportado por Mosquera *et al.* (2012); Palencia *et al.* (2006); CORANTIOQUIA (2007); Pinilla (2015), quienes indican que el proceso de germinación culmina entre los 32 y 43 días después de

la siembra del material vegetal. Por su parte, CONIF (2004), afirma que las semillas de abarco *C. pyriformis* presentan buenos resultados en el proceso de germinación cuando su contenido de humedad se encuentra alrededor de los 8.15%. Sin embargo, González (1991), plantea que algunas especies arbóreas presentan germinación tardía, debido a muchos factores característicos de la semilla, inmadurez fisiológica del embrión, como también los factores externos como luminosidad, temperatura, humedad, aireación y sustrato.

El tratamiento pre germinativos inmersión en agua ambiente durante 24 horas y el testigo registraron porcentajes de germinación de 33,1% y 29,1% respectivamente. Dato que ratifica lo expresado por Triviño & Torres (2005), quienes sugieren la inmersión de las semillas de abarco *C. pyriformis* en agua ambiente para acelerar el proceso de germinación, mientras CORANTIOQUIA (2007), Betancur & Raigosa (1973), afirman que, las semillas de *C. Pyriformis* no necesitan tratamiento pre germinativo para su germinación. En ese sentido, Guerra & Montoya (2013); Mosquera *et al.* (2012); Pinilla (2014) afirman que, la textura del sustrato es la principal causa de las variaciones en la germinación de las semillas de abarco *C. pyriformis*, además el exceso de humedad por la poca permeabilidad es un condicionante en el proceso. Por lo tanto, Rivera *et al.* (2013) afirman que, las plántulas de abarco responden adecuadamente a la condición luz, siempre y cuando estén ubicadas sobre un sustrato rico en nutrientes y buena porosidad. Según Pérez (2003); Garzón, Montenegro & López (2005); Suarez & Melgarejo (2010) la humedad, la temperatura, el oxígeno y la iluminación son los factores externos que inciden en la germinación de las semillas. Sin embargo, Aparicio, Cruz & Alba. (1999) mencionan que son las características físicas, químicas y biológicas de los sustratos los que garantizan la germinación de las semillas y el correcto desarrollo de la plántula.

Las plántulas de *C. pyriformis* localizadas en la condición SL registraron mejor incremento promedio, en comparación con las situadas en la condición

SM con valores promedios de 0,89 y 0,63 cm respectivamente (Tabla 4). Por lo tanto, el crecimiento en diámetro de esta especie, está influenciado por la cantidad de luz que recibe en sus primeros estadios de vida, sobre un sustrato rico en nutrientes. Al respecto, Mexal & Landis (1990), afirman que, el crecimiento en diámetro que experimentan las plántulas influyen en la robustez y supervivencia de las mismas.

En cuanto al incremento en altura, la especie presentó valores promedios de 22, 27 y 17, 64 cm para plántulas expuestas en las condiciones SL y SM respectivamente. Esto valida lo expuesto por CORANTIOQUIA (2007) quien afirma, que el *C. pyriformis* pertenece al gremio ecológico semi-heliofita (Esta especie se comporta bien tanto en sombra como en luz). Al respecto, Da Silva *et al.* (2007) sugieren que el incremento en altura que experimentan las plantas que se adaptan bajo ambas condiciones es una respuesta morfo genética típica, debido a que desarrollan un mecanismo importante de adaptación. Los tratamientos Tierra negra + arena aluvial proporción 2:1 con valor promedio 28,9 cm y tierra negra + arena aluvial + gallinaza con valor promedio de 24 cm en las condiciones SL y SM respectivamente, superan los obtenidos por Mosquera *et al.* (2012); Pinilla (2015), quienes registraron alturas promedios de 7,9 y 14,9 cm en los sustratos S4 (Gallinaza y arena aluvial proporción 2:1) y S0 (Arena aluvial) respectivamente. Por su parte, Negreros, Apodaca & Cal. (2010) afirma que el potencial de crecimiento de una plántula se relaciona con las características físicas de la misma al momento de sembrarse y que una característica muy importante es el balance entre el tamaño de su sistema radicular y la cantidad follaje. Entre tanto, Prieto, Vera & Merlin (2003) indican que la expectativa de supervivencia y crecimiento inicial de las plántulas forestales dependen de la capacidad de la misma y de su complejo sistema de condiciones morfológicas, fisiológico y sanitario de la plántula al aplicar las técnicas en el manejo de vivero. Por otra parte, Cetina *et al.* (2002) afirman que el desarrollo inicial y supervivencia reflejan la calidad de la planta y su capacidad de adaptación a campo.

Conclusiones

La especie *C. pyriformis* presenta una germinación epigea, este proceso inicia a los 15 días después de la fecha de siembra y se extiende hasta el día 27. Las semillas de esta especie germinan tanto en condición lumínica como en sombra, este fenómeno indica que estas semillas son no-fotoblásticas, es decir que para su germinación es indiferente la presencia o ausencia de luz.

La interacción de los tratamientos pre germinativos con los sustratos orgánicos genera efectos positivos en el proceso de germinación de las semillas de abarco *C. pyriformis*, lo anterior está sustentado en el aumento del porcentaje.

Los factores compuestos de sustratos orgánicos tierra negra y arena aluvial proporción 2:1 presentaron los mejores promedios para el crecimiento en diámetro y altura en la condición SL. Mientras que para las mismas variables bajo condición SM se obtuvo mejor comportamiento en los factores constituidos por tierra negra, arena aluvial y gallinaza proporción 1:1:1.

Literatura citada

1. Aparicio, R., Cruz, J & Alba, L. (1999). Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patulasch, et chan*, *Pinus montezumae lamb.* y *Pinus pseudostrobus lindl.* en condiciones de vivero. *Rev. Forest Veracruz*, 1 (2), 4-31. Veracruz, México: Universidad de Veracruz.
2. Arriaga, M., Cervantes, V. & Vargas, M. (1994). Manual de reforestación con especies nativas: Colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plántulas. 1 edición. México, D. F. 179 p.: Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, UNAM.
3. Betancur, G. & Raigosa, J. (1973). Características y propiedades germinativas de las semillas de Abarco (*Cariniana Pyriformis Miers*). *Rev Facultad de Agronomía*. 28 (2), 1-4: Universidad de Antioquia
4. Bryant, D. (1997). The Last Frontier Forests. World Resources Institute, Washington, Estados Unidos.
5. Cárdenas, L. & Salinas, N. (2006). Libro Rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas parte 1. 232 p.
6. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, (2002). Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Turrialba, Costa Rica. 28 p.
7. Cetina, M., González, H., Ortega, D., Vargas, H. & Villegas, M. (2002). Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus greggii engelm.* previamente sometido a podas o sequía en vivero. *Revista Agrociencia*. 36, 233-241: Colegio de posgraduados Mexico.
8. Comisión Nacional Forestal-CONAFOR, (2010). Prácticas de reforestación. Manual básico. Jalisco, México. 56 p.
9. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA. (2007). Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque húmedo tropical. Boletín Técnico Biodiversidad N° 3. 64 p.
10. Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó-CODECHOCO. (2010). Análisis de resultados estadísticos de movilización, removilización y renovación en el departamento del Chocó. 20 p.
11. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF. (2004). Programa de investigación en semillas forestales de especies nativas-INSEFOR. Informe final. 33 p. Recuperado de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6703/2/016.pdf>
12. Dalling, W. (2002). Ecología de las semillas. 12 p. Recuperado de <http://academic.uprm.edu/~jchinea/cursos/ecolplt/lectesc/DALLING.PDF>
13. Da silva, R., Siebeneicler, J. & Chagas, J. (2007). Desenvolvimiento inicial de plántulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd, ex spreng) Schum, sobre el influencia de sombreado. *Acta Amazónica*. 37 (3), 365-370.
14. Díaz, M & Gast, H. (2009). El Chocó Biogeográfico de Colombia: un lugar único en el planeta. 24 p.
15. Diez, G. M. & Moreno, H. F. (1998). Morfología de semillas y plántulas de árboles de los bosques húmedos tropicales del suroriente de Antioquia. Facultad Nacional Agropecuaria, 51 (2), 9-50. Recuperado de [file:///C:/Users/casa/Downloads/28916-104090-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/casa/Downloads/28916-104090-1-PB%20(1).pdf)
16. Farfán, V. (2012). Árboles con potencial para ser incorporados con café. 9 p. Recuperado de http://www.academia.edu/11149747/Arboles_potencial_SAF
17. Federación Nacional de Industriales de la Madera-FEDEMADERAS. (2012). La reforestación en Colombia visión de futuro. 2 p. Recuperado de <http://fedemaderas.org.co/wp-content/uploads/2012/04/VER-PRESENTACI%C3%93N-GREMIAL-Y-SECTORIAL.pdf>
18. Galeano, G. E., Calderón, H., Dueñas, I. & Tobón, H. 2007. Abarco: *Cariniana pyriformis* Miers. En D. Cárdenas & N. Salinas (Ed.), Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: primera parte. (pp 63-67). Bogotá, Colombia.
19. Garzón, G., Montenegro, R. & López, B. (2005). Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (Roble). *Colombia Forestal*, 9 (18), 98-108.
20. González, E. (1991). Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Rev Biológica Tropical*, 39, 47-51.

21. Guerra, L. & Montoya U. (2013). Evaluación de la capacidad de germinación de la semilla del Abarco (*Cariniana pyriformis*) en la subregion del Urabá. (Tesis de pregrado) Ingeniería Agroforestal. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Turbo, Colombia. 7 p.
22. Hernández, J., Hurtado, R., Ortiz T. & Walschburger, T. (1992). La Diversidad Biológica en Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana*, 105- 152.
23. Holdridge, L. (1987). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. 216 p.: Editores Técnicos Asociados.
24. Informe de Cobertura Económica Regional – ICER. (2012). 69 p. Recuperado de www.dane.gov.co/files/icer/2012/choco_icer__12.pdf
25. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico-IIAP. (2006). Esquema de Ordenamiento Territorial. Documento de Diagnóstico. 128 P. Quibdó, Colombia: Editores Técnicos Asociados.
26. Klinger, B. (2008). Estado de conservación de las especies forestales amenazadas, Abarco "*Cariniana pyriformis*", Jigua negro "*Ocotea cernua*", Guayaquil "*Centrolobium paraense*", Guayacán amarillo "*Tabebuia crisantha*" y Pino amarillo "*Podocarpus sp.*" en los municipios chocoanos de Riosucio, Carmen del Darién, Istmina, Río Quito y Juradó. *Revista Bioetnia*. 137-147.
27. Mexal, J & Landis T. (1990). Target seedlings concepts: Height and diameter. En: S. J. Campbell, and T. D. Landis (eds.). Target Seedling Symposium: roceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. (pp: 17-36).
28. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución N° 383, 23 de febrero de 2010. 29 p.: Editores Técnicos Asociados.
29. Mosquera, D., Medina H. H. & Martínez, M. (2012). Germinación y crecimiento inicial del abarco *Cariniana pyriformis*: Una alternativa para la conservación. *Biodiversidad Neotropical*, 2 (1), 3-12.
30. Negreros, C., Apodaca, M. & Carl, W. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de Cedro, Caoba y Roble. *Madera y Bosques*, 16 (2), 7-18.
31. Palencia, C., Gómez, S., Martin, S. & Guiza P. (2006). Especies forestales para uso en sistemas agroforestales con cacao: una alternativa para el occidente de Boyacá. 11 p. Boyacá, Colombia.
32. Pérez, F. (2003). Germinación y dormición de semillas. En A. Sánchez., M. Arroyo., & R. M. Navarro. (Eds.). Material vegetal de reproducción: manejo, conservación y tratamiento. (117 – 200 p). Barcelona, España.
33. Pinilla C. (2014). En prensa. Propagación de la especie forestal abarco (*cariniana pyriformis*) en el corregimiento de Salero, Chocó. 3 p. Unión Panamericana, Colombia.
34. Prieto, R., Vera, C. & Merlín, E. (2003). Factores que influyen en la calidad de brizales y criterios para su evaluación en vivero. Durango: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 14 p.
35. Rivera, M., Peñuela, M., Jiménez., R. & Vargas, J. (2013). Ecología y Silvicultura de Especies Útiles Amazónicas: Abarco (*Cariniana micrantha* Ducke), Quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev.) y Violeta (*Peltogyne paniculata* Benth.). 181 p. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/36632/6/9789587616347.pdf>
36. Secretaria de Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2009). Informe sobre la conservación de las especies vegetales: Una revisión de los progresos realizados en la aplicación de la estrategia mundial para la conservación (GSPC). 7 p.
37. Suárez, D., & Melgarejo, L. (2010). Biología y germinación de semillas. En L. M. Melgarejo (Ed.). Experimentos en fisiología vegetal (pp.13-249). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
38. Triviño, D. T. & Torres, R. F. (2005). Manual práctico manejo de semillas y viveros agroforestales. 41 p. Recuperado de <http://www.franciscotorres.co/wp-content/uploads/2013/01/manual-semillas-y-viveros.pdf>
39. Unidad Internacional de Conservación Nacional-UICN, (2012). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. 34 pp.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 11 de marzo de 2016

Aceptado: 19 de abril de 2016

Development of a protocol for the in vitro establishment of *Stevia rebaudiana* Bertoni Morita II variety

Desarrollo de un protocolo para el establecimiento *in vitro* de *Stevia rebaudiana* variedad Bertoni Morita II

Desenvolvimento de um protolo para o estabelecimento in vitro da variedade Morita II (Stevia rebaudiana Bertoni)

Sandra Bibiana Aguilar Marín¹, Laura Alexandra Laitón Jiménez²,
Fernando Esteban Mejía García³ & Carlos Felipe Barrera Sánchez⁴

¹Degree in Biology and Chemistry, *M Sc.* Vegetal Biology Biotechnology, Dra. (C) Agricultural Sciences. ^{2,3}Student of Agronomic Engineering. ⁴Agronomist Engineer, *M Sc.* Genetics and Improvement, PhD in Genetics and Improvement.

^{1,2,3} University of Caldas, Faculty of Agricultural Sciences. Manizales, Colombia.

⁴National University of Colombia, Department of Agronomics Sciences, Medellín, Colombia.

¹sandra.aguilar@ucaldas.edu.co, ²lauralaiton.j@gmail.com,
³esteban.mejia.garcia@gmail.com, ⁴cfbarrera@unal.edu.co

Abstract

Due to the cross-pollinated condition of the plant, which causes variation in the sweetener's composition and in the morphological characteristics in terms of shape and color of the leaves, seed propagation is limiting for commercial purposes, so it is convenient to use asexual propagation systems. In this study, a protocol for In Vitro establishment of *Stevia rebaudiana* was developed, for which eight disinfection treatments were applied using 5% and 4% concentrations of sodium hypochlorite (NaClO) with different exposure times, 5, 10, 15 and 20 minutes. The best disinfection percentage (76.75%) and sprouting (58.91%) was obtained using a 5% concentration of NaClO with 20 minutes of exposure.

Key-words: concentration, culture media, disinfection, explant.

Resumen

Debido a la condición alógama de la planta, que ocasiona variación en la composición del edulcorante y en las características morfológicas en cuanto a forma y color de las hojas, la propagación por semilla es limitante para fines comerciales, por lo que es conveniente el uso de sistemas asexuales de propagación. En el presente estudio se desarrolló un protocolo para el establecimiento *In Vitro* de *Stevia rebaudiana*, para lo cual se aplicaron ocho tratamientos de desinfección utilizando concentraciones de hipoclorito de sodio (NaClO) al 5% y 4% con diferentes tiempos de exposición 5, 10, 15 y 20 minutos. El mejor porcentaje de desinfección (76.75%) y brotación (58.91 %) se obtuvo utilizando una concentración de NaClO al 5% durante 20 minutos de exposición.

Palabras clave: concentración, medio de cultivo, desinfección, explante

Resumo

Devido à condição de alogamia da planta, a qual causa variação na composição do adoçante e nas características morfológicas de forma e color das folhas, a propagação de sementes é limitante para propósitos comerciais, fato pelo qual é conveniente usar sistemas assexuais de propagação. Neste estudo, um protocolo para o estabelecimento *in vitro* de (*Stevia rebaudiana*) foi desenvolvido. Para isso foram aplicados oito tratamentos de desinfecção

utilizando concentrações de 5% e 4% de hipoclorito de sódio (NaClO) em tempos de exposição de 5, 10, 15 e 20 minutos. O melhor percentual de desinfecção (76.75%) e brotação (58.91%) foi obtido na concentração de 5% de NaClO com 20 minutos de exposição.

Palavras-chave: concentração, meio de cultura, desinfecção, explante

Introduction

The demand for natural sweeteners is increasing in the world because of the side effects of synthetic monosaccharide-based sweeteners in people with sugar problems. Japan has already replaced half the consumption of sugar cane by Stevia and other first world countries are following the same trend. The stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) is a subtropical rustic plant, native to northwestern province of Misiones in Paraguay. The sweetener obtained from this plant, has beneficial effects on the absorption of fats and in the regulation of blood pressure, in turn, it does not increase sugar levels in the blood; on the contrary, its hypoglycemic property has been demonstrated, by improving glucose tolerance (Guerrero, 2005).

As for the production of dried leaf (Morita variety) in Colombia, there is an estimate of 150 ha of crops with a production of nine tons per hectare. The Colombian product is grown mainly in the departments of Antioquia, Valle del Cauca and the eastern plains; much of the production is exported to Europe and Asia (Borda, *et al.*, 2009). In Colombia the 'Morita I' and 'Morita II' genotypes are grown; Morita II Variety, developed in Japan by

Toyosigue Morita, has a higher production of dry leaves and a better chemical content (Mitsubishi, *et al.*, 1975); therefore, it is the most commercially cultivated variety.

Regarding the Stevia crops, Tamura, *et al.*, (1984) state that it is difficult to maintain genetically stable conditions of crops with high stevioside content, due to variation caused by the segregation of genes. In turn, Miyazaki and Wanten (1974), claim that the self-incompatibility in pollination and the high heterozygosity are limiting factors in the sexual spread for large-scale cultivation. Therefore, the use of asexual propagation methods that allow obtaining genetically homogeneous populations with desirable and stable phenotypic characters is being considered; in this case, regarding the content of the sweetener (Tamura, *et al.*, 1984).

Another alternative method of vegetative propagation is *in vitro* propagation, which turns out to be efficient in the production of seedlings on a large scale in less time; As an example, Lyakhovkin, (1993), reports a multiplication rate from three to four cuttings in each sub-culture using apical meristems, obtaining an approximate total of 3200 seedlings per explant within a period of eight months.

In the *in vitro* culture, it is essential to find an efficient procedure to remove spores, fungal tissue, bacteria and other contaminants without damaging the tissue or reducing the regenerative capacity of the explant.

It is therefore important to assess biotechnological techniques to develop plant regeneration protocols for commercial alternatives, preserving the homogeneous characteristics for both the plant morphology and the content of sweetener.

Given the importance of the cultivation of *Stevia*, this research was conducted in order to 1) determine the origin of endogenous, exogenous, bacterial and / or fungal contamination of explants grown in Murashige & Skoog (MS) culture media; and 2) to determine the best disinfection protocol for the induction of *in vitro* shoots allowing a subsequent and complete development of an alternative methodology for efficient clonal reproduction.

Materials and methods

Location and plant material:

Phase 0, selection and preparation of stem plants was carried out in the Tesorito farm at the University of Caldas, Manizales, Colombia; with a height of 2,280 meters above the sea level, an average temperature of 17 ° C and a relative humidity of 78%. Phase I, *In Vitro* establishment of the culture, was developed in the Tissue Culture Laboratory of the Caldas University.

Stevia rebaudiana mother plants, Morita II variety, were provided by the company “Agro-steviant GP”, located in Puerto Tejada, Cauca, Colombia. They were kept in a seedbed under controlled irrigation conditions and agronomic management recommended by the supplier.

Experimental design and treatments

The experimental design was fully randomized blocks, by blocking the experiment with each planting conducted, for a total of four blocks comprised of eight treatments (Table 1) and 14 repetitions each. The selection of the planting for each explant was random, placing 5 of them in each container, and thus setting them as experimental units. For the *in*

Vitro establishment of *Stevia rebaudiana*, four disinfection assays were performed as a way to reduce and control experimental error variance for greater accuracy; in each assay eight treatments were applied for disinfecting explants, each treatment had 14 repetitions for a total of 448 crops.

Sprouting of the seeded explants and the percentage of contamination generated by fungi and bacteria were evaluated, the latter was evaluated every week for a month. After discarding the plants by contamination or oxidation of the explant, a percentage of feasibility that was assessed every eight days for a month was obtained.

During Phase 0, plants were treated weekly with Fungibiol (1.5 cc / L of water) in order to reduce *in vitro* fungal contamination, cuttings nodal segments were selected and entered into the laboratory to continue with Phase 1.

Explants were treated with a mixture of powder detergent and tween 80 for 30 minutes, rinsed with tap water and then immersed in a solution of sodium hypochlorite (v/v) at concentrations of 4% and 5% in combination with different exposure times: 5, 10, 15 and 20 minutes, then rinsed 3 times with sterile water and immersed in a solution of 70% ethanol (Table 1). Within the laminar flow chamber, they were divided into nodal segments between 1.5 and 2 cm in length with 2 or 3 mm of thickness, containing at least one axillary bud. Subsequently, they were seeded vertically in Murashige and Skoogs (MS) medium supplemented with 3% sucrose, 1.5 mg / L of BA and 0.1 mg / L of NAA. The pH of the medium was adjusted to 5.8 and sterilized at 121 ° C and 15 psi for 20 minutes. 2.5 mg / ml of cephalexin (broad spectrum antibiotic) were added to the culture medium in order to reduce contamination by bacteria. Incubation was carried out at a temperature of 27 ± 2 ° C with a photoperiod of 16 hours light, using white light lamps. Incubation was carried out at a temperature of 27 ± 2 ° C with a photoperiod of 16 hours of light, using white light lamps.

Table 1. *Treatments proposal (T) for surface disinfection of Stevia rebaudiana explants.*

NaClO Concentration %	Exposure time (min)			
	5	10	15	20
4	T1	T2	T3	T4
5	T5	T6	T7	T8

Statistical analysis

The data obtained from the eight treatments evaluated were subject to ANOVA through the GENES statistical program. Significance was set at the level of 5% ($P \leq 0.05$). Afterwards, comparison tests were conducted for the averages of the treatments (Tukey).

Results and discussion

Concentrations of sodium hypochlorite showed no significant differences on contamination levels by fungi and bacteria and the survival of the nodal segments (Table 2).

Table 2. *Comparative test of means of contamination and survival of nodal segments disinfected on eight different treatments*

Treatment	Percentage estimates (%)				
	Fungus	Bacterium	With Contamination	without Contamination	Sprouting
1	32,13 a	14,28 b	46,44 a	53,55 e	58,91 a
2	14,28 f	21,42 a	35,73 c	64,27 c	58,91 a
3	17,87 de	14,28 b	32,17 d	67,83 b	58,91 a
4	16,06 ef	16,06 b	32,17 d	67,83 b	49,98 c
5	19,64 cd	16,07 b	35,73 c	64,26 c	42,84 d
6	21,42 bc	19,63 a	41,08 b	58,9 d	53,55 b
7	23,2 b	16,06 b	39,31 b	60,69 d	47,99 c
8	14,28 f	8,92 c	23,24 e	76,75 a	58,91 a

* Averages with different letters show statistical differences according to the comparative Tukey test at 5%

Establishment is a fundamental stage for the beginning of the *In Vitro* culture of any material. Teixeira (2004) and Villegas (2006), mentioned that the requirements of each selection, crop or variety are specific, so it is necessary to determine the ideal conditions for each genotype, especially in the disinfection process. Establishment's success depends on several factors, including health conditions of mother plants in the field or greenhouse and their

age: the older plants are, the greater the likelihood of *In Vitro* contamination because the time of exposure to environmental pollutants is increased (Villegas, 2006). Moreover, aseptic surface processes are important to maintain the viability and facilitate the recovery of growth and development of the explant (Rache & Pacheco, 2012). Roca & Mroginski (1997) ensure that avoiding contamination is a basic aspect for establishing *in vitro* cultures, because in the

best-case scenario, microorganisms do not destroy crops but they either compete with the explant for the nutrients of the culture medium or they modify it.

Although the histogram indicates that there are no significant differences among the eight treatments (T1 to T8), it can be demonstrated that the

explants subjected to sodium hypochlorite 5% for 20 minutes of exposure (T8) presented the lowest percentage of contamination (23.24%) and the highest percentage of sprouting (58.91%), these results show better a performance of the sterilization process with increasing concentration of NaClO (Figure 1).

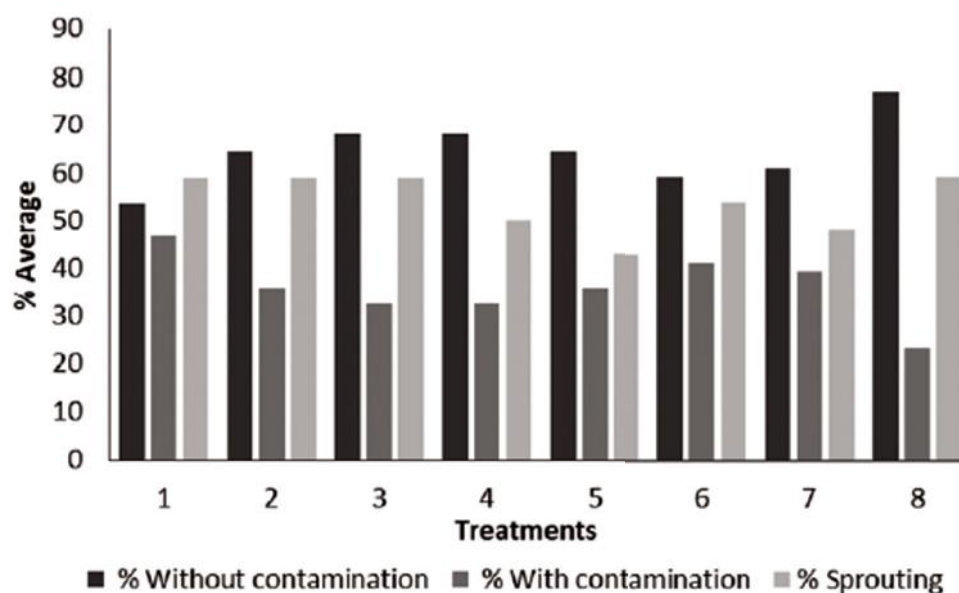


Figure 1. Averages of treatments without contamination, with contamination and sprouting of nodal segments

Likewise, it may be asserted that the *Stevia* explants of the Morita II variety subjected at concentrations of 4 and 5% NaClO between 5 and 20 minutes, are equally efficient for use in the In Vitro establishment; with contamination and survival rates ranging from 23.24% to 46.44%; 58.91% 42.84% and; respectively. This coincides with the results reported by Anbazhagan *et al.*, (2010), in which using a concentration of NaClO to 5% for 5 minutes of exposure, resulted in a (21.11%) of contamination and a (55.56%) of survival.; however, the explants that were subjected to 4% sodium hypochlorite for 5 minutes of exposure (T1), they showed higher contamination percentages, (46.44%). These results match the report by Vazquez, 2012, who, by using a low concentration of sodium hypochlorite 1.8% for 5 minutes, obtained a contamination percentage of (52.45%). However, the results differ from the results reported by Mohamed & Alhady, (2011) who, by using a concentration of sodium hypochlorite 1.5% for 20 minutes,

obtained better disinfection results with (30.39%) of contamination and with a (80%) of survival.

Moreover, the highest percentages of contamination by fungus occurred in the T1 with (32.13%), while the T8 treatment had the lowest percentage of contamination (14.28%). Regarding bacterial contamination, the T2 had the highest percentage of contamination (21.42%), while the T8 showed a clear decrease in contamination by these pathogens (8.92%) (Figure 2). Sanchez & Saenz (2005), says that prolonged exposure of nodal segments to higher concentrations of NaClO allow for better disinfection rates of fungi and bacteria; which occurs, according to the author, because the NaClO has more time to reach the plant tissue and execute the removal of endogenous microorganisms without harming tissue explant, since the disinfecting agent decreases the hydroxyl ions (OH), through the formation of water; lowers the pH, which stimulates the presence of hypochlorous acid

which, when in contact with organic matter, acts as a solvent; and releases chlorine which combines with the amino group of proteins, forming chloramines. Hypochlorous acid and hypochlorite

ions (ClO-) lead to degradation and hydrolysis of amino acids; therefore, it reduces the surface tension of the membrane and allows the lysis of the microorganisms.

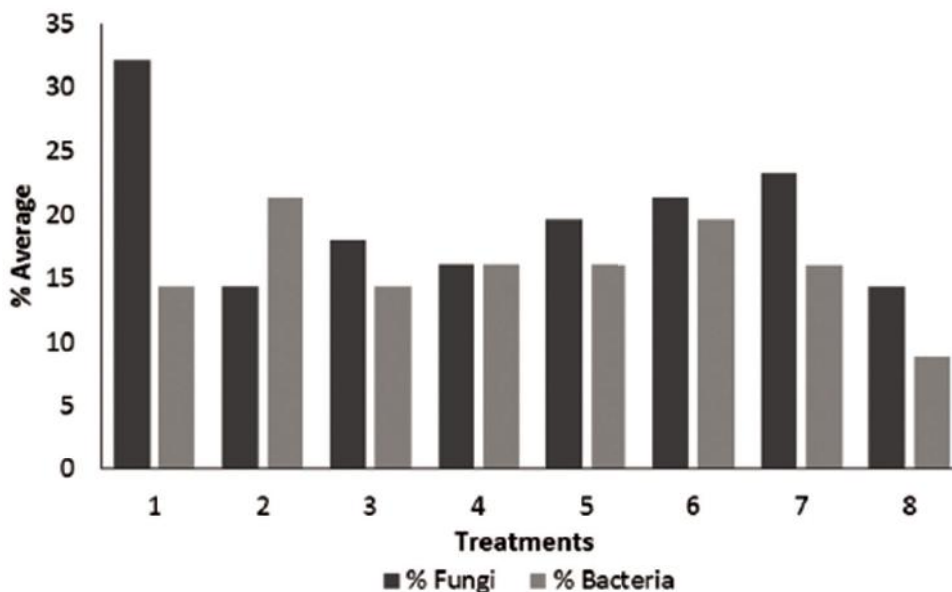


Figure 2. Averages of treatments for contamination by fungi and bacteria

Similarly Aamir *et al.* (2010), obtained decontamination and survival rates of 15.56% and 53.33% respectively, by using a high concentration of sodium hypochlorite 10% for 15 minutes for disinfection of *Stevia rebaudiana*. However, Shatnawi *et al.*, (2011) and Alhady (2011) reported percentages of contamination and survival of 25.56% and 32.22% respectively for a concentration of 1% sodium hypochlorite for 30 minutes of exposure and 68.89% and 63.33 %, using a 1.5% concentration during 20 minutes of exposure.

This study evidences the results reported by Sánchez (2005) and Aamir *et al.* (2010) since the best percentages of decontamination and sprouting occurred in explants subjected to high concentrations of NaClO and longer exposure times.

The statistical analysis results showed that, for the sprouting variable, there were no statistically significant differences between treatments. According to Vasquez (2012) basal buds usually do not

emerge or are slow to emerge, and those used in this study were both apical and basal as intermediates. Contamination levels seem not to directly affect the emergence of nodal segments, since the cell differentiation occurred without changes (Figure 3). However, after the fourth week of planting, mainly fungal contamination affecting the emerged seedlings began, thus generating a strong competition for the nutrients of the medium, which was evidenced by the delayed emergence and development of explants. Meanwhile, Hernandez & Gonzales (2010) mention that many microorganisms require a period of adaptation to the new conditions before manifesting its presence and cause damage to tissues. Besides, they compete with the explant for the nutrients of the medium and cause them direct and indirect damage by colonization of their tissue or release into the environment of toxic metabolites. The authors themselves say that a frequent contaminant in the In Vitro culture causes a decrease in the reproduction coefficient, followed by rapid deterioration of crops.

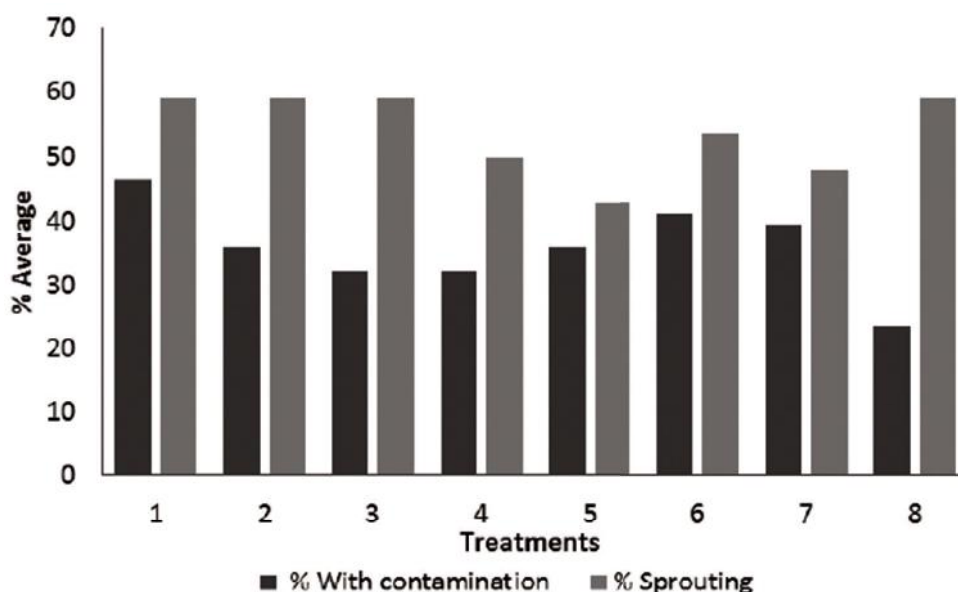


Figure 3. Averages of treatments for contamination and sprouting of nodal segments

Blanco *et al.* (2003), also states that contamination of explants with fungi or bacteria healthy morphogenic limits the capacity thereof. Methods have been developed to eradicate viruses and bacteria, these methods range from the removal of suspect tissues to the combined use of antibiotics alone or combined with *In Vitro* cultures. Similarly, in this study, 2.5mg/ml of Cephalexin were added to culture medium in the eight treatments evaluated for the same purpose. Meanwhile, Vásquez (2012) also reports the addition of fungicides and bactericides before sowing and within the culture medium, thus reducing contamination to 1.77% and achieving survival of 98.23%.

Nodal stevia explants can be considered as explants difficult to disinfect, due to pubescence of stems favoring the housing of microorganisms and small insects. On the other hand, according to Vasquez (2012), the high levels of contamination, mainly by fungi and bacteria are favored by the high concentration of sugars that the plant produces.

Conclusions

The results obtained in this work suggest that contamination of the explants by fungi and bacteria does not affect the emergence of nodal segments. Furthermore, although there is no significant difference between disinfection treatments for *In Vitro* establishment of *Stevia rebaudiana* Bertoni, Morita II variety, the treatments (T2 and T8) had the lowest percentage of fungal contamination (14.28%) and treatment (T8) had the lowest percentage of contamination by bacteria (8.92%). Similarly, treatments (T1, T2, T3 and T8) showed a higher germination percentage (58.91%). Similarly, treatments (T1, T2, T3 and T8) showed a higher germination percentage (58.91%). Although the statistical analysis clearly showed no significant difference between treatments, it is important to note that, for the nodal segments of the Morita II variety of *Stevia rebaudiana*, it was possible to obtain levels of decontamination by 75 and 85% by fungi and bacteria respectively, when exposed at concentrations of NaClO 4 and 5% during exposure times between 5 and 20 minutes, with the addition of 2.5mg / ml of antibiotic to the culture medium.

Cited literature

1. Aamir, A., Irum, G. Shagufta & N. Afghan, S. (2010). Biochemical investigation during different stages of In Vitro propagation of *Stevia rebaudiana*. Department of Biological Sciences, University of Sargodha, Sargodha, Pakistan. 42(4): 2827-2837p.
2. Alhady, M. R. (2011). Micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. A New Sweetening Crop in Egypt. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, 6(4):178-182p.
3. Anbazhagan, M. Kalpana, M. Rajendran, R. Natarajan, V. & Dhanavel, D. (2010). *In vitro* productions of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Emir. J. Food. Department of Botany, Annamalai University, Annamalai Nagar, Chidambaram, Tamilnadu, India. 216-222p.
4. Blanco, M., Valverde, R. & Gómez, L. (2003). Optimización de la transformación genética con *Agrobacterium rhizogenes* [Optimization of genetic transforation with *Agrobacterium rhizogenes*]. *Agronomia costarricense* 27(1): 19-28p.
5. Borda, D., Pardo, J., Martinez, M. & Montaña, J. (2009). Producción de un biofertilizante a partir de un aislamiento de *Azotobacter nigricans* obteniendo en un cultivo de *Stevia rebaudiana* Bert [Production of a biofertilizer from *Azotobacter nigricans* insulation obtaining a *Stevia rebaudiana* Bert cultivation.] *Universitas scientiarum*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogota, Colombia 14 (1):. 71-78p.
6. Roca, W. Mronginski, L. (1997). Cultivo de tejidos en la agricultura, fundamentos y aplicaciones [Tissue culture in agriculture, fundamentals and applications.] CIAT International Center for Tropical Agriculture.
7. Guerrero, R. (2005). Planta endulzante con mucho futuro [Sweetener plant with a bright future.] *Diario La Prensa*. Nicaragua. 3p. jueves 14 de abril de 2005.
8. Hernández, Y. Gonzales, M. (2010). Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento *In Vitro* de frutales perennes. Instituto nacional de ciencias agrícolas (INCA) [Effects of microbial contamination and phenolic oxidation *in vitro* establishment of perennial fruit. National Institute of Agricultural Sciences] San José de las Lajas, Havana, Cuba.
9. Lyakhovkin, A. G., Tran, D., Titov, D. & Mai, P. (1993). Cultivation and utilization of *Stevia*. *Agriculture Publishing House*. Vietnam. 5-43p.
10. Mitsuhashi, H., Ueno, J. & Sumita, T. (1975). Studies on the cultivation of *Stevia rebaudiana* Bert. Determination of stevioside II. *Journal of the Pharmaceutical Society of Japan* (12): 1501-1503p.
11. Miyazaki, Y. & Wantenabe, H. (1974). Studies on the cultivation of *Stevia rebaudiana* Bert on the propagation of plant. *Jap. J. Trop. Agric.* 17:154-157p.
12. Mohamed, R. & Alhady, A. (2011). Micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. A New Sweetening Crop in Egypt. Department of Genetic Resources, Tissue Culture Unit, Ecology and Dry Land Agriculture Division, Desert Research Center, Cairo, Egypt. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*. 6 (4): 178-182p.
13. Rache, L. & Pacheco, J. (2012). Establecimiento de un protocolo de propagación de *Physalis peruviana* L., a partir de yemas axilares adultas [Establishment of a propagation protocol of *Physalis peruviana* L., from adult axillary buds]. *Ciencia en desarrollo*. 4 -10p.
14. Sanchez, L. & Saenz, E. (2005). Antisépticos y desinfectantes [Antiseptics and disinfectants]. *Dermatología Peruana*. Volume. 15(2): 82-103p.
15. Shatnawi, MA, Shibli, RA, Abu-Romman, SM, Al-Mazra'awi, MS, Al Ajlouni, ZI, Shatanawi, WA, & Odeh, W. H. (2011). Clonal Propagation and Cryogenic storage of the Medicinal Plant *Stevia rebaudiana*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9 (1): 213-220.
16. Tamura, Y. Nakamura, S. Fukui, H. Tabata, M. (1984). Clonal propagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni by Stem-tips culture. *Plant Cell Reports*. Japan. 3: 183-185p.
17. Teixeira, D., Lima, A., Ducroquet, J. & Guerra, M. (2004). Multiplicacao In Vitro do porta-enxerto de *Prunus* spp. "carelli". *Revista brasileira de fruticultura*, 26(2): 377-379p.
18. Vazquez, L. (2012). Cultivo In Vitro de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Recursos genéticos y productividad [In Vitro cultivation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Institute for teaching and research in agricultural sciences. Genetic resources and productivity.] Montecillo, Mexico.10-23p.
19. Villegas, A. (2006). Apuntes del curso de propagación In Vitro de frutales fruticultura. Recursos genéticos y productividad [Notes from the In Vitro propagation course of fruit trees and fruit culture. Genetic resources and productivity,] Montecillo, Mexico. 30p.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 10 de febrero de 2016

Aceptado: 16 de marzo de 2016

Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono

Effect of the age at first calving and open days in a bovine dual purpose on the water and carbon footprints

Efeito da idade ao primeiro parto e os dias abertos em um bovino de duplo propósito sobre a impressão hídrica e de carbono

Raúl Andrés Molina Benavides¹, Hugo Sánchez Guerrero²,
Jose Reinel Uribe Ceballos³ & Alberto Stanislao Atzori⁴

¹Zootecnista, Magister en Ciencias Agrarias, Doctor en Ciencias Agrarias. ²Zootecnista, Especialista en Producción de Ganado Lechero, Magister en Producción Animal. ³Ingeniero de Sistemas, Especialista en Administración Énfasis en Finanzas, Magister en Administración, ⁴PhD in Animal Science.

¹Departamento de Ciencia Animal. ²Departamento de Ciencias Básicas. ^{1,2}Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Colombia. ³Dipartimento di Agraria, University of Sassari, Sassaari 07100, Italy.

^{1,2,3}ramolinab@unal.edu.co, ⁴asatzori@uniss.it

Resumen

La actividad ganadera contribuye con la emisión de gases de efecto invernadero (EGEI) y el consumo de agua fresca (CA). Por ende, el objetivo de esta investigación fue estimar el efecto de la edad al primer parto (EPP) y los días abiertos (DA) en un bovino doble propósito en pastoreo, trópico bajo colombiano, sobre las EGEI y el CA. Esta estimación se logró integrando 4 metodologías existentes: Dinámica de Sistemas, *Large Ruminant Nutrition System*, Huella de carbono y Huella hídrica. Durante toda su vida, 91 meses, desde el nacimiento hasta el sacrificio, la vaca produjo 5.879 kg de leche -4 lactancias-, emitió 16.066 kg CO₂eq y consumió 12.804.569 L de agua. Al disminuir la EPP en un mes, el CA y las EGEI se redujeron en 123.156 L y 155 kg CO₂eq, respectivamente. Cuando se mermaron los DA en 21, las EGEI bajaron 647 kg CO₂eq y el CA se redujo en 455.455

L. Parámetros reproductivos como la EPP y los DA tienen una fuerte influencia sobre la dinámica del animal en el hato, afectando su productividad, emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua.

Palabras clave: agua, ganadería, gases de efecto invernadero, modelos.

Abstract

Livestock activity contributes to the emission of greenhouse gases (EGHG) and consumption of fresh water (CW). Therefore, the objective of this study was to estimate the effect of age at first calving (AFC) and open days (OD) in a dual-purpose cattle grazing, under Colombian tropics conditions, on EGHG and CW. This estimate was achieved using the integration of four existing methodologies:

Dynamic System, Large Ruminant Nutrition System, Carbon Footprint and Water Footprint. It was found that during all his life (91 months, from birth to slaughter), cow produced 5.879 kg of milk (four lactations), released 16.066 kg of CO₂eq and consumed 12.804.569 liters of water. The decrease in a month of AFC, the CW and EGHG reduced in 123.156 L and 155 kg CO₂eq, respectively. When the open days reduced in 21 days, EGHG reduced 647 kg CO₂eq and CW decreed in 455.455 l. Reproductive parameters such as AFC and OD, have a strong influence on the dynamics of the animal in the herd, affecting her productivity, emissions of greenhouse gases and water consumption.

Key words: Greenhouse gases, livestock, models, water.

Resumo

A atividade ganadeira contribui com a emissão de gases efeito estufa (EGEI) e o consumo de água fresca

(CA). Assim, o objetivo desta pesquisa foi estimar o efeito da idade ao primeiro parto (EPP) e os dias abertos (DA) em um bovino de duplo propósito em pastoreio, trópico baixo colombiano, sobre EGEI e CA. Essa estimação foi obtida integrando 4 metodologias já existentes: Dinâmica de Sistemas, *Large Ruminant Nutrition System*, Impressão de carbono e Impressão hídrica. Durante a vida toda, 91 meses, desde o nascimento até o sacrifício, a vaca produz 5.879 kg de leite -4 em lactação-, emitiu 16.066 kg CO₂eq e consumiu 12.804.569 L de água. Ao diminuir a EPP em um mês, o CA e EGEI foram reduzidos em 123.156 L e 155 kg CO₂eq, respectivamente. Quando diminuíram os DA em 21, os EGEI diminuíram 647 kg CO₂eq e o CA foi reduzido em 455.455 L. Parâmetros reprodutores como EPP e os DA tem forte influência sobre a dinâmica do animal, afetando sua produtividade, emissões de gases efeito estufa e consumo de água.

Palavras-chave: água, ganadeira, gases de efeito estufa, modelos.

Introducción

Todos los seres humanos para su conservación y bienestar, requieren directa o indirectamente de los recursos naturales (NAP, 2011). La interacción entre los animales domésticos y su ambiente, modulados por el manejo del hombre, es lo que conocemos hoy como sistemas ganaderos. De estos sistemas, se derivan productos -leche, carne, huevos, entre otros- que son esenciales para la vida humana, sin embargo, sus procesos de elaboración pueden causar efectos ambientales. Por ejemplo, el sector ganadero ha sido identificado como un fuerte consumidor de agua fresca en el mundo (IDF, 2010; Mekonnen & Hoekstra, 2012) sobreexplotando este bien en muchas partes del planeta. Emplea más del 8% del agua usada globalmente, la mayor porción de ésta es utilizada para la irrigación de cultivos para alimentación del ganado. Toda el agua destinada para los procesos de producción, bebida y servicios es insignificante a nivel global, menos del 1% del agua global, pero

esto puede ser importante en áreas secas, en términos de proporción de agua usada (Schlink, *et al.*, 2010). La cantidad de agua consumida depende de las condiciones de manejo de los predios, del tipo de suelo, tipo de cultivo y de las condiciones climáticas imperantes (Broussain, 2011).

De igual manera, la actividad ganadera contribuye a la generación de gases de efecto invernadero (GEI). La modificación en la composición de estos gases en la atmósfera ha conducido a alteraciones climáticas con relación a su comportamiento histórico, hecho conocido como Cambio Climático (Key *et al.*, 2014). La FAO estima que el sector ganadero contribuye con 7.1 Gt de CO₂eq por año, las cuales representan el 14,5% del total de emisiones antrópicas. De este total, el ganado de carne es responsable del 41%, el ganado de leche del 20%, cerdos 9%, pollos y huevos 8% (Gerber *et al.*, 2013). Actualmente, la actividad ganadera practicada en el trópico ha

cochado alto interés en la comunidad científica por tres razones: la primera es debido al incremento en el consumo de proteína de origen animal de los países en desarrollo (FAO, 2009); la segunda, es la alta contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero (Gerber *et al.*, 2011; Herrero *et al.*, 2011) y la tercera, es que muchos de los ganaderos en el trópico son pobres, por lo cual, mejorando la actividad ganadera, se mitiga la pobreza en estos países (World Bank, 2009; Herrero *et al.*, 2013).

En América Latina tropical, la actividad ganadera representa el uso más importante de la tierra, siendo la actividad que más contribuye al producto interno agropecuario de los diferentes países (Barragan, Mahecha & Cajas, 2015). Colombia posee un hato bovino cercano a 23 millones de cabezas ubicados en 39.2 millones de ha, presentando una carga de 0.6 animales/ha. Esta cifra no ha variado significativamente en los últimos veinte años, lo que revela la pobre transformación tecnológica del sector ganadero (PNUD, 2011). De este inventario total, el 56% son hembras, 26% son machos y el restante son animales menores de un año. Solamente el 2% de este total es clasificado como lechería especializada, el 38% se dedica al doble propósito y el 60% restante se ocupa de las actividades de ceba y cría en forma extensiva (Fedegan, 2013).

Debido a la importancia socioeconómica del sector ganadero para el país, ya que contribuye con el 45% de la producción agropecuaria, genera el 7% del total de empleos, produce el 1,6% de la riqueza nacional, participa con el 20% del PIB agropecuario y representa el 53% del PIB pecuario (DANE, 2011; Fedegan, 2013), se debe iniciar una transformación significativa de este sector, que responda a los retos que lo vinculan con la seguridad alimentaria, crecimiento económico, cambio climático y un muy posible y cercano escenario de posconflicto (Palmett, 2015, Perfetti *et al.*, 2013). Aunque existen prácticas de mitigación aplicables para los diferentes sistemas de producción mundial que pueden mejorar la productividad animal y su eficiencia reproductiva, conllevando a reducciones en el uso de recursos naturales y disminución en las emisiones de GEI; no están muy bien documentadas y

respaldadas por información completa, consolidada y científica (Hristov *et al.*, 2013). Este hecho motivó a plantear como objetivo de este trabajo, conocer el efecto de parámetros zootécnicos, como la edad al primer parto y los días abiertos en una hembra bovina doble propósito, sobre la cantidad de agua utilizada (L) y gases de efecto invernadero emitidos (kg CO₂eq) por kg de producto generado (kg leche).

Metodología

Se simuló el comportamiento de una hembra bovina doble propósito (Gyr x Holstein) desde su nacimiento hasta el sacrificio, con el objetivo de conocer las cantidades de agua consumida (L) y los GEI (CO₂eq) emitidos durante toda su vida. Su sacrificio se realizó un mes después de cumplir la cuarta lactancia, promedio nacional documentado por Fedegan (2012). El animal estaba bajo condiciones de pastoreo en el trópico bajo Colombiano. La principal fortaleza de este trabajo fue la integración de 4 metodologías existentes: Large Ruminant Nutrition System (LRNS), huella hídrica (Chapagain & Hoekstra, 2003), huella de carbono (Rotz, Montes & Chianese, 2010) y dinámica de sistemas (Sterman, 2000).

El modelo matemático nutricional LRNS, se usó para estimar el consumo de materia seca (MS) diario en cada una de las etapas fisiológicas del animal, en este caso el consumo del forraje pastoreado, de acuerdo a las características del animal (peso vivo, edad), del forraje (FDN, PC, MS, Energía, EE) y el clima (temperatura ambiental, humedad relativa). También permitió conocer la producción de leche diaria cuando el animal se encontraba lactando. Las emisiones de GEI se estimaron usando las ecuaciones nivel 2 del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, del inglés Intergovernmental Panel on Climate Change), con las cuales se obtuvieron las cantidades de metano entérico, metano de las excretas y óxido nitroso (IPCC, 2006 a, b). Estimados los kg producidos de estos gases, se convirtieron a kg de CO₂eq usando las ecuaciones 1, 2 y 3 (IPCC, 2007):

$$1 \text{ kg de CO}_2 = 1 \text{ kg de CO}_2\text{eq}; \quad (1)$$

$$1 \text{ kg de CH}_4 = 25 \text{ kg de CO}_2\text{eq}; \quad (2)$$

$$1 \text{ kg de N}_2\text{O} = 298 \text{ kg de CO}_2\text{eq}. \quad (3)$$

Obtenidos los kg de CO₂eq totales, emitidos durante toda la vida del animal, se dividieron entre la leche producida durante las lactancias que permaneció en el hato, con el fin de hallar la huella de carbono (kg CO₂eq / kg leche).

La cantidad de agua utilizada por el animal, se calculó para los tres componentes que conforman la huella hídrica: bebida, servicios y alimento. El agua para la bebida del animal se estimó usando las ecuaciones 4, 5 y 6.

$$\begin{aligned} \text{Consumo total agua (vaca lactante) (L/vaca/día)} = & (-26.12 + (1.516 * \text{Temperatura media (°C)} + (1.299 \\ & * \text{Producción promedia de leche (kg/vaca/día))} \\ & + (0.058 * \text{Peso promedio vacas lactantes (kg)} + \\ & (0.406 * \text{Na ingerido})) \text{ (Meyer et al. ,2004)} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total agua (vaca seca) (l/vaca/día)} = & (11.34 + (4.63 * \text{Consumo MS (kg/vaca/día)} - (0.036 \\ & * 330) + (0.84 * \text{Temperatura media (°C)})) \text{ (Stockdale} \\ & \& \text{ King, 1983)} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total agua (otras categorías) (l/animal/día)} & = \text{Consumo MS (kg/animal/día)} * (3.413 + 0.01595 * \\ & \text{EXP (0.01595 * Temperatura media (°C))} \text{ (Winches-} \\ & \text{ter \& Morris, 1956)} \end{aligned} \quad (6)$$

Las cantidades de agua usada para los servicios del animal (lavado de establos, tinas, pezones, entre otras) se tomaron del documento de Chapagain & Hoekstra (2003). En este, las terneras no gastaban

agua, las novillas de vientre consumían 4 L/día y las vacas usaban 5 L diarios. El agua empleada para la producción del alimento, forraje, estaba en función de la evapotranspiración del cultivo, pasto, la producción de forraje en el sistema y la cantidad de forraje verde consumido por los animales del hato. La evapotranspiración se estimó usando el método de Thorntwaite (1948).

Obtenidos los L totales de agua consumida durante toda la vida del animal, se dividieron entre la leche producida durante las lactancias que permaneció en el hato, con el fin de hallar la huella hídrica (L H₂O / L leche).

La evolución del animal fue simulada usando la metodología de dinámica de sistemas (DS). El modelo se construyó usando los principales componentes de esta disciplina como son los niveles, flujos, retroalimentación y retrasos (Sterman, 2000). Los niveles son acumulaciones dentro del sistema, los flujos son los únicos que modifican los niveles, la retroalimentación representa la cadena de causalidad dentro del sistema y los retrasos determinan el tiempo de permanencia en los niveles, ocasionando inestabilidad y oscilación (Guimaraes, Tedeschi & Teixeira, 2009).

El modelo fue construido con la ayuda del software Vensim PLE Plus (Ventana System, Inc.), este estuvo conformado por 10 niveles, los cuales representaban las diferentes etapas fisiológicas por las cuales pasaba el animal durante su vida (Figura 1). Posterior a su construcción, los valores estimados de materia seca ingerida, producción de leche, agua utilizada y GEI emitidos para cada categoría, se adicionaron al modelo como variables externas.

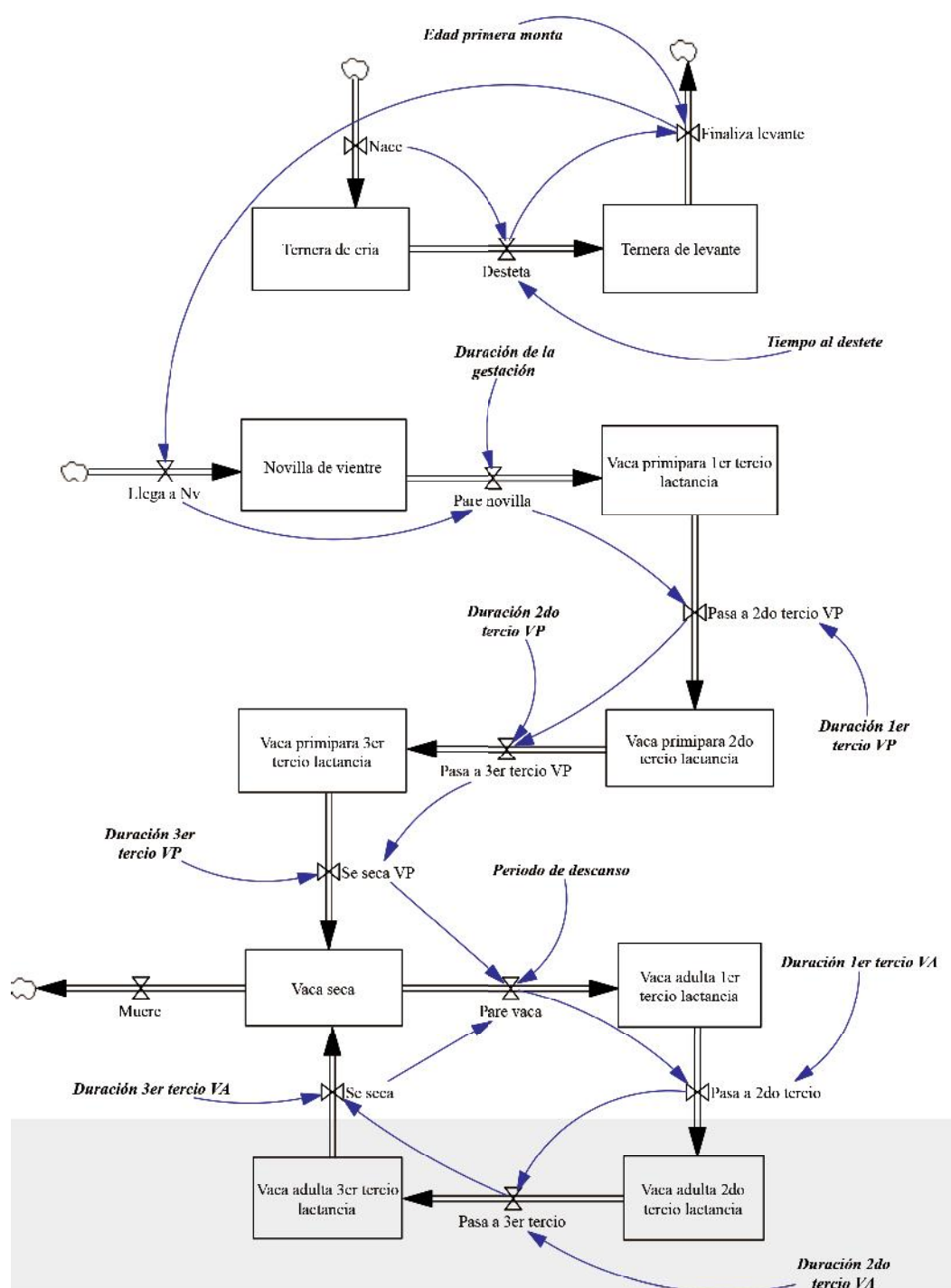


Figura 1. Modelo mediante DS representando las etapas fisiológicas por las que cursa un bovino doble propósito (hembra) durante toda su vida. Las variables en cursiva determinan los tiempos de permanencia en cada nivel. Nv: Novilla de vientre, VP: Vaca primípara, VA: Vaca adulta.

En la Tabla 1, se muestran las principales variables utilizadas para la estimación de los consumos de

materia seca, producción de leche, GEI, consumo de agua y construcción del modelo DS.

Tabla 1. Variables utilizadas para la construcción del modelo DS, consumo de materia seca, huellas de carbono e hídrica con sus respectivos valores iniciales y fuentes de referencia.

Parámetro	Valor	Fuente
Animal		
Edad al destete	9 meses	Fedegan 2012
Edad primera monta	27 meses	Fedegan 2012
Intervalo entre partos	456 días	Fedegan 2012
Duración lactancia	9 meses	Fedegan 2012
Periodo de descanso	171 días	Fedegan 2012
Peso vivo vaca adulta	470 kg	Fedegan 2012
Peso al destete	150 kg	Fedegan 2012
Peso al nacimiento	35 kg	Fedegan 2012
Forraje		
FDN	67%	Peters <i>et al.</i> , 2011
Proteína cruda	10%	Peters <i>et al.</i> , 2011
Extracto etéreo	1,6%	Peters <i>et al.</i> , 2011
Materia seca	25%	Peters <i>et al.</i> , 2011
Energía	16,07 MJ/kg	Peters <i>et al.</i> , 2011
kg forraje verde	0,7 kg/m ²	Molina, 2015
Clima		
Temperatura media	23°C	www.ideam.gov.co
Humedad relativa	75%	www.ideam.gov.co

Una de las ventajas de trabajar con modelos de simulación, es observar la reacción del sistema a una medida tomada. De esta manera se establecieron 2 políticas técnicas: i) reducción en la edad al primer parto (EPP), ii) reducción en los días abiertos (DA), con el fin de analizar la respuesta a dichas alteraciones. Las políticas se plantearon de acuerdo a las recomendaciones propuestas en los documentos de Pereira (2007); Lascano, *et al* (2009) y Molina (2015). También siguiendo la recomendación hecha por Ray Stata, en La Quinta disciplina (Senge, 1990), en donde propone como estrategia para mejorar el desempeño del sistema, minimizar las demoras del mismo. Para la política 1, se redujo gradualmente el valor de la EPP hasta un valor biológicamente posible para

condiciones tropicales, desde el valor base de 36 meses, reportado como valor promedio nacional, hasta 30 meses. Para la política 2, se redujo progresivamente en 21 días, ciclo estral del bovino, el tiempo entre el parto y la concepción, iniciando desde el valor base de 171 días, reportado como valor promedio nacional, hasta 66 días.

Resultados

Los resultados de emisiones de gases de efecto invernadero y huella de carbono obtenidos, fueron presentados en el XIII congreso latinoamericano y encuentro colombiano de dinámica de sistemas (Molina, Sánchez & Atzori, 2015).

El LRNS permitió estimar el consumo de materia seca (kg/día) para cada una de las etapas del animal, al igual que la producción de leche en sus diferentes lactancias. En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 2. Consumo de materia seca (MS) y producción de leche en cada una de las etapas del animal

Etapas	Consumo MS (kg/día)	Producción de leche (kg/día)
Ternera de Cría	2,2 - 3,6	0
Ternera de levante	4,1 - 8,7	0
Novilla de vientre	9,1 - 10,2	0
Vaca prim. 1er TL*	10,5	5,3
Vaca prim. 2do TL	10,6	5,4
Vaca prim. 3er TL	10,8	5,1
Vaca adulta 1er TL	10,9	5,5
Vaca adulta 2do TL	10,9	5,5
Vaca adulta 3er TL	10,9	5,2
Vaca seca	11	0

*Prim= primípara; TL= Tercio de Lactancia.

Las cantidades de leche producida diariamente, se encuentran en el rango de los datos presentados por Fedegan (2012), en donde los animales doble propósito pueden producir entre 3,5 L (promedio nacional) y 6,8 L (fincas sobresalientes). Con los datos obtenidos mediante el LRNS, más la información

composicional del alimento consumido por los animales, se estimaron las cantidades de gases de efecto invernadero (CH₄ y N₂O) emitidas por el animal a través de sus diferentes etapas de vida. En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos utilizando las ecuaciones del IPCC (2006 a, b).

Tabla 3. Emisiones mensuales de CH₄ y N₂O en cada una de las etapas del animal

Etapas	CH ₄ entérico (kg/mes)	CH ₄ excretas (kg/mes)	N ₂ O (kg/mes)
Ternera de cría	1,66	0,04	0,04
Ternera de levante	2,92 - 4,77	0,07 - 1,2	0,07 - 1,1
Novilla de vientre	5,54	0,14	0,12
Vaca prim. 1er TL*	6,15	0,2	0,14
Vaca prim. 2do TL	6,15	0,2	0,14
Vaca prim. 3er TL	6,15	0,2	0,14
Vaca adulta 1er TL	6,72	0,17	0,15
Vaca adulta 2do TL	6,72	0,17	0,15
Vaca adulta 3er TL	6,72	0,17	0,15
Vaca seca	6,67	0,17	0,15

*prim= primípara; TL= Tercio de Lactancia.

El agua utilizada por el animal durante toda su vida, para cada una de sus etapas, se exhibe en la Tabla 4. Los resultados se presentan para

los tres componentes de la huella hídrica (bebida, servicios, alimento) (Chapagain & Hoekstra, 2003).

Tabla 4. Agua mensual utilizada (bebida, servicios, alimento) en cada una de las etapas del animal.

Etapa	Agua bebida (L/mes)	Agua servicios (L/mes)	Agua alimento (L/mes)
Tenera de cría	51 - 243	0	1.515 – 54.554
Tenera de levante	487 - 791	122	57.951 – 131.841
Novilla de vientre	1.156	122	145.480
Vaca prim. 1er TL	2.252	152	159.118
Vaca prim. 2do TL	2.252	152	160.634
Vaca prim. 3er TL	2.252	152	163.665
Vaca adulta 1er TL	2.252	152	165.180
Vaca adulta 2doTL	2.252	152	165.180
Vaca adulta 3er TL	2.252	152	165.180
Vaca seca	2.099	152	166.696

*prim= primípara; TL= Tercio de Lactancia.

Línea Base

De acuerdo a los parámetros zootécnicos introducidos en el modelo DS, el animal presentó cuatro lactancias en el transcurso de 91 meses (Figura 2). La primera con una producción de 1.442 kg de leche, las tres siguientes con producciones de 1.479

kg. Estas cantidades de leche estimadas, concuerdan con los datos reportados por Fedegan (2012), en donde animales doble propósito pueden producir entre 1.200 y 1.600 kg de leche por lactancia. En total, la producción de leche durante su vida útil fue de 5.879 kg.

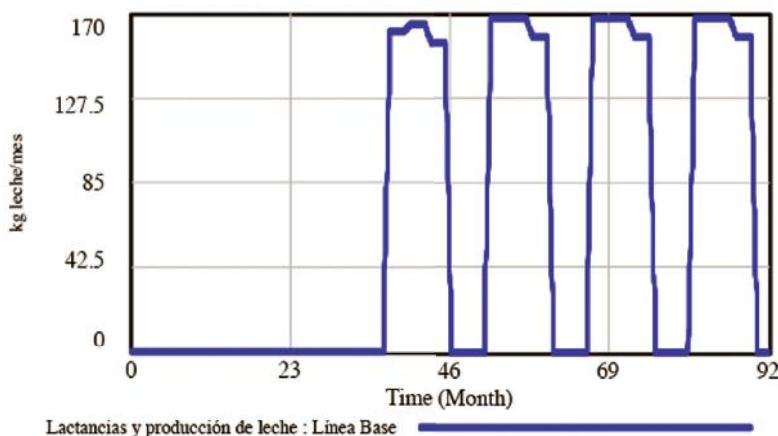


Figura 2. Número de lactancias y cantidad de leche (kg) producida durante 92 meses de vida para un animal doble propósito.

Por otro lado, las emisiones de GEI y consumo de agua durante toda su vida fueron de 16.066 kg CO₂eq y 12.804.569 L, respectivamente. Al dividir estas cantidades entre la leche total producida, se encontró que el animal necesitaba 2.178 L de agua y emitía 2,73 kg CO₂eq para producir un kg de leche.

De acuerdo a los valores reportados en la literatura acerca del consumo de agua en la producción de leche, los valores obtenidos en este trabajo se encuentran por encima del rango mencionado por Chapagain & Hoekstra (2003) y Mekkonen & Hoekstra (2010), el cual variaba entre 760 y 1.800 L de agua por L de leche. Al comparar los resultados obtenidos en este estudio, con los datos presentados por Sultana *et al.* (2014), se observa que el valor encontrado aquí, está dentro del rango definido por estos autores (739 – 5.622 L de agua por L de leche), pero por encima del promedio global (1.833 L) y del promedio para Suramérica (1.713 L).

Para la huella de carbono, el valor obtenido fue cercano a los 2,8 kg CO₂eq / kg leche estimado por Gerber *et al.*, (2013) como promedio global. Otros autores, siguiendo la metodología de las ecuaciones propuestas por el IPCC, como Rotz *et al.* (2010), Gerber *et al.* (2011) y Leschen *et al.* (2011), encontraron

huellas de carbono entre 0,37 – 0,69; 1,6 – 1,8 y 1,3 kg CO₂eq / kg leche, respectivamente. Guerci *et al.* (2013), Serra (2013) y Thoma *et al.* (2013), reportaron valores entre 1,23 y 1,72 kg CO₂eq/kg leche. O'Brien *et al.* (2015), encontró huellas de carbono en lecherías irlandesas, bajo condiciones de pastoreo, entre 0,6 y 2,13 kg CO₂eq / kg leche.

Las diferencias encontradas tanto para la huella hídrica como la de carbono, con respecto a los autores mencionados anteriormente, podría deberse a la mayor producción diaria de leche por animal que reportan en estos estudios (> 10 kg leche/vaca/día) comparadas con los 5 kg producidos por el ganado doble propósito colombiano.

Reducción en la edad al primer parto (EPP)

Se redujo gradualmente el valor de la EPP hasta un valor biológicamente posibles para condiciones tropicales, desde el valor base de 36 meses, reportado como valor promedio nacional, hasta 30 meses. En la Tabla 5, se puede observar, como la reducción de un mes en la EPP, disminuía en promedio mensualmente, 123.156 (±6.874) L de agua y 155 kg de CO₂eq. Para las huellas hídrica y de carbono, la reducción promedio fue de 20,94 L agua/L leche y 0,03 kg CO₂eq/kg leche, respectivamente.

Tabla 5. Efecto de la edad al primer parto (EPP) sobre el consumo de agua, GEI y las huellas de carbono e hídrica.

EPP (meses)	Agua (L)	GEI (kg CO ₂ eq)	HH (L agua/L leche)	HC (kg CO ₂ eq/kg leche)
36	12.804.569	16.066	2.178	2,73
35	12.671.815	15.911	2.155	2,71
34	12.543.102	15.755	2.133	2,68
33	12.418.430	15.600	2.112	2,65
32	12.297.799	15.445	2.092	2,63
31	12.180.199	15.290	2.072	2,6
30	12.065.630	15.135	2.052	2,57

*EPP= Edad al primer parto, GEI= Gases de efecto invernadero; HH= Huella hídrica; HC= Huella de carbono.
Las cantidades de agua y GEI son el total desde el nacimiento hasta el sacrificio.

Adicionalmente, en la Figura 3, se puede observar como la reducción en la EPP, permitió disminuir la permanencia del animal en el hato, es decir, el

bovino terminaba su cuarta lactancia con menor edad, pasando de 91 meses en la línea base a 85 meses para una EPP de 30.

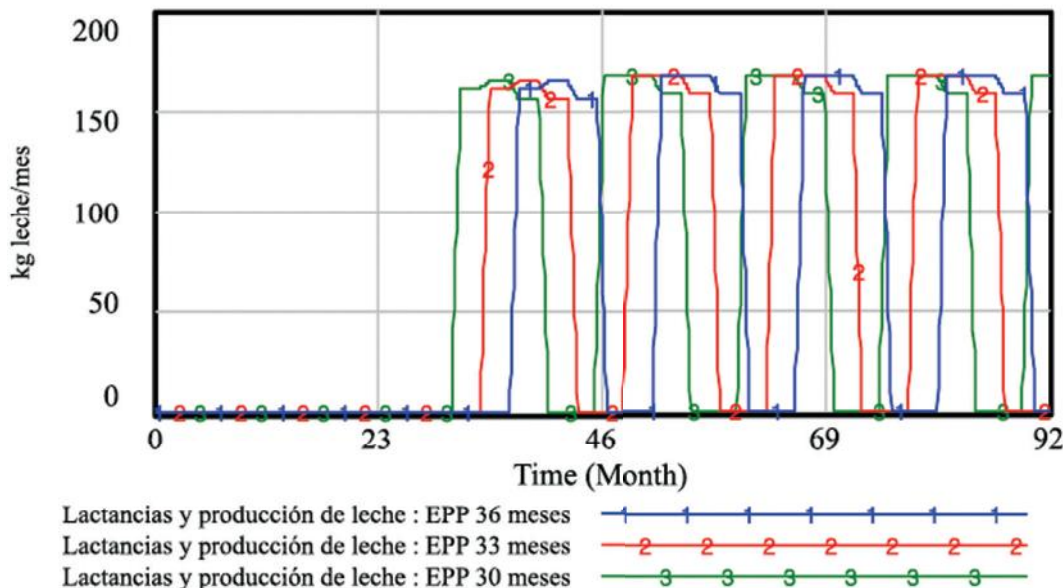


Figura 3. Efecto de la disminución en la edad al primer parto (EPP) sobre la permanencia del animal en el hato, cumplidas sus cuatro lactancias.

Reducción en los días abiertos (DA)

Para esta política, se redujo paulatinamente en 21 días (ciclo estral del bovino) el tiempo entre el parto y la concepción. En la Tabla 6, se puede observar como la reducción de un estro,

disminuía en promedio mensualmente, 455.455 (± 79.056) L de agua y 647 kg de CO₂eq. Para las huellas hídrica y de carbono, la reducción fue de 93,21 L agua/L leche y 0,11 kg CO₂eq/kg leche, respectivamente.

Tabla 6. Efecto de los días abiertos (DA) sobre el consumo de agua, GEI y las huellas de carbono e hídrica.

DA (días)	Agua (L)	GEI (kg CO ₂ eq)	HH (L agua/L leche)	HC (kg CO ₂ eq/kg leche)
171	12.804.569	16.066	2.178	2,73
150	12.163.500	15.419	2.069	2,62
129	11.824.132	14.771	2.011	2,51
87	11.317.180	14.124	1.925	2,40
66	10.813.065	13.477	1.839	2,29

*DA= Días abiertos, GEI= Gases de efecto invernadero; HH= Huella hídrica; HC= Huella de carbono. Las cantidades de agua y GEI son el total desde el nacimiento hasta el sacrificio.

3. Chapagain, A. & Hoekstra, A. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Value of water research report series No. 13. UNESCO-IHE Institute for water education.
4. DANE. Cuentas Nacionales, Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, (2011). Boletín mensual Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Núm. 4 DANE.
5. FAO. (2009). The state of food and agriculture – livestock in the balance. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
6. Fedegan. (2012). Foro de empresarialización y competitividad ganadera: Costos y los indicadores de productividad en la ganadería colombiana. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/Fedegan/costos-e-indicadores-de-la-productividad-en-la-ganaderia-colombiana?related=1>
7. Fedegan. (2013). Análisis del inventario ganadero colombiano: Comportamiento y variables explicativas. Bogotá, Colombia.
8. Gerber, P.; Vellinga, T., Opio, C. & Steinfeld, H. (2011). Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science*, 139; 100-108.
9. Gerber, P.; Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
10. Guerri, M., Bava, L., Zucali, M., Tamburini, A. & Sandrucci, A. (2013). Effect of summer grazing on carbon footprint of milk in Italian Alps: A sensitivity approach. *Journal of Cleaner Production*, 73; 236-244.
11. Guimaraes, V.; Tedeschi, L. & Teixeira, M. (2009). Development of a mathematical model to study the impacts of production and management policies on the herd dynamics and profitability of dairy goats. *Agricultural system*, 101, 186-196.
12. Herrero, M., Gerber, P., Vellinga, T., Garnett, T., Leip, A., Opio, C., Westhoek H.J., Thornton, P.K., Olesen, J., Hutchings, N., Montgomery, H., Soussana, J.F., Steinfeld, H. & McAllister, T.A. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: the importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology* 166–167, 779–782.
13. Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S. & Rufino, M. (2013). The roles of livestock in developing countries. *Animal* 7, 3–18.
14. Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. & Oosting, S. (2013). Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera – Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO₂. Editado por Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson y Harinder P.S. Makkar. Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177. FAO, Roma, Italia.
15. IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de: www.ideam.gov.co
16. IDF (International Dairy Federation). (2010). Environmental issues at dairy farm level. Bull. Int. Dairy Fed. Ser. No. 443, 3.
17. IPCC. (2006a). Chapter 10. Emissions from Livestock and Manure Management. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Volume 4: 10.1–10.87.
18. IPCC. (2006b). Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Volume 4, 11.1–11.54.
19. IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 2: Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Recuperado de: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf
20. Key, N, Stacy S. & David. M. (2014). Climate Change, Heat Stress, and U.S. Dairy Production, ERR-175, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, September 2014.
21. Large Ruminant Nutrition System (LRNS) software Vensim PLE Plus (Ventana System, Inc.), Recuperado de: <http://nutritionmodels.com/lrns.html>
22. Lascano, C.; Ayarza, M., Cárdenas, E., Carulla, J., Boshell, F. & Peña, A. (2009). Ante el cambio climático: Los desafíos de la producción ganadera. *Ciencia y tecnología ganadera*, 68. p. 4.
23. Lesschen, J.P., van den Berg, M., Westhoek, H.J., Witzke, H.P. & Oenema, O. (2011). Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167; 16-28.
24. Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A.Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Res. Rep. Ser. No. 48. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
25. Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y., (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15, 401- 415.
26. Meyer, U., Everingham, D., Gaden and G. & Flachowsky, G. (2004). Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Liv. Prod. Sci.* 90:117-121.
27. Molina, R. (2015). Estudio de la sostenibilidad en cuatro sistemas ganaderos con diferentes niveles de intensificación mediante dinámica de sistemas. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Colombia. p. 162.
28. Molina, R., Sánchez, H. & Atzori, A. (2015). Dynamic stimulation of the carbon footprint for a dual purpose cattle. XIII congreso latinoamericano y encuentro colombiano de dinámica de sistemas. Colombia, Octubre de 2015. p. 51-57.
29. NAP. National Academies Press. (2011). Sustainability and the U.S. EPA. Washington, D.C. p. 150.

30. O'Brien, D., Hennessy, T., Moran, B. & Shalloo, L. (2015). Relating the carbon footprint of milk from Irish dairy farms to economic performance. *Journal of Dairy Science*, 98: 7394-7407.
31. Palmett, L. (2015). El impacto del posconflicto en el sector agrario colombiano, un análisis desde la gestión pública. Universidad Militar Nueva Granada.
32. Pereira, V. (2007). Modelagem de uma unidade de produção para caprinos leiteiros utilizando a dinâmica de sistemas. Doctor Scientiae tese. Universidade Federal de Vicosa.
33. Perfetti, J., Balcázar, A., Hernández, A., Leibovich, J., Becerra, A., Botello, S., Cortés, S., Estrada, L., Rodríguez, C. & Vásquez, H. (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. SAC y Fedesarrollo. Bogotá D.C. p 247
34. Peters, M.; Franco, L. H., Schmidt, A. & Hincapié, B. (2011). Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del trópico americano. Publicación CIAT 374. p. 212.
35. PNUD. (2011). Colombia rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011. Bogotá: INDH PNUD, septiembre. p. 443.
36. Rotz, C., Montes, F. & Chianese D. (2010). The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science*, 93, 1266-1282.
37. Schlink, A., Nguyen, M. & Viljoen, G. (2010). Water requirements for livestock production: a global perspective. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 29 (3), 603-619.
38. Senge, P. (1990). La Quinta Disciplina. Granica. p. 75.
39. Serra, M. (2013). Estimation of carbon footprint in dairy cattle farms of Southern Italy. PhD thesis. Università degli Studi di Sassari. Italy.
40. Sterman, J.D. (2000). Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World; McGraw-Hill: Boston, MA, USA.
41. Stockdale, C. R. & K. R. King. (1983). A note on some of the factors that affect the water consumption of lactating dairy cows at pasture. *Anim. Prod.* 36:303-306.
42. Sultana, Mst.N., et al. (2014). Benchmarking consumptive water use of bovine milk production systems for 60 geographical regions: An implication for Global Food Security. *Global Food Security*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2014.08.006i>
43. Thoma, G., Popp J., Nutter D., Shonnard D., Nutter, D., Matlock M., Ulrich R., Kellogg, W., Kim D.S., Neiderman Z., Kemper N., Adom, F. & East C. (2013). Regional analysis of Greenhouse gas emissions from US dairy farms: a cradle-to- farm-gate assessment of the American dairy industry circa 2008. *International Dairy Journal* 31; S29-S40.
44. Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geograph. Rev.*, 38, 55.
45. Winchester, C. F., and M. J. Morris. (1956). Water intake rates of cattle. *J. Anim. Sci.* 15:722-740.
46. World Bank (2009). Awakening Africa's sleeping giant: prospects for commercial agriculture in the Guinea savannah zone and beyond World Bank, Washington, DC. Recuperado de: http://siteresources.worldbank.org/INTARD/Resources/sleeping_giant.pdf

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 22 de marzo de 2016

Aceptado: 03 de mayo de 2016

Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq)

Efficiency of use of nutrients in hot pepper tabasco (*Capsicum frutescens* L.) and habanero (*Capsicum chinense* Jacq)

Eficiência de uso de nutrientes na pimenta tabasco (*Capsicum frutescens* L.) e “habanero” (*Capsicum chinense* Jacq)

María del Pilar Romero-Lozada¹, Christian Felipe Enciso Murillo², Sandra Marcela García³, Juan José Wagner Guerrero⁴, Yina Jazbleidi Puentes-Páramo⁵ & Juan Carlos Menjivar-Flores⁶

¹Ingeniera Agrónoma, Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias. ^{2,3 y 4}Estudiante de Ingeniería Agronómica.

⁵Ingeniera Agrónoma, Magister en Biotecnología de plantas, Doctora en Ciencias Agropecuarias.

⁶Ingeniero Agrónomo, Magister en Suelos y Aguas, Doctor en Ciencia del Suelo.

^{1, 2, 3, 4, 5, 6}Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Colombia.

^{1, 2, 3, 4}mpromerol@unal.edu.co, ⁵yjpuentes@unal.edu.co, ⁶jcmenjivarf@unal.edu.co

Resumen

El manejo adecuado de la nutrición de un cultivo implica hacer un uso eficiente de los nutrientes. Por tanto, esta investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia agronómica (EA) y de recuperación del fertilizante (ERF) para nitrógeno, fósforo y potasio en ají habanero y ají tabasco y su influencia en el rendimiento. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron T1: Testigo, T2: fertilización según el programa que maneja el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) para N-P-K, T3: programa de fertilización de CEUNP + 50% y el T4: programa de fertilización de CEUNP + 100%. Para ají tabasco (*C. frutescens* L.) y habanero (*C. chinense* J.) el análisis de varianza dio diferencias altamente

significativas ($p < 0,001$) por efecto de los tratamientos tanto para la eficiencia agronómica (EA) como de recuperación del fertilizante (ERF). Los resultados muestran que los mayores valores de EA y ERF para N-P-K en tabasco se presentaron en el tratamiento T4, y en habanero se presentaron en el tratamiento T3, excepto para la ERF de fósforo. Así, estos permiten observar que ají tabasco presenta bajas eficiencias agronómicas y de recuperación de nutrientes con respecto al tipo habanero. Los mejores rendimientos de tabasco y habanero se presentan en el T4 y los menores en el T1, lo que sugiere una clara influencia del genotipo.

Palabras clave: fertilidad del suelo, fertilización, nutrición mineral, rendimiento.

Abstract

The proper handling of a crop nutrition involves efficient use of nutrients. Therefore, this research had as objective determine the efficiency agronomic (EA) and of recovery of the fertilizer (ERF) for nitrogen, phosphorus and potassium in Chili habanero and pepper tabasco and its influence in the performance. The experimental design consisted of complete blocks at random with four treatments and four replications. The treatments were T1: witness, T2: fertilization according to the program that manages the Experimental Center of the National University of Colombia (CEUNP) for n-p - K, T3: fertilization of CEUNP 50% and T4 program: CEUNP 100% fertilization program. For pepper tabasco (*C. frutescens* L.) and habanero (*C. chinense* J.) the analysis of variance gave differences highly significant ($p < 0.001$) by effect of them treatments both for the efficiency agronomic (EA) as of recovery of the fertilizer (ERF). The results show that the highest values of EA, and ERF for n-p - K in tabasco were presented in the T4 treatment, and habanero presented in the T3 treatment, except for the ERF of phosphorus. Thus, these enable observe that tabasco chili presents low efficiencies agronomic and recovery of nutrients to the habanero type. The best yields of tabasco and habanero are presented in the T4 and minors in T1, which suggests a clear influence of genotype.

Key-words: fertilization, mineral nutrition, soil fertility, yield.

Resumo

O manejo adequado da nutrição de uma cultura implica fazer uso eficiente dos nutrientes. Por isso, este trabalho de pesquisa teve como objetivo determinar a eficiência agrônômica (EA) e de recuperação de fertilizante (ERF) para nitrogênio, fósforo e potássio em pimenta “habanero” e tabasco e sua influência no rendimento. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições. O tratamentos foram os seguintes T1: Controle, T2: fertilização recomendada pelo Centro Experimental da Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) para N-P-K, T3: programa de fertilização de CEUNP + 50% e T4: programa de fertilização de CEUNP + 100%. Para pimenta tabasco (*C. frutescens* L.) e “habanero” (*C. chinense* J.) a análise de variância mostrou diferenças significativas ($p < 0,001$) devido ao efeito dos tratamentos tanto para EA quanto para ERF. Os resultados mostram que maiores valores de EA e ERF para N-P-K em tabasco foram apresentados no tratamento T4 e em “habanero” no tratamento T3, com exceção de ERF de fósforo. Assim, é possível observar que a pimenta tabasco apresenta baixas eficiências agrônômicas e de recuperação de nutrientes quando comparada com o tipo “habanero”. Os melhores rendimentos de tabasco e “habanero” foram observados no T4 e o mais baixo no T1 sugerindo uma influência marcada do genótipo.

Palavras-chave: fertilidade do solo, fertilização, nutrição mineral, rendimento.

Introducción

Diversos factores pueden afectar el desarrollo del cultivo de ají (*Capsicum spp.*) y por ende su productividad, tales como la falta o exceso de fertilización y el déficit hídrico, entre otros, lo cual se traduce en importantes reducciones del rendimiento (Ismail, 2010); en el mismo sentido, Puentes, Menjívar & Aranzazu (2014) afirman que la producción no solo depende de la fertilidad del suelo, sino de factores relacionados con la genética de

la planta y el medio ambiente, es decir, la interacción de ambos. Un manejo adecuado de la nutrición del cultivo implica hacer un uso eficiente de nutrientes (UEN), en ese orden de ideas, Marouani & Harbeoui (2016) sugieren que la eficiencia en el uso de nutrientes se relaciona con incrementos en la absorción de nutrientes y reducción de las pérdidas, así mismo, Baligar, Fageria & He (2001) consideran que el UEN disminuye la pérdida de

nutrientes, mejora el rendimiento y calidad de los cultivos, lo cual indirectamente, se traduce en una reducción de los costos por uso de fertilizantes, y en una protección del medio ambiente al evitar el uso excesivo de fertilizantes (Zhu *et al.*, 2005). Por otra parte, González *et al.* (2016) reportan que el uso eficiente de nutrientes se afecta con altas dosis de fertilización y textura del suelo, en este sentido, es importante y necesario conocer las eficiencias para cada cultivo o variedad por zona.

Las investigaciones en ají *Capsicum*.spp, ya sean de tipo habanero o tabasco, se han enfocado en obtener variedades o líneas con altos rendimientos y concentración de *capsaicina*, en función de la aplicación de fertilizantes o inoculantes microbianos, de las densidades de siembra y de las aplicaciones de diferentes láminas de riego, entre otras (Reyes *et al.*, 2014, Borges *et al.*, 2010, Díaz *et al.*, 1999, Gil *et al.*, 2012, Quintal *et al.*, 2012). Así mismo, se han determinado los requerimientos nutricionales, más no hay resultados sobre el uso eficiente de nutrientes; es así, que los productores no saben cuánto kg de ají producen por cada kg de nutriente aplicado, mucho menos cuánto de lo que se aplica al suelo es recuperado por el cultivo, y por esta razón se utilizan iguales dosis nutricionales para cualquier tipo de ají, sea tabasco, habanero, u otro.

En ese orden de ideas, la presente investigación buscó determinar el uso eficiente de nutrientes (UEN) para nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en términos de la eficiencia agronómica (EA) y eficiencia de recuperación del nutriente (ERN) de dos líneas de ají elite de la Universidad Nacional de Colombia seleccionadas para alta *capsaicina*, correspondientes a *Capsicum frutescens* tipo tabasco y *Capsicum chinense* Jacq tipo habanero.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (CEUNP), ubicado en el municipio de Candelaria (vereda El Carmelo) en el departamento del

Valle del Cauca, Colombia, a 980 msnm, con temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa del 75% y coordenadas 3° 24' latitud norte y 76° 26' longitud oeste.

Al inicio de la investigación se muestreó el suelo a una profundidad entre 20-30 cm para evaluar sus propiedades físicas y químicas, las cuales se determinaron en el laboratorio de suelos del Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT y se interpretaron los resultados con valores de referencia del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1992); el pH se determinó por el método del potenciómetro 1:1; materia orgánica (M.O) por Walkley-Black; fósforo por el método de Olsen Espectrometría UV; calcio, magnesio, sodio, potasio y capacidad de intercambio catiónico (CIC) por acetato de amonio pH 7,0, cuantificado por absorción atómica; boro por el método de agua caliente (Espectrometría y Azometina), densidad aparente por el método del núcleo y textura por Bouyoucus.

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar (BCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 16 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en una parcela de 5,2 m de ancho por 9 m de largo, en donde la distancia entre plantas fue de 0,60 m y entre surcos de 1,3 m. En cada surco se sembraron 15 plantas, y se cosecharon los dos surcos centrales.

Los tratamientos evaluados fueron T1: Testigo, T2: Fertilización según el programa que maneja el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia CEUNP (N: 150, P₂O₅:100 y K₂O:300), T3: programa de fertilización de CEUNP + 50% y el T4: programa de fertilización de CEUNP + 100%. Las cantidades de fertilizante se fraccionaron en seis aplicaciones de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo, hasta los 90 días (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de fertilización por etapa de desarrollo del cultivo de ají.

ETAPA DE DESARROLLO	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
ETAPA 1 (10 DDT)	10	30	10
ETAPA 2 (25 DDT)	20	25	15
ETAPA 3 (45 DDT)	30	20	20
ETAPA 4 (70 DDT)	20	15	20
ETAPA 5 (85 DDT)	10	10	20
ETAPA 6 (90 DDT)	10	-	15
TOTAL (%)	100	100	100

DDT: días después del trasplante; N: nitrógeno; P₂O₅: fósforo; K₂O: potasio

En frutos se determinó la concentración de nutrientes entre los que se incluyen: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe, y Mn; estos análisis se realizaron en el CIAT siguiendo los protocolos para tejido vegetal (McKean, 1993) para ello se colectaron 20 frutos completamente maduros por línea y tratamiento. A partir de estos datos se determinó la eficiencia agronómica (EA) y eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF), según las ecuaciones 1 y 2, respectivamente, propuestas por Baligar, Fageria & He (2001):

$$kg-l) = R(t) - R(c)CNA \quad (1)$$

$$CNt - CNcCNA \times 100 \quad (2)$$

En donde:

R(t)= rendimiento de frutos de acuerdo al tratamiento realizado (kg); R(c)= rendimiento de frutos del tratamiento testigo (kg); CNA=cantidad del nutriente aplicado por el fertilizante (kg).

CN(t)= cantidad del nutriente acumulado en el fruto de acuerdo al tratamiento realizado; CN(c)= cantidad del nutriente acumulado en el fruto del tratamiento control.

El rendimiento se obtuvo por el peso de los frutos cosechados de cada línea y tratamiento en 11 cortes o cosechas, luego fue llevado a unidades de

kg.ha⁻¹. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (p≤0,05), en el programa *Statistical Analysis System* (SAS).

Resultados y discusión

Los análisis químico y físico, indican un pH de 7,7 clasificado como ligeramente alcalino, materia orgánica (2,1%), alto fósforo (75,46 ppm), alto K (0,42 Cmol/kg), alta CIC (20,95 Cmol/kg), adecuada densidad aparente (1,2 Mg/m³) y textura (Franco arcilloso), las cuales son adecuadas para el cultivo de ají (Ligarreto, Espinosa & Méndez, 2004).

Eficiencia agronómica (EA) en ají tabasco y habanero

Para ají tabasco (*C. frutescens*L.) y habanero (*C. chinense*J.) el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (p<0,01) por efecto de los tratamientos. En tanto, los mayores valores de EA para N-P-K en tabasco se presentaron en el tratamiento T4, mostrando superioridad la EAP con respecto a la EAN y EAK, en este sentido, por cada kg de nutriente aplicado se aumentó el rendimiento en mayor proporción por P, luego N y K; similar comportamiento presentó el tipo habanero. Con respecto a este último, los mayores valores de EA para N-P-K se presentaron en el tratamiento T3, seguido el T2 y por último el T4 (Tabla 2).

Tabla 2. Eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo y potasio para tabasco y habanero, por tratamiento.

	EAN(kg kg ⁻¹)			EAP(kg kg ⁻¹)			EAK(kg kg ⁻¹)		
Tipo	T2	T3	T4	T2	T3	T4	T2	T3	T4
Tabasco	15,25b	15,01c	17,7a	22,88b	22,52c	26,50a	7,63b	7,51c	8,83 ^a
Habanero	43,15b	44,14a	38,08c	64,72b	66,21a	57,11c	21,57b	22,07 ^a	19,04c

EAN: eficiencia agronómica de nitrógeno; EAP: eficiencia agronómica de fósforo; EAK: Eficiencia agronómica de potasio. Valores dentro de la misma fila con letras distintas para cada nutriente por eficiencia agronómica difieren estadísticamente según la prueba de *Tukey* ($p \leq 0,05$)

Estas eficiencias (EAN, EAP y EAK) de acuerdo con los valores de referencia reportados por Chavarría (2013) para *Capsicum annuum* L., se consideran bajos para los dos tipos de ají, sin embargo, ají tabasco presenta los valores más bajos, aun en las mejores eficiencias que se muestran en el T4.

En términos generales, la menor EA para N-P-K en ají habanero se presentó en el tratamiento T4, tratamiento que aportó la mayor cantidad de nutrientes, y la mayor EA para N-P-K en el T3, lo que sugiere, que a mayor cantidad de nutriente la producción por unidad del mismo tiende a disminuir. Sin embargo, para tabasco la menor eficiencia se presentó en el T2 para N, T3 para P y K, y la mayor eficiencia en el T4, sugiriendo que a mayor nutriente la producción por unidad del mismo tiende a aumentar, con lo cual se evidencia que los dos tipos de ají tuvieron diferencias en el uso de nutrientes; similares resultados obtuvieron Puentes *et al.* (2014), lo que evidencia la influencia del genotipo en el uso eficiente de nutrientes, como lo sugiere Aguilar *et al.* (2016).

Por lo tanto, ají habanero con menor dosis de nutrientes (T3) presenta las mejores eficiencias agronómicas superando los resultados de tabasco, así, este último

no alcanza el 50% de las EA que presenta habanero, aun cuando esté en la mayor dosis de nutrientes (T4), siendo superadas en un 149% (N-P) y 206%(K); en ese sentido, sería conveniente replantear las dosis de nutrientes que se están aplicando para tabasco.

Eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF) en ají tabasco y habanero

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) por efecto de los tratamientos en la eficiencia de recuperación de N-P-K para los dos tipos de ají. Las mayores ERF en Tabasco fueron para N en el tratamiento T4, seguido del T2 y por último T3; K es el segundo elemento en presentar la mejor eficiencia de recuperación en el T4, posteriormente en el T3 y T2; P es el elemento que menor eficiencia de recuperación presenta de los tres nutrientes, y al igual que los anteriores, tiene su mayor valor en el T4, seguido del T2 y por último el T3; comportamiento similar exhibe el tipo habanero mostrando la mayor recuperación de fertilizante en el orden N, K y P; sin embargo, habanero presenta la mayor eficiencia para N en el tratamiento T3, seguido del T4 y por último el T2; K en el T3, luego T4 y T2; P en el T2, seguido por el T3 y T4 (Tabla 3).

Tabla 3. Eficiencia de recuperación de nitrógeno, fósforo y potasio para tabasco y habanero, por tratamiento.

	ERN (%)			ERP (%)			ERK (%)		
Tipo	T2	T3	T4	T2	T3	T4	T2	T3	T4
Tabasco	33,86b	30,73c	46,18a	4,88b	4,68c	5,98a	16,8c	19,88b	24,63a
Habanero	117,51c	141,93a	122,68b	18,64a	17,14b	17,04c	63,83c	83,3a	63,99b

ERN: eficiencia de recuperación de nitrógeno; ERP: eficiencia de recuperación de fósforo; ERK: eficiencia de recuperación de potasio. Valores dentro de la misma fila con letras distintas para cada nutriente por eficiencia de recuperación difieren estadísticamente según la prueba de *Tukey* ($p \leq 0,05$)

Los resultados permiten observar que tabasco presenta baja eficiencia de recuperación de nutrientes con respecto al tipo habanero, lo que implica mayor aplicación de nutrientes, así, en términos generales se estima para Tabasco, que del 100% de nutriente aplicado al suelo la planta solo aprovecha 33,86% del N, indicando que se está perdiendo el 66,14%, sin embargo, este valor de recuperación es considerado alto comparado con el reportado por Zhu *et al.* (2005); en K se recuperó el 24,63% y en el caso de P, solo se recuperó el 5,98%; al comparar los valores obtenidos con los reportados por Chavarría (2013) el K es el único elemento que se encuentra bajo, N y P se consideran normales; y para ají habanero, K es el único que se considera normal, mientras N y P se encuentran por encima de los valores reportados por el mismo autor. Para el caso de la ERF en habanero, los valores superan el 100% de lo aplicado, lo cual evidencia que hubo mayor absorción de nutrientes, debido a la disponibilidad de nutrientes del suelo en el tratamiento sin fertilizar (T1), dada su fertilidad natural.

En tanto, los resultados sugieren que no es conveniente aplicar iguales dosis de nutrientes a diferentes tipos de ají, en este caso tabasco y habanero, ya que su respuesta al uso de nutrientes es diferencial, como lo sugiere Puentes *et al.* (2014).

Rendimiento para ají tipo tabasco y habanero

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) por efecto de los tratamientos en el rendimiento tanto de tabasco y habanero. Así, estos dos tipos de ají obtuvieron los mejores rendimientos en el T4 y los menores en el T1 (Tabla 4), resultados similares reportaron Marouani & Harbeoui (2016). El rendimiento obtenido para habanero se encuentra por encima de los valores reportado por Quintal *et al.* (2012), así mismo, es interesante ver que el tipo habanero supera en un 133% el rendimiento de tabasco, muy seguramente por influencia del genotipo.

Tabla 4. Rendimiento (kg ha^{-1}) de frutos en ají tabasco y habanero.

Tipo de ají	T1	T2	T3	T4
Tabasco	4895d	7183c	8273b	10195a
Habanero	12384d	18856c	22316b	23807a

T1: tratamiento uno; T2: tratamiento dos; T3: tratamiento tres; T4: tratamiento cuatro.
Valores dentro de la misma fila con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

En tabasco coincide que en el tratamiento T4 donde se obtuvo el mayor rendimiento, también se obtuvo la mayor eficiencia tanto agronómica como de recuperación del fertilizante, esto indica que con mayor cantidad de fertilizante, tal vez, el rendimiento aumentaría. Para habanero, a pesar de que el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T4, las mayores eficiencias se presentan en el tratamiento T3, sugiriendo que a partir de esta dosis nutricional la planta disminuye la eficiencia en el uso de nutrientes, en este sentido, incrementar la eficiencia de uso de nutrientes en ají tiene que ver con genotipos capaces de utilizar nutrientes con mayor eficiencia, como lo sugiere Marouani & Harbeoui (2016).

Conclusiones

El ají tipo habanero es mucho más eficiente en el uso de nutrientes que el tipo tabasco, ya que con igual cantidad de nutrientes produce más kg de fruto por kg de fertilizante aplicado al suelo, así mismo, la recuperación del fertilizante N-P-K es mayor en habanero, por tanto, la respuesta al uso de nutrientes es diferencial de acuerdo al genotipo.

En relación al rendimiento es claro que la capacidad de absorción de tabasco y habanero sobrepasa los valores de CEUNP, ya que ambos tipos de ají presentan su mayor rendimiento en el T4, tratamiento de mayor aporte nutricional.

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 al CEUNP por toda su colaboración en campo.

Literatura citada

1. Aguilar, C.C., Salvador E.J.A., Aguilar M.I., Mejía C.J.A., Conde M.V.F. & Trinidad S.A. (2016). Eficiencia agronómica, rendimiento y rentabilidad de genotipos de maíz en función del nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 34, 419-429. Chapingo, México: Sociedad mexicana de la ciencia del suelo.
2. 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. London, UK: Taylor & Francis Group.
3. Borges, G.L., Barrios, M., Cervantes, C.L., Ruiz, N.J., Soria, F.M., Reyes, O.V. & Villanueva, C.E. (2010). Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra latinoamericana*, 28(1), 35-41. Chapingo, México: Sociedad mexicana de la ciencia del suelo.
4. Díaz, L., Vilorio de Z, A. & Arteaga de R, L. (1999). Crecimiento vegetativo del pimentón en función de la densidad de plantas y edad del cultivo. *Bioagro*, 11(2), 69-73. Barquisimeto, Venezuela: Universidad centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA).
5. Chavarria, V.A.D (2013). Eficiencia de tres fuentes fertilizantes sobre la producción de chile dulce (*Capsicum annum*) c.v.Natali y sus curvas de absorción, en la producción de chile dulce en invernadero. *Rev. Ingeniería agrícola*, Vol. 3(1):29-39. La Habana, Cuba: instituto de investigaciones de ingeniería agrícola.
6. Gil, M.J.A., Montaña, N.J. & Plaza, R. (2012). Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de los cultivares de ají dulce. *Bioagro* 24(2):143-148. Barquisimeto, Venezuela: Universidad centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA).
7. González, T.A., Figueroa V.U., Preciado R.P., Núñez, H.G., Luna O.J., & Antuna, G.O. (2016). Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 7(2), 301-309. Chapingo, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
8. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1992). Fertilización en diversos cultivos. Quinta Aproximación. Manual de Asistencia Técnica No.25. Tibaitata, Colombia: Ediciones.
9. Ismail S. M. (2010). Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annum* L.). *Meteor. Environ. Arid Land Agric. Sci.* 21, 29-43. Jeddah, Saudi Arabia: King Abdulaziz University.
10. Ligarreto, M.G., Espinosa, B.N. & Mendez, P.M. (2004). Recursos genéticos y cultivos de Ají y Pimentón (*Capsicum* sp.). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
11. Marouani, A. & Harbeoui, Y. (2016). Eficiencia de nitrógeno en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Acta agronómica*, 65(2), 164-169. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
12. Mckean, S.J. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías. Documento de trabajo No.129. Laboratorio de servicios analíticos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
13. Puentes, P.Y.J., Menjivar, F.J.C. y Aránzazu, H.F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro* 26:99-106.
14. Quintal, O.W.C., Pérez, G.A., Latournerie, M.L., May, L.C., Ruiz, S.E. & Martínez, C.A.J. (2012). Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Rev. Fitotec. Mex.*, 35 (2), 155 –160. Chapingo, México: Sociedad mexicana de fitogenética.
15. Reyes, R.A., López, A.M., Ruiz, S.E., Latournerie, M.L., Perez, G.A., G. Lozano, C.M. & Zavala, L.M.J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48, 285-294. Chillán, Chile: Universidad de Concepción.
16. Zhu, J.H., Li, X.L., Christie, P. & Li, J.L. (2005). Environmental implications of low nitrogen use efficiency in excessively fertilized hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 111, 70-80. Belfast, UK: Queen’s University.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 07 de abril de 2016

Aceptado: 12 de mayo de 2016

Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana

Assessment ecosystem based on the use of metrics of landscape using geographic information systems in African palm crops

Valorização do ecossistema, a partir do uso de métricas da paisagem, aplicando sistemas de informação geográfica em cultivos de palma africana

Claudia Mayelly Ramírez Cano

Ingeniería Ambiental, Especialista en Manejo de Recursos Naturales,
Magister en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

Universidad Piloto de Colombia

Claudia-ramirez1@upc.edu.co

Resumen

La valoración del paisaje es una herramienta que contribuye en los procesos de gestión y planificación mediante la generación de indicadores que permiten caracterizar las condiciones del territorio. En esta investigación se analizaron las métricas de paisaje a partir de: área de la clase (CA), área total del paisaje (TA), porcentaje del área total del paisaje (PLAND), número de parches de la clase (NP) y densidad de parches (PD), relación área-perímetro promedio (MPAR), índice de diversidad de Shannon (SDI) e índice de equitatividad de Shannon (SEI) y la valoración se realizó con la adaptación metodológica de los autores Paula Másmela y Alejandro Gómez, dicha adaptación permitió discernir sobre las características y calidad del paisaje en el municipio de Puerto Wilches, Santander, Colombia, durante el periodo entre 1987 y 2015. La

valoración paisajística se realizó a partir de imágenes de satélite mediante análisis multitemporal de las coberturas para cuantificar y caracterizar las transformaciones paisajísticas dadas en el territorio. Los resultados obtenidos muestran que en el año 1987 el paisaje era más dinámico, constituido por variedad de coberturas y ecosistemas; mientras en 2015 existe una implementación a gran escala del monocultivo de palma africana que rompe con la estructura paisajística, sin embargo, el resultado de calidad visual arrojó clasificación media, que evidencia la importancia de realizar una revisión a fondo sobre las actuales políticas de ordenación del territorio.

Palabras clave: métricas de paisaje, monocultivos, tecnología satelital, valoración paisajística

Abstract

Assessment of the landscape is a tool that helps in the processes of management and planning through the generation of indicators that allow to characterize the conditions of the territory. This research analysed the landscape starting from metrics: area of the class (CA), total area of the landscape (TA), percentage of the total area of the landscape (PLAND), number of patches (NP) class and density of patches (PD), relationship area-perimeter average (MPAR), index of diversity Shannon (SDI) and evenness of Shannon (SEI) index and assessment was carried out with the methodological adaptation of the authors Paula Másmela and Alejandro Gómez, such adaptation enabled to discern on the characteristics and quality of the landscape in the municipality of Puerto Wilches, Santander, Colombia, during the period between 1987 and 2015. The landscape assessment was performed using multi-temporal analysis of coverage satellite imagery to quantify and characterize the landscape transformations given in the territory. The results show that in 1987 the landscape was more dynamic, consisting of variety of coverages and ecosystems; while in 2015 there is an implementation to large-scale monocultures of oil palm that breaks with the landscape structure, however, the result of visual quality yielded an average rating, which demonstrates the importance of a thorough check on the current policies on the management of the territory.

Key-words: metric landscape, monocultures, satellite, landscape assessment technology.

Resumo

A valorização da paisagem é uma ferramenta que contribui para os processos de gestão e planejamento através da geração de indicadores que permitem caracterizar as condições do território. Nesta pesquisa, as métricas da paisagem foram analisadas a partir de: área da classe (CA), área total da paisagem (TA), porcentagem da área total da paisagem (PLAND), número de patches da classe (NP) e densidade de patches (PD), relacionamento, zona de perímetro, média (MPAR), índice de diversidade de Shannon (SDI) índice de equitatividade de Shannon (SEI) e valorização se realizou com a adaptação metodológica dos autores Paula Másmela e Alejandro Gómez, essa adaptação permitiu discernir sobre as características e qualidade da paisagem no município de Puerto Wilches, Santander, Colômbia, durante o período entre 1987 e 2015. A valorização paisajística se realizou a partir de imagens de satélite em análise multitemporal das coberturas para quantificar y Caracterizar as transformações paisajísticas dadas no território. Os resultados obtidos mostram que no ano 1987 a paisagem era mais dinâmica, constituída por uma variedade de coberturas e ecossistemas; Enquanto em 2015 existe uma implementação em grande escala do monocultura de palma africana, quebrando com a estrutura paisajística, porem, o resultado de qualidade visual mostrou classificação média, o que evidencia a importância de executar uma revisão em profundidade sobre as políticas atuais de ordenação de Território

palavras chave: métrica da paisagem, as monoculturas, tecnologia de satélite, valorização paisajística

Introducción

La relación sociedad-naturaleza conjuga diferentes percepciones e imaginarios que dependen de la funcionalidad del espacio entorno a las necesidades y consideraciones de cada comunidad. Por cuanto el análisis integral del paisaje puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones

antrópicas (Dunn, 1974; MOPT, 1993). De tal manera, que las transformaciones al territorio modifican la perceptibilidad y valoración de los espacios ya que existe una vulnerabilidad visual, lo cual puede considerarse como una plusvalía territorial (Serrano, 2015), es así que este tipo de análisis puede ser considerado como indicador o fuente de información del territorio (Forman & Godron, 1986)

ya que integra características intrínsecas en la relación del ser humano con el entorno.

En este sentido y dadas las actuales condiciones del medio natural, la valoración del paisaje ha adquirido gran importancia porque contribuye en la gestión territorial con la evaluación de diferentes procesos de dinamización de los ecosistemas permitiendo la identificación e inclusión de factores que interfieren en los cambios producidos al medio. Tales como la estructura, función, conectividad (de León Mata *et al.*, 2014) heterogeneidad e interacción así como la diversidad de coberturas y ecosistemas que integran el dinamismo territorial, no solamente con relación al medio natural sino poblacional, teniendo en cuenta la dependencia proporcional que existe entre los dos factores y que aportan al desarrollo de los mismos. Para lo cual, el análisis multitemporal elaborado a partir de sensores remotos permiten una aproximación a la zona de estudio de manera actualizada y económica, a su vez requiere de una construcción metodológica que favorezca el análisis detallado de las características del territorio en este contexto, se han realizado estudios enfocados a la aplicación de métricas del paisaje con la finalidad de cuantificar la heterogeneidad a nivel ecosistema (Hoechstetter, Walz, Dang & Tinh, 2008; McGarigal *et al.*, 2005). Así mismo, las diferentes metodologías para valoración de paisaje permiten analizar de manera integral las características, dinámicas y los factores importantes que han sido modificados y que afectan la calidad y diversidad ambiental.

Por consiguiente y dada la implementación a gran escala de las plantaciones de palma africana, surge la necesidad de generar un estudio detallado de las condiciones paisajísticas del municipio de Puerto Wilches, Santander, Colombia, a partir de tecnología satelital aunada con *patch analyst* extensión de ArcGIS® y la adaptación metodológica de dos proponentes: (Másmela, 2010), con el paisaje como elemento de la ordenación territorial, y (Gómez, 2012), con la publicación titulada el paisaje: diseño de una metodología para su análisis como indicador ambiental o cultural” (Muñoz, 2004), diagnóstico, planificación e inclusión en los procesos de toma de decisiones con el objeto de evidenciar y cuantificar la transformación

paisajística en las dinámicas ecosistémicas que subsisten en el procesos del municipio.

El paisaje en el ordenamiento territorial El paisaje es un componente que alberga diferentes concepciones, entre ellas se encuentra la acotada por el Council of Europe (2000) que refieren cualquier parte del territorio tal y como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción e interacción de factores naturales y/o humanos y sus interrelaciones, desde la amplitud conceptual, cabe resaltar que en la óptica humana del territorio se encierra la cosmovisión, por lo cual, es importante reintegrar a los diferentes actores en los procesos de planificación territorial si se pretende direccionar el desarrollo regional. Bajo estos argumentos y con base en las evidencias de deterioro socio-ambiental actual del país, se reconoce que los efectos ocasionados en los diferentes componentes se originan por la escasa planificación del uso del suelo y los recursos ecosistémicos los intrínsecamente poseen un valor singular por los servicios que ofrecen. Por lo anterior, esta investigación suministra información actual y veraz de las condiciones de las coberturas y usos del suelo generados en el municipio de Puerto Wilches, Santander, Colombia, ocasionadas por la expansión del monocultivo de palma africana, con el fin de contribuir en procesos de planificación acertada y fortalecida.

Materiales y métodos

El desarrollo investigativo se realizó en tres fases, la primera es la caracterización de coberturas vegetales del municipio a partir de la clasificación visual de imágenes satelitales en el software ArcGIS® (ESRI, 2011), aplicando criterios de la metodología Corine Land Cover (IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, 2008) para las épocas de 1987 y 2015, la segunda fase fue la aplicación de métricas, nivel de parche, para lo cual se utilizó la extensión *patch analyst* del software ArcGIS® en el cual se modelaron métricas de área, densidad, forma y diversidad, para obtener una visión general de estado del territorio, la tercera fase fue la valoración de paisaje, mediante la adaptación de dos propuestas desarrolladas por Másmela (2010) y Gómez (2012),

con el fin de determinar las transformaciones paisajísticas originadas por los monocultivos de palma africana y de la industria palmera en la región de Puerto Wilches, Santander, Colombia.

Caracterización del municipio

El municipio de Puerto Wilches ubicado en el norte del departamento de Santander (Figura 1), tiene una extensión de 1539 Km², de los cuales el sector rural

tiene un área de 1536 Km², (153 916 ha) que representa el 99.8% y el sector urbano un área 3.2 Km² que representa el 0.2%. (Alcaldía municipal Puerto Wilches, 2012). Las características fisiográficas del municipio permiten el desarrollo de ecosistemas de alta fragilidad como son las ciénagas y humedales, condiciones óptimas para la implementación de monocultivos de palma africana, que requieren alta disponibilidad de recurso hídrico.

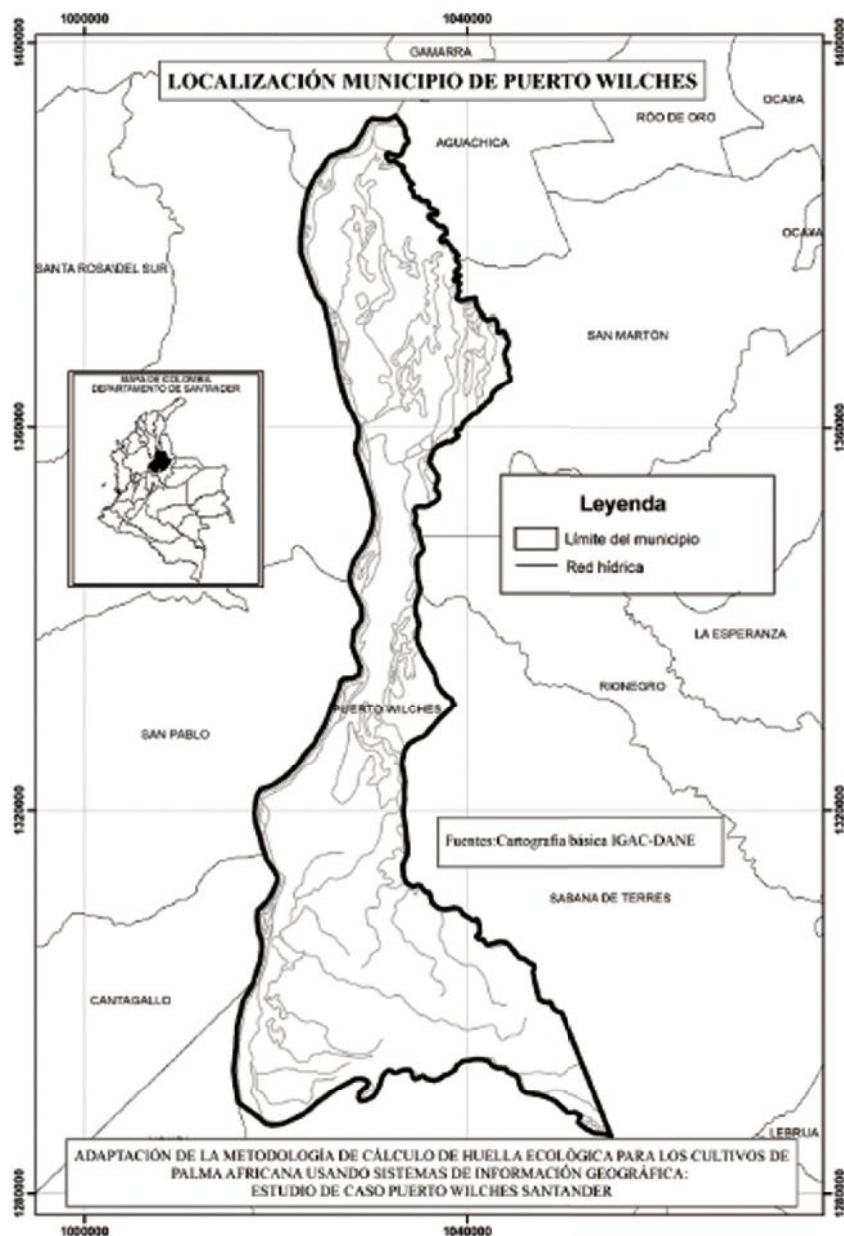


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del municipio

Identificación de unidades de paisaje

La clasificación se realizó a través de imágenes de satélite Landsat TM path 8 y row 54 y 55, para los años 1987, 1991, 2010 y 2015, según el sistema mundial de referencia (WRS), tomadas de <http://glovis.usgs.gov>. Éstas se procesaron con los software ArcGis 10.1®, donde se clasificaron las diferentes unidades de paisaje a partir del sistema de coberturas vegetales CORINE Land Cover adaptado para Colombia. Las unidades de paisaje se determinaron teniendo en cuenta algunos aspectos como, el carácter específico y el valor o grado de excelencia que se les pueda atribuir, para ello es importante tener en cuenta alguno aspectos base como lo son la estructura, textura y forma (Gómez, 2012). Se realizó el análisis a cuatro décadas para evidenciar progresivamente la transformación del territorio así como el cambiante uso del suelo, sin embargo, para efectos de valoración y aplicación de métricas de paisaje solo se tuvieron en cuenta las imágenes pertenecientes a 1987 y 2015.

Análisis multitemporal

Esta fase permitió realizar una estructura del paisaje a través de la identificación de las unidades para cuantificar los diferentes elementos, dicho proceso se realizó con base en la clasificación de unidades de paisaje para los periodos de estudio, de esta manera se identificaron el grado de transformación en el uso del suelo, con la información generada se construyeron matrices de cambio.

Métricas de paisaje

Generadas para los periodos de estudio a partir del módulo *patch analyst* en el software *ArcGis 10.1®* mediante las variables de área de la clase divididas en:

Métricas de área: área de la clase (CA) área total del paisaje (TA) porcentaje del área total del paisaje (PLAND)

Métricas de densidad: número de parches de la clase (NP) y densidad de parches (PD)

Métrica de forma: relación área-perímetro promedio (MPAR)

Métricas de diversidad: índice de diversidad de Shannon (SDI) e índice de equitatividad de Shannon (SEI)

Valoración paisajística

Esta fase se desarrolló teniendo en cuenta tres dimensiones: estética, natural y productiva, enfoques que coadyuvaban en la comprensión sistemática de las transformaciones dadas en este territorio, enfocado en dos aspectos:

Método directo: bajo esta metodología la valoración se realizó a partir de la contemplación de la totalidad del paisaje, el cual se valoró directamente de modo subjetivo, utilizando escalas de rango o de orden, sin desagregarlo en componentes paisajísticos o categorías estéticas. Se midió la calidad visual del paisaje *per se* sin detenerse a averiguar que componentes o elementos del paisaje son causantes de su aceptación o rechazo. (Másmela, 2010)

Subjetividad Controlada: acepta que la valoración ha de ser subjetiva, pero sistemática y establecida de forma que los resultados de su aplicación en un área sean comparables, para su aplicación se utilizó una escala universal de valores del paisaje. (Másmela, 2010) Esta valoración se aplicó a la clasificación de unidades de paisaje realizada, a las cuales individualmente se le proporcionó un valor.

Herramientas para análisis: se requirieron varios componentes paisajísticos que determinaron la calidad y variabilidad del paisaje, el desarrollo de ésta adaptación metodológica se basó en los siguientes:

Biocenosis vegetal: el uso del suelo según (Gómez 1995): Se relaciona con el paisaje por el predominio de los elementos abióticos y bióticos, la presencia humana y la funcionalidad de los mismos, entorno al componente suelo y sus dinámicas, que determinan a su vez la explotación de recursos, la geografía del poblamiento, las actividades socioeconómicas, la cosmovisión, los pobladores y un sinnúmero de condiciones transformadas por la intervención antrópica sin planificación. Esta fase se realizó con base en la identificación de unidades de paisaje de las imágenes de satélite analizadas, además de lo anterior se realizó una comparación con cartografía oficial para establecer parámetros de veracidad la información generada.

Morfología del relieve: se realizó para generar un conjunto de medidas que describen las formas topográficas, de esta manera se distinguen las diferentes formas de relieve. (González & Moñino 2011). El análisis se llevó a cabo a partir de la información obtenida en la aplicación de tecnología satelital y usando el modelo digital de elevación con el cual se identificó las principales características morfológicas del municipio.

Desarrollos antrópicos: la intervención humana en las modificaciones paisajísticas son un factor de especial atención, ya que conllevan a la fragmentación continua de espacios naturales de importancia socio ambiental y que contribuyen en muchos casos al desarrollo desarticulado e insostenible de municipios. Dentro del contexto, se analizaron dos variables relacionadas a) *caracterización por visibilidad:* la valoración se realiza con base en el mapa de unidades de paisaje, teniendo en cuenta aspectos como presencia y ausencia de unidades de paisaje, variabilidad,

fragilidad, representatividad, elementos dominantes, a los cuales se les asigna un valor de representatividad categorizadas en alta, medio, bajo. (Gómez, 2012). b) *Caracterización por tiempo:* con base en el resultado del análisis multitemporal de las unidades de paisaje se puede determinar el grado de transformación paisajística en el periodo base de estudio.

Resultados

La clasificación visual realizada al abanico de imágenes perteneciente al periodo de estudio, permitió identificar y analizar las modificaciones realizadas en el territorio objeto del presente estudio, los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología relacionada con el análisis multitemporal de los cambios producidos en el municipio de Puerto Wilches basado en la dominancia de cobertura (Tabla 1) y la aplicación de las diferentes metodologías se obtuvieron los datos de análisis del paisaje.

Tabla 1. Representatividad de coberturas periodos 1987, 1991, 2010 y 2015.

Tipo de cobertura	Representatividad año 1987	Representatividad año 1991	Representatividad año 2010	Representatividad año 2015
Aeropuerto	0.01%	0.01%	0.02%	
Arbusto y matorral	15.7%	13.8%	10.7%	10.7%
Laguna, lago y ciénaga	5.8%	4.3%	3.9%	3.9%
Mosaico de cultivos	0.04%			0.1%
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	29.9%	28.2%	24.3%	11.5%
Mosaico de pastos y cultivos	0.7%	3.6%	1.5%	4.9%
Nubes y sombras de nubes	0.1%			
Palma africana	7.7%	9.7%	29.6%	38.6%
Pasto enmalezado y enrastrado	0.2%	0.02%	0.4%	
Pasto limpio	1.0%	1.3%	0.2%	
Río (50m)	5.5%	5.4%	4.2%	5.3%
Tejido urbano discontinuo	0.2%	0.0%	0.1%	0.2%
Tierra desnuda y degradada	0.4%	0.2%		
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2.0%	0.1%	0.1%	1.2%
Zona pantanosa	30.3%	32.1%	24.6%	23.6%

Para esta primera década la representatividad de cobertura se relaciona con zona pantanosa y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, lo cual indica que

el municipio tiene una actividad económica tradicional por lo tanto su valoración paisajística tiene importancia al albergar diferentes especies y al permitir una

dinámica del paisaje variada. Para esta época la representatividad de la palma africana comienza a tener importancia con referencia al resto de las coberturas

Para el año de 1991, la cobertura más representativa era la zona de pantanos seguido de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, lo cual mantiene una dinámica paisajística similar a la de la década de los 80's sin embargo en 4 años el cultivo de palma africana alcanzó un aumento del 2.06%, situación que en términos generales no alteró la dinámica del paisaje.

Con relación a las anteriores décadas en donde la representatividad era para las coberturas de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y las zonas pantanosas, en el 2010 la representación de los cultivos

de palma africana aumento significativamente haciendo evidente el acelerado cambio de uso del suelo en lo relacionado a la implementación de monocultivos.

Finalmente en lo corrido del año 2015, se encontró que la cobertura más representativa es la palma africana, con aumento del 9% en relación a lo evidenciado en el año 2010, este resultado infiere que en el municipio de Puerto Wilches se modificó el uso de suelo de manera abrupta y desproporcionada, afectando la calidad del paisaje de la zona argumentado en la disminución de la variedad de coberturas y las proporciones encontradas para los años 1987 y 1991. En comparación el incremento de la cobertura entre los años de 1987 y 2015 es del 30.9% afectando de esta manera la diversidad ecosistémica de la zona. (Figura 2)

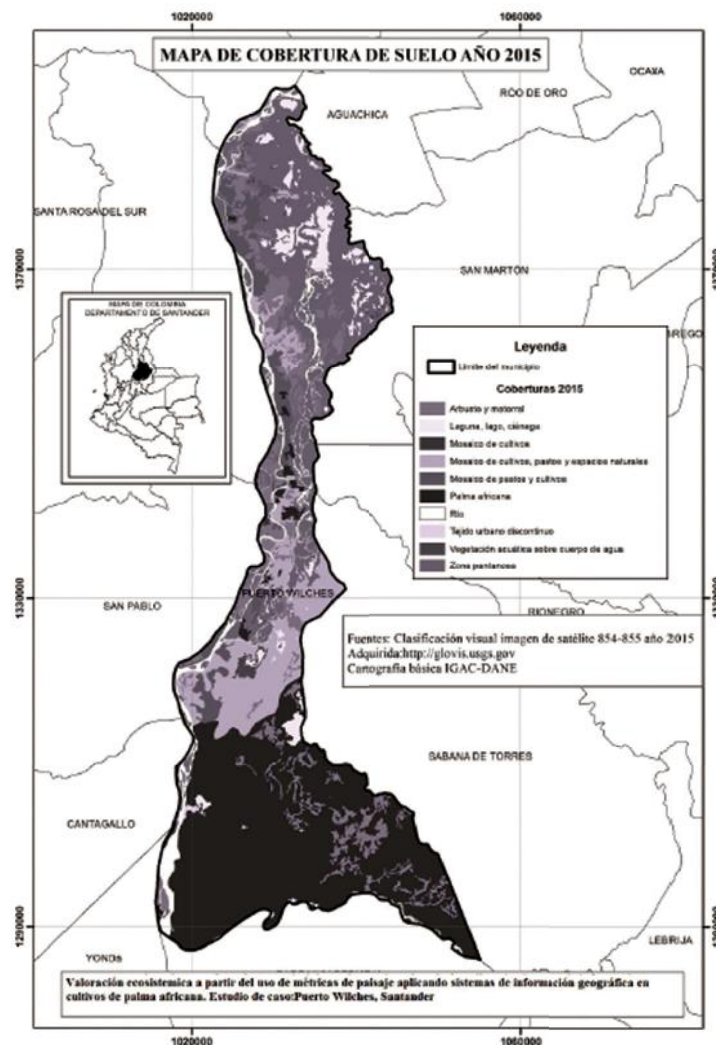


Figura 2. Mapa de coberturas del suelo año 2015

Métricas de paisaje

El análisis realizado a través de las métricas de paisaje evidencian los cambios producidos en el territorio de Puerto Wilches, las métricas de área muestran cambios para el año 1987 el PLAND con el valor más alto correspondía a la cobertura de zonas pantanosas con un valor de 30.37% y para el año 2015 la cobertura más representativa es el cultivo de palma con un valor de 38.6%. Respecto al análisis por densidad de parches para el año de 1987 los espacios naturales tales como zonas pantanosas, lagunas, lagos, ciénagas y arbusto natural tenían los valores más representativos. Para el año 2015 aunque se mantienen las mismas coberturas con los valores más altos se

redistribuye el número y densidad de parches con las coberturas de intervención

En cuanto a las métricas de forma que definen la morfología y funcionalidad de los fragmentos los valores por encima de 1 se mantienen para el año 1987 en algunas coberturas, la más representativa es la vegetación acuática sobre los cuerpos de agua con 13 y para el año 2015 la cobertura artificial de pastos y cultivos es la única que supera el 1, por cuanto los índices de forma son muy bajos. En cuanto a la diversidad del paisaje los indicadores (SDI Y SEI) muestran valores bajo para el año 1987: 1,76 y 0,65 y en 2015 1,68 y 0,72 respectivamente, con lo cual se evidencia una homogeneidad de coberturas alta y en aumento. (Tablas 2 y 3)

Tabla 2. Métricas de paisaje periodo 1987

Cobertura vegetal	Métricas de área			Métricas de densidad		Métricas de forma	Métricas de diversidad	
	CA_HA	TLA_ha	PLAND %	NP	PD	MPAR	SDI	SEI
Zona pantanosa	46894,52	154398,534	30,37	114	0,0738	1,797	1,765822	0,652064
Laguna, lago y ciénaga	8951,81	154398,534	5,80	104	0,0674	1,230	1,765822	0,652064
Pasto limpio	1570,97	154398,534	1,02	7	0,0045	0,011	1,765822	0,652064
Pasto enmalezado y enastrojado	346,74	154398,534	0,22	8	0,0052	0,017	1,765822	0,652064
Mosaico de pastos y cultivos	1106,81	154398,534	0,72	10	0,0065	0,302	1,765822	0,652064
RIO (50m)	8519,16	154398,534	5,52	10	0,0065	0,756	1,765822	0,652064
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	46214,49	154398,534	29,93	44	0,0285	0,861	1,765822	0,652064
Palma africana	11939,18	154398,534	7,73	7	0,0045	0,026	1,765822	0,652064
Arbusto y matorral	24292,94	154398,534	15,73	58	0,0376	0,020	1,765822	0,652064
Tejido urbano discontinuo	331,82	154398,534	0,21	3	0,0019	0,013	1,765822	0,652064
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3146,12	154398,534	2,04	9	0,0058	13,126	1,765822	0,652064
Tierra desnuda y degradada	730,54	154398,534	0,47	10	0,0065	0,008	1,765822	0,652064
Nubes y sombras de nubes	276,37	154398,534	0,18	7	0,0045	0,009	1,765822	0,652064
Mosaico de cultivos	65,53	154398,534	0,04	1	0,0006	0,006	1,765822	0,652064
Aeropuerto	11,53	154398,534	0,01	2	0,0013	0,042	1,765822	0,652064

Tabla 3. Métricas de paisaje periodo 2015

Cobertura vegetal	Métricas de área			Métricas de densidad		Métricas de forma	Métricas de diversidad	
	CA_HA	TLA_ha	PLAND %	NP	PD	MPAR	SDI	SEI
Zona pantanosa	36509,20	154322,534	23,66	85	0,055	0,026	1,680763	0,729946
Laguna, lago y cienaga	6096,96	154322,534	3,95	92	0,059	0,018	1,680763	0,729946
Mosaico de pastos y cultivos	7703,52	154322,534	4,99	23	0,015	1,252	1,680763	0,729946
RIO (50m)	8077,80	154322,534	5,32	14	0,009	0,894	1,680763	0,729946
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	17863,77	154322,534	11,58	12	0,007	0,110	1,680763	0,729946
Palma africana	58973,59	154322,534	38,61	16	0,010	0,008	1,680763	0,729946
Arbusto y matorral	16557,22	154322,534	10,73	84	0,054	0,011	1,680763	0,729946
Tejido urbano discontinuo	429,63	154322,534	0,28	4	0,002	0,011	1,680763	0,729946
Vegetación acuatica sobre cuerpos de agua	1903,06	154322,534	1,23	20	0,0129	0,020	1,680763	0,729946
Mosaico de cultivos	207,27	154322,534	0,13	18	0,011	0,026	1,680763	0,729946

Valoración paisajística. Herramientas para análisis

La estructura del paisaje se entiende como la relación espacial de los distintos elementos del paisaje (Forman & Godron 1986). En lo correspondiente a los resultados de la morfología del relieve (Figura 3), se considera que el relieve del municipio de Puerto Wilches es casi homogéneo o poco montañoso,

según el plan de desarrollo, la altura del 85% del municipio oscila entre 0 y 150 msnm (Gobierno de la ciudad, 2012). Con base en lo anterior, se aplicó al modelo digital de elevación (MDE) la ponderación propuesta por Cañas (1995) donde la altitud se describe como costa con un valor asignado de 6.

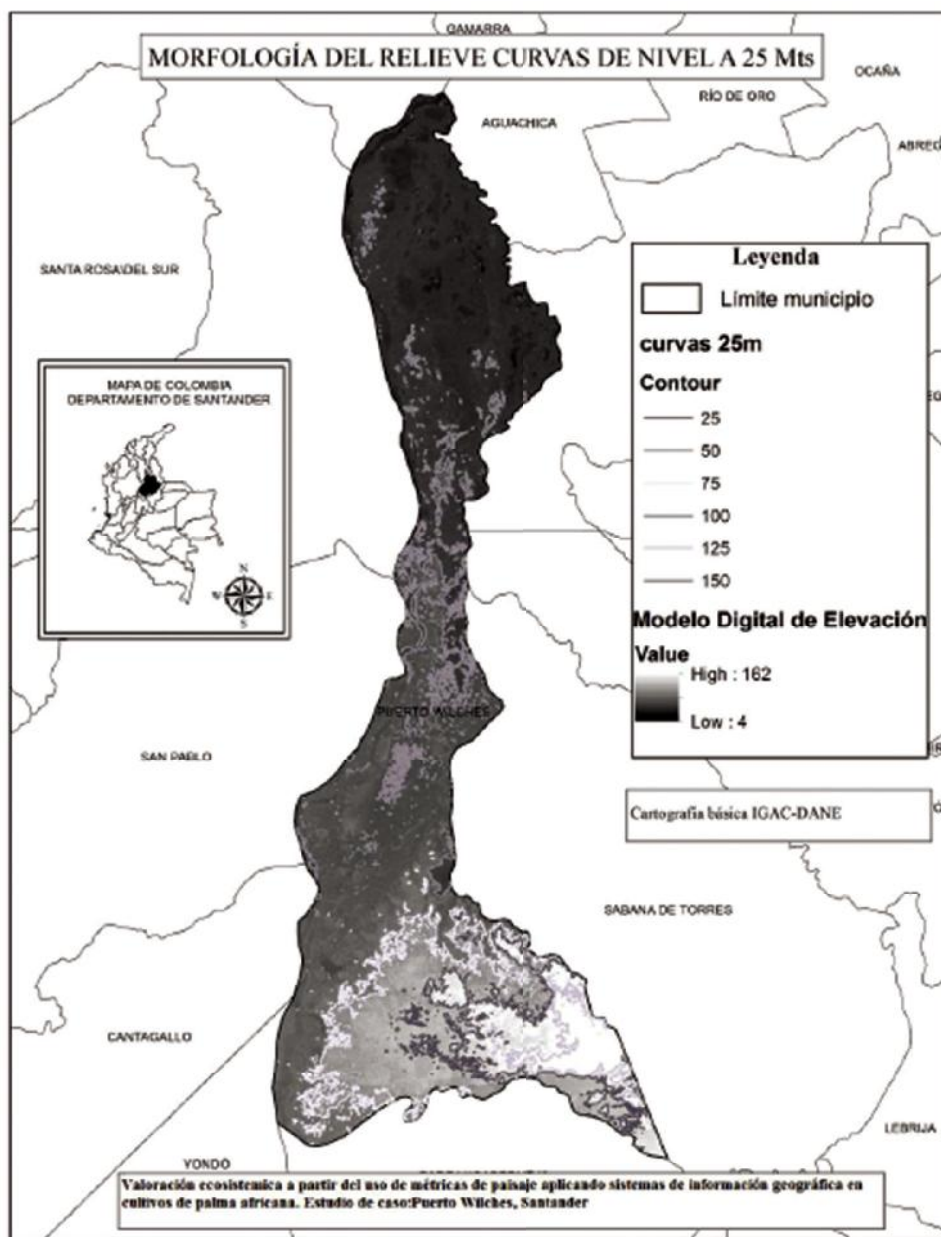


Figura 3. Mapa de morfología del relieve en Puerto Wilches

La valoración subjetiva se realizó mediante la sobreposición de los mapas correspondientes a 1987 y 2015, con lo cual se generó el mapa de ganancia y pérdida de cobertura natural relacionada en la

(Figura 4). Lo anterior permitió determinar el grado de artificialización del territorio con el valor representado por la categoría de pérdida de cobertura natural evaluado en el lapso de 1987 a 2015 (Tabla 4).

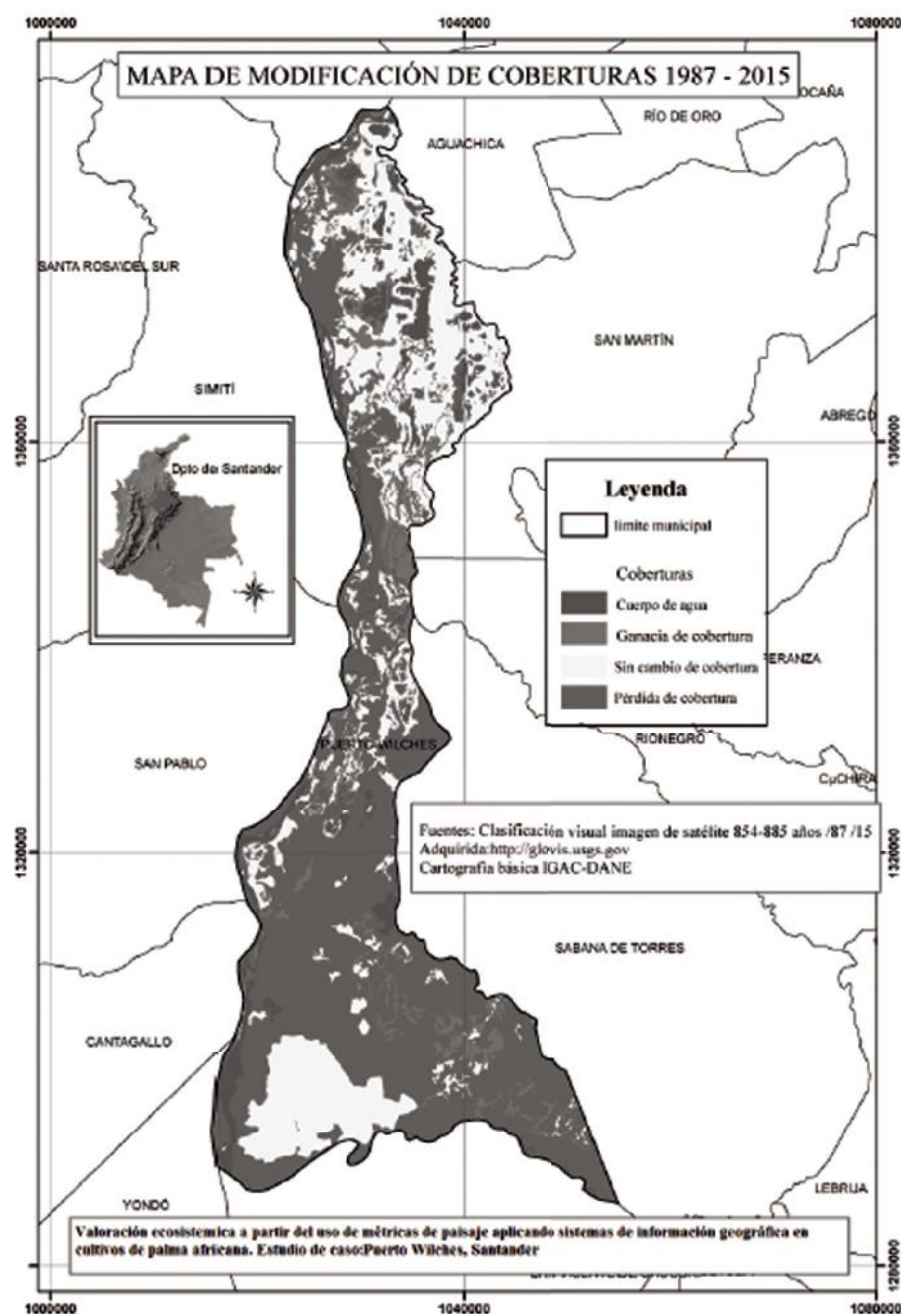


Figura 4. Mapa de transformación paisajística categorizada

Tabla 4. Porcentaje de representatividad de coberturas

Categorización	Representatividad
Cuerpo de agua	5.6%
Ganancia de Cobertura natural	9.8%
perdida de Cobertura natural	64.5%
Sin cambio de cobertura	20.1%

La calificación asignada a las unidades del paisaje permitió la categorización de calidad visual,

obteniendo un resultado del 49.6% grado medio, seguida de 26.2% para bajo y alta del 24% (Figura 5)

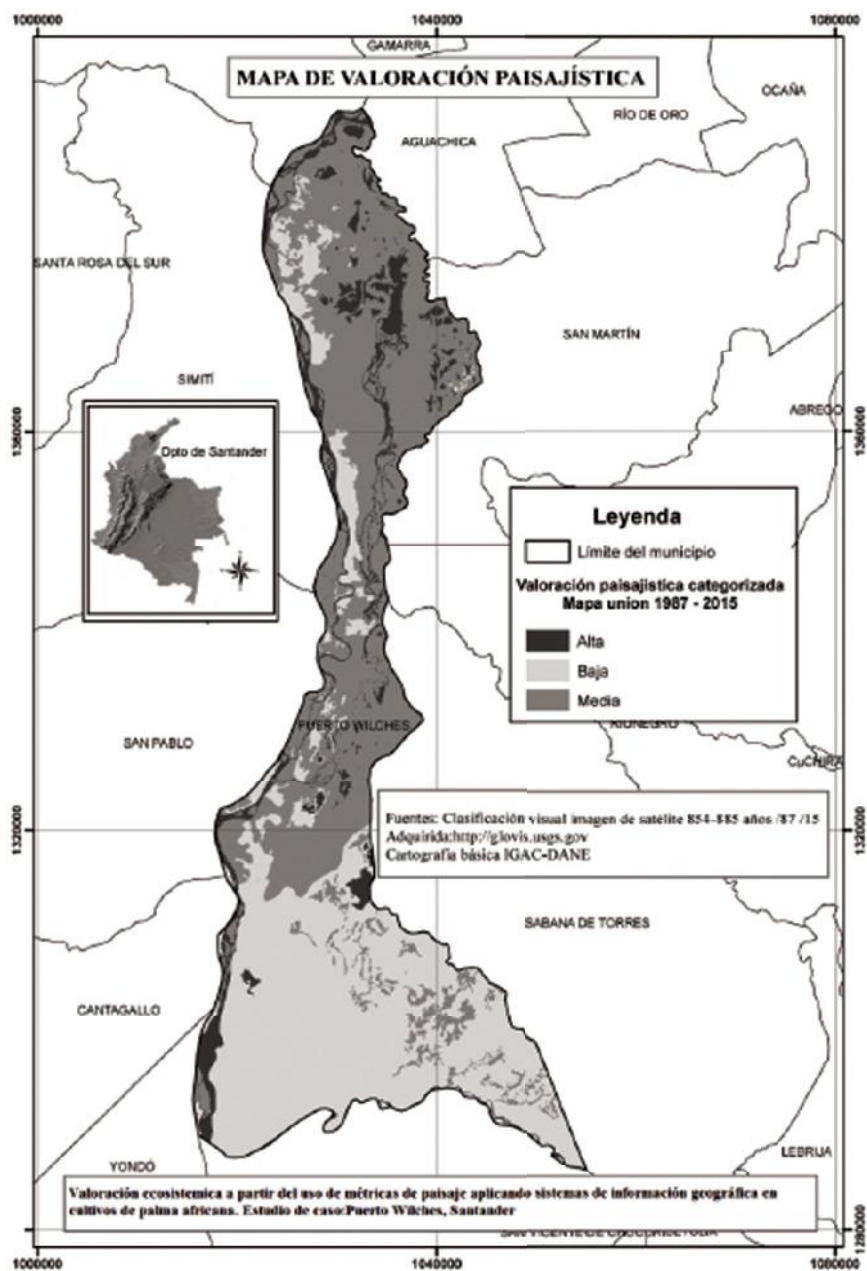


Figura 5. Mapa de valoración paisajística por calidad visual

Por último el análisis de los resultados obtenidos por dominancia de cobertura a partir de la clasificación visual realizada a las imágenes de satélite años 1987-2015, permitió reconocer que existen alteraciones paisajísticas contundentes en el territorio de Puerto Wilches, las cuales se evidencian en los porcentajes de representatividad obtenidos

en el periodo de estudio (Tabla 5). Los cambios se originan principalmente por la implementación de los monocultivos de palma africana, el aumento se relaciona en un 30.9% en el lapso de 1987-2015 (Figura 6). Donde en 2015 el aumento acelerado de la palma africana adquiere el valor más representativo para 2015.

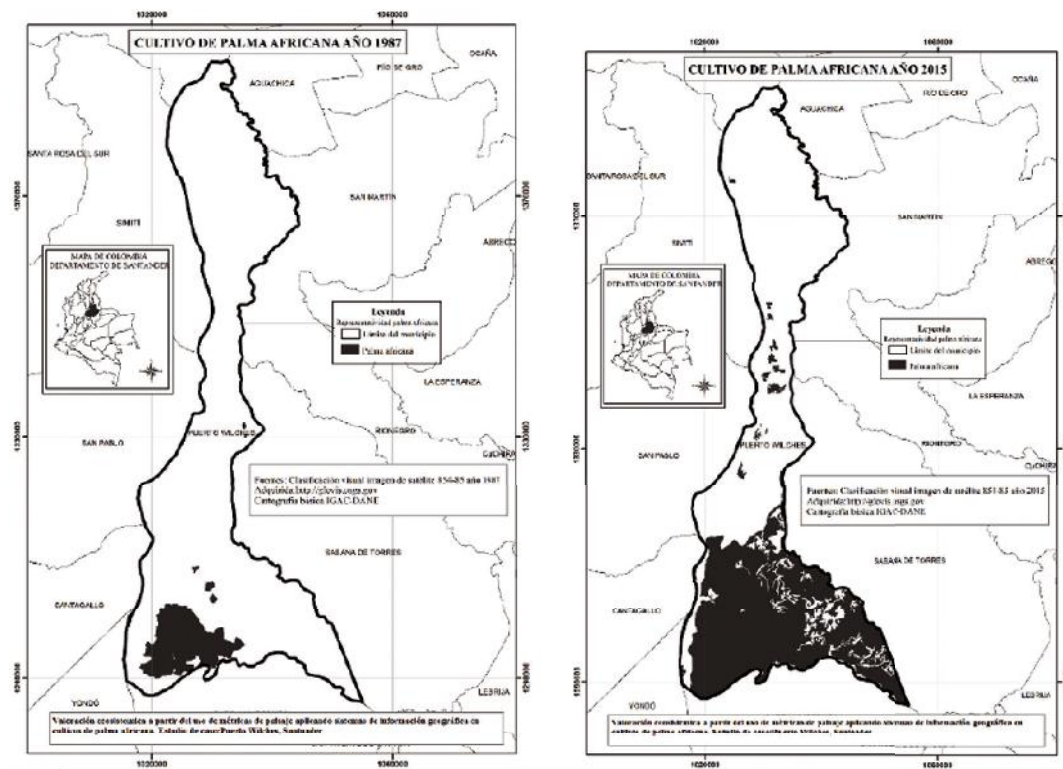


Figura 6. Mosaico de representatividad de la palma africana a) cultivo de palma africana año 1987 b) cultivo de palma africana año 2015

Tabla 5. Representatividad de unidades de paisaje

Año	Cobertura representativa de la época	Porcentaje de representatividad
1987	Zona pantanosa	30.3%
2015	Palma africana	38.6%

Discusión y conclusiones

En relación a la valoración del paisaje dentro de las diversas metodologías para el proceso de valoración del paisaje se logró converger en criterios específicos de dos metodologías para analizar la zona en estudio, para lo cual la valoración se realizó desde un enfoque de servicio ambiental con base en elementos muy específicos sobre las imágenes satelitales como lo son la escala definida y temporadas de toma diferentes causal de la variación de algunas coberturas, así mismo esta implementación metodológica no permitió dilucidar sobre los efectos de las interacciones y sinergias producidas en el territorio evaluado.

En ese contexto, la valoración paisajística aunada con tecnología satelital aporta en la evaluación del territorio pero sin duda alguna el estudio del paisaje suscita múltiples interrelaciones en el ambiente físico-biótico los cuales requieren de algunos componentes tales como armonía, variedad, disponibilidad, que admitan la apreciación de dinámicas existentes entre ellas.

Para el proceso de análisis de paisaje se tuvieron en cuenta diferentes características, principalmente las relacionadas con estructura, funcionalidad y cambio (Forman & Godron, 1986), con los cuales se generaron indicadores que permitieron evidenciar la

transformación del municipio década a década dada por actividades netamente antrópicas como son las plantaciones de diferentes tipos entre ellos siendo el más relevante la palma africana, interfiriendo así, en la estructura ecológica, que afecta las condiciones de diversificación, naturalidad, calidad ambiental e integración antrópica inadecuada. En efecto, la presión ambiental se ha originado por la búsqueda de nuevas alternativas energéticas para dar cumplimiento a los múltiples requerimientos, afectando la seguridad alimentaria de la población y haciendo insostenible este tipo de métodos de cultivo.

En efecto, los resultados obtenidos demuestran que los efectos producidos en la fragmentación paisajística son producto de la manera insostenible como se explotan los recursos que originan la ruptura de las ecosistémica y alteran el arquetipo paisajístico, acrecentado por la industria a escala local.

Por lo anterior, debe existir una relación entre la investigación y conocimiento de los ecosistemas regionales para dar paso a la gestión responsable sobre los recursos naturales, este compromiso recae en la institucionalidad y las industrias, las cuales deben tener en cuenta la importancia de la biodiversidad y su relación ecosistémica, para enfrentar el desarrollo sin afectar el ambiente de las regiones.

Agradecimientos

La autora agradece a la Universidad Piloto de Colombia, facultad de Ciencias Ambientales, programa de Administración Ambiental.

Literatura citada

1. Alcaldía Municipal de Puerto Wilches Santander. (2012). Esquema de Ordenamiento Territorial Puerto Wilches Santander. (pp 32, 47). Recuperado de <http://www.puertowilches-santander.gov.co/index.shtml>
2. Cañas, I. (1995). Introducción al paisaje. Unicopia. Madrid Council of Europe. (2000). European Landscape Convention. Florence.
3. Dunn, M.C. (1974) Landscape evaluation techniques: an appraisal and review of the literature. Centre for Urban and Regional Studies, University of Birmingham, Birmingham, United Kingdom. 123 pp.
4. ESRI. (2011). ArcGis Desktop: Release 10.1. Redlands, CA: Environmental Sistem Research Institute.
5. Forman, K. & Godron, M. (1986) Landscape ecology. John Wiley and Sons, New York, New York, USA. 619 pp
6. Gobierno de la Ciudad. (2012). Plan de Desarrollo 2012-2015 “primero la gente” (pp. 45, 48). Recuperado de http://puertowilches-santander.gov.co/apc-aa-files/Plan_de_desarrollo_Puerto_Wilches.pdf
7. Gómez, A. (2012). El paisaje: Diseño de una metodología para su análisis, diagnóstico, planificación e inclusión en los procesos de toma de decisiones. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/13532/2/ALEJANDRO_GOMEZ_VILLARINO_2.pdf
8. Gómez, J. (1995). La Geografía y la ordenación del territorio: algunas cuestiones teóricas y prácticas. *Lurralde*. 18, 7-20.
9. González, A. & Moñino, M. (2000). Fotointerpretación geomorfológica aplicada al estudio de la evolución del relieve. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(1), 23-31.
10. Hoechstetter S., U. Walz, L. H. Dang & N. X. Thinh (2008), “Effects of topography and surface roughness in analyses of landscape structure a proposal to modify the existing set of landscape metrics”, in *Landscape Online*, no. 1, pp. 1–14.
11. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, & CORMAGDALENA. (2008) Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia escala 1:100.000, Bogotá, 2008.
12. León Mata, G. D. de, Pinedo, A. & Martínez, J. H. (2014), Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 84, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 42–53, doi: [dx.doi.org/10.14350/rig.36568](https://doi.org/10.14350/rig.36568)
13. McGarigal K. & S. A. Cushman (2005), The gradient concept of landscape structure, in Wiens, J. and M. Moss (comps.), *Issues and perspectives in landscape ecology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 112–119.

14. Másmela, P. (2010), El paisaje como elemento de la ordenación territorial, un análisis de paisaje desde su enfoque visual en el borde centro oriental de Medellín, Colombia. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de www.bdigital.unal.edu.co/3734.pdf
15. MOPT. (1993) Guía metodológica para el estudio del medio físico y la planificación. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Series Monográficas, Madrid, España. 809 pp.
16. Muñoz, A. (2004). La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista chilena de historia natural*, 77(1), 139-156. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100011>
17. Serrano, G. D. (2015), Valoración escénica de paisaje periurbano con utilidad en planeamiento territorial. Estudio de caso en la Región Metropolitana de Barcelona, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 88, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 109-121, dx.doi.org/10.14350/rig.45090.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 14 de abril de 2016

Aceptado: 26 de mayo de 2016

La nueva ruralidad en la educación: percepciones de la comunidad académica universitaria de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

New ruralidad in the education: perceptions of the university academic community of Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

A nova ruralidade na educação: percepções da comunidade acadêmica universitária da Universidade Pedagógica e Tecnológica da Colômbia

Luz Adriana Pita Morales¹ & Wilson González Santos²

^{1,2}Ingeniero agronomo, Magister en Desarrollo Rural

¹Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Boyacá. Colombia.

²Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá. Colombia.

¹luzpita@uniboyaca.edu.co, ²wilson.gonzalez@uptc.edu.co

Resumen

La intervención en el espacio rural, como apuesta preferente de desarrollo, plantea la necesidad de una educación cercana a la comprensión de la complejidad existente en este medio. Lo anterior requiere de profesionales que vinculen en su formación académica los condicionantes existentes en lo que hoy se conoce como nueva ruralidad. El texto muestra la metodología construida para captar la percepción que los estudiantes de la Facultad de Ciencias agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia tienen respecto a la nueva ruralidad como concepto que intenta comprender los cambios que ocurren en el

espacio rural contemporáneo. A partir de una tipología de la nueva ruralidad, con la escala de Likert se agrupan las apreciaciones de la comunidad estudiantil para finalmente determinar los factores que explican la variabilidad existente entre dichas actitudes. Los resultados indican que la globalización económica, la pluriactividad y el territorio son los principales factores que explican la variabilidad existente en las actitudes de los estudiantes respecto a la nueva ruralidad.

Palabras claves: academico, desarrollo, sociedad, rural.

Abstract

The intervention in the rural space, as bet of preferred development raises the need for an education that is close to the understanding of the complexity that exists in this medium. This requires professionals that link in their academic training the conditions existing in what today is known as new rurality. The text displays the methodology built to capture the perception that students of the program of agricultural sciences of the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, have regard to the new rurality as a concept that tries to understand the changes occurring in the rural space contemporary. From a typology of the new rurality, with the Likert scale are grouped the assessments of the student community to finally determine the factors that explain the variability that exists between those attitudes. The results indicate that economic globalization, the diversification and the territory are the main factors that explain the variability that exists in the attitudes of students with regard to the new rurality.

Key-words: academic, development, society, rurality.

Resumo

A intervenção no espaço rural, como aposta preferida de desenvolvimento, mostra a necessidade de uma educação próxima à compreensão da complexidade presente no meio. O anterior precisa de profissionais que incluam na sua formação acadêmica condições existentes junto com o que é conhecido hoje como nova ruralidade. O texto mostra a metodologia desenhada para atrair a percepção que os estudantes da Faculdade de Ciências Agropecuárias da Universidade Pedagógica e Tecnológica de Colômbia UPTC tem sobre a nova ruralidade como um conceito que tenta compreender as mudanças do espaço rural contemporâneo. A partir de uma tipologia da nova ruralidade, com a escala de Likert agrupam-se as apreciações da comunidade de estudantes para finalmente determinar os fatores que explicam a variabilidade existente entre essas atitudes. Os resultados indicam que a globalização econômica, pluriatividade e o território são os principais fatores que explicam a variabilidade existente nas atitudes dos estudantes no que refere-se à nova ruralidade.

Palavras-chave: acadêmico, desenvolvimento, sociedade, rural.

Introducción

El desarrollo es un proceso en el cual se amplían las oportunidades del ser humano y que involucra tanto actores endógenos y exógenos como la capacidad de estos para desplegar su nicho social (PNUD, 1990). El desarrollo de los países de la periferia se debate entre un modelo de globalización y las heterogeneidades propias de la regiones; además, comparte una vía soportada en la disminución de los índices de pobreza y el mejoramiento de las condiciones de acceso a bienes y servicios de la población rural, en el cual, las universidades y los centros de investigación tienen un papel importante en la tarea de lograr que las comunidades rurales adquieran los niveles de desarrollo que les permitan alcanzar su competitividad, para superar las condiciones atrasadas en las que hoy se encuentran (Pérez, 2001).

No obstante, es cuestionable una apuesta estrictamente técnica para intervenir en la complejidad del espacio rural contemporáneo. De esta manera, Morin (2001) plantea la educación como un proceso transdisciplinar que permite una mejor comprensión del entorno como un todo y así poder interpretar su contexto, sus complejidades, sus conjuntos. Si se acepta que el espacio de acción de los profesionales de las ciencias agrarias, es el sector rural: ¿Qué papel y características deben cumplir ellos para direccionar el desarrollo del sector rural?,

Parra (2003) señala que el ingeniero agrónomo debe tener una formación por competencias, entre las cuales se destacan la interpretativa: conocer – relacionar, la comunicativa: interactuar con los

demás, la argumentativa: justificar - dar razones, la propositiva: nuevas soluciones - nuevas lecturas, la valorativa: saber ser - saber vivir), la indagativa: actitud crítica y reflexiva y la cognitiva: capacidad para aprender y construir conceptos. El ICFES (2011), establece que la medicina veterinaria, la zootecnia y la medicina veterinaria y zootecnia, son profesiones basadas en una formación científica, técnica y humanística que tienen como fin promover una mejor calidad de vida para el hombre, mediante la conservación de la salud animal, el incremento de las fuentes de alimento de origen animal, la protección de la salud pública, la protección del medio ambiente y la biodiversidad, y el desarrollo de la industria pecuaria del país. Con lo anterior, los procesos de formación del desarrollista rural deben integrar enfoques teóricos, metodológicos y estrategias de intervención a partir de la evolución de conocimiento y acción: los profesionales ya no deben ser un cúmulo de conocimientos, sino agentes promotores del cambio, a través de la gestión correcta de su saber (Amtmann, 2000).

En el presente artículo de investigación se determinan los principales componentes de la nueva ruralidad, por medio de los cuales los alumnos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica de Colombia interpretan y perciben su campo de acción, el mundo rural y los fenómenos que en él se gestan.

Metodología

Ubicación del proyecto. La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, en su sede central en el municipio de Tunja, Colombia y vinculó a estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, que incluyen las carreras de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria y Zootecnia, de primero a noveno semestre de su plan de estudios.

Diseño de la investigación. Luego de la revisión de los conceptos de la nueva ruralidad, haciendo énfasis en las concepciones ideológicas de autores latinoamericanos, se hizo una tipología preliminar

del fenómeno de estudio que ofreció elementos que dieron una caracterización en función de distintas temáticas. Seguidamente, se construyeron unas escalas de actitudes tipo Likert, que permitieron determinar la relación existente de los estudiantes con las particularidades propias de la tipología en cuestión. Para esta herramienta de investigación, las afirmaciones iniciales se pusieron a consideración de un panel de expertos del área académica y profesional para ser evaluadas y corregidas antes de su aplicación. El panel de expertos fue conformado por tres profesores de planta en el área de Desarrollo Rural de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

La muestra de carácter probabilístico fue de tipo estratificada en función de los dos programas académicos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y de los semestres. La muestra tuvo las características mostradas mediante la ecuación 1:

$$n = (Nz^2pq) / (d^2(N-1) + z^2pq) \quad (1)$$

Dónde:

n= tamaño muestra.

N= población.

Z² = nivel de confianza.

P= variabilidad positiva.

Q= variabilidad negativa.

De esta manera:

N: 963 estudiantes de La Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UPTC, según el Sistema de Registro Académico SIRA 2012.

Z²= 1.96² (con un nivel de confianza del 95%).

P y Q = con los mayores valores. En este caso 0.5 para cada uno, en razón además a la carencia de estudios previos.

Con lo anterior:

n = 167

Total de población a encuestar = 167 estudiantes.

El número de instrumentos aplicados por programa académico fue de 84 para Ingeniería Agronómica y 83 para Medicina Veterinaria y se distribuyeron en cada semestre según las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. *Número de encuestas aplicadas en Ingeniería Agronómica por semestre*

Semestre	Número de estudiantes	Número de encuestas
1	49	11
2	40	9
3	44	10
4	66	14
5	29	6
6	35	8
7	49	11
8	53	11
9	24	5

Tabla 2. *Numero de encuestas aplicadas en Medicina Veterinaria por semestre.*

Semestre	Número de estudiantes	Número de encuestas
1	45	10
2	51	11
3	42	9
4	52	11
5	35	8
6	30	6
7	35	8
8	37	8
9	57	12

Análisis de factores. Para este ejercicio se calculó la puntuación Z para una serie de afirmaciones que describen los fenómenos de la nueva ruralidad – en función de proposiciones evaluadas por el grupo en una escala de percepción. Se aplicó la ecuación 2:

$$Z = (X - X_m) / S \quad (2)$$

Dónde:

Z=transformación del valor en unidades de desviación estándar.

X=valor a transformar.

\bar{X}_m =media del conjunto de valores.

S= Desviación estándar del conjunto de valores.

Posteriormente se ingresaron dichas puntuaciones al programa SPSS versión 17.0, de donde se obtuvo los tres factores principales que explican la variación de los ítems que caracterizan la nueva ruralidad para la población objeto de estudio.

Componentes principales y escalas de actitudes de Likert. A partir de las temáticas que caracterizan la nueva ruralidad y después del proceso de revisión y evaluación de expertos se seleccionaron las afirmaciones que fueron aplicadas a un grupo de estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, quienes develaron su posición frente a los distintos ítems.

Resultados

Con la realización de la etapa descriptiva, la nueva ruralidad se evidencia como un concepto que permite interpretar los fenómenos del mundo rural traducidos principalmente en heterogeneidad productiva, heterogeneidad histórica, la multifuncionalidad y el territorio. La Tabla 3 permite apreciar las características de dichas temáticas, así como los autores que las soportan.

Vale la pena aclarar que antes de ser aplicadas dichas afirmaciones fueron ubicadas aleatoriamente dentro del test. De esta prueba piloto se obtuvo la puntuación del grupo para cada afirmación, la cual fue correlacionada con la puntuación de toda la escala, teniendo en cuenta el 25% más alto y el 25% más bajo de las puntuaciones, así como la diferencia de las medias. Los ítems que presentaron un mayor valor del coeficiente de correlación fueron seleccionados para integrar el instrumento de medición, que se presenta en la Tabla 4.

Se consideró importante la selección de variables clave dentro del conjunto de datos. Para este fin fue aplicada la técnica de análisis de componentes principales tanto para disminuir la dimensionalidad como para jerarquizar las causas que generan variabilidad. Para lograr este propósito, se procesaron los datos obtenidos de la escala de Likert por programa académico y se realizó la puntuación Z para cada uno de los ítems, con el fin de estandarizar los valores y sopesar la variabilidad. Para el caso de esta investigación se seleccionaron los tres primeros factores, debido a que revelan el menor porcentaje de la varianza, son similares para cada grupo y además encierran las tres temáticas más importantes del fenómeno de la nueva ruralidad.

Tabla 3. Temáticas que se esbozan en el análisis de la nueva ruralidad.

Temática	Características	Autores
Antecedentes de nueva ruralidad	Transformación de las teorías de desarrollo, enmarcadas en la apertura de mercados y la globalización.	Kay, C. (2009). Bonnal <i>et al.</i> (2004)
Heterogeneidad productiva	Aparecen actividades diversas y diferentes a la producción agrícola en el sector rural.	Concheiro <i>et al.</i> (2006) Mascheroni, P. & Riella, A. (2003).
Heterogeneidad histórica	El sector rural ya no se relaciona con unas características clásicas que lo definían, baja densidad demográfica, producción agropecuaria como actividad económica principal, atraso, rasgos culturales marcados. Se revaloriza el campo y se desdibuja la brecha entre el campo y la ciudad.	Llambi, L. & Pérez, E. (2007). Pérez, E. & Farah, M. (2006).
Multifuncionalidad	La agricultura puede cumplir con otras funciones diferentes a la mera producción de alimentos y fibras, estas pueden ser del orden económico, social y ambiental.	OCDE. (1998). Laurent, C. (1999). Ramírez, V. & Blanca, R. (2003).
Territorio	A partir de las características de un territorio y sus habitantes se puede cimentar el desarrollo de una región, determinando el territorio como una construcción social.	Delgado, M. (2004). Miranda, C. & Renault, A. (2007).

Fuente: Pita (2013).

Tabla 4. Afirmaciones seleccionadas para la nueva ruralidad

ITEMS	TEMA	PREGUNTAS
1	Antecedentes nueva ruralidad.	La globalización está cambiando la forma de vida económica, social o cultural del sector rural.
2		Los campesinos se han adaptado a otras formas de vida debido a la apertura económica.
3		El agricultor ha tenido una disminución en el apoyo de la producción agropecuaria.
7		La apertura de mercados ha incrementado la pobreza rural, el deterioro del medio ambiente y la desigualdad social.
10		La nueva ruralidad es un fenómeno que se deriva de la adaptación de los pobladores rurales a la apertura económica.
19		Los habitantes rurales exigen reconocimiento de su ideología, cultura y forma de vida.
38	Heterogeneidad productiva.	El vínculo del espacio rural con el urbano se define por actividades económicas.
42	Heterogeneidad histórica	Los procesos económicos globales interfieren en los procesos económicos locales.
47		La zona rural se caracteriza por un paisaje con animales, cultivos y terrenos deshabitados.
48		En la actualidad los paisajes rurales han sido interrumpidos por la organización empresas e industria.
49		La industria del sector rural ha traído un cambio en las relaciones entre los habitantes rurales y su entorno.
59		El campo ofrece algún tipo de bienestar para su población.
63	Multifuncionalidad.	Las múltiples labores de la población rural se deben a la diversidad de actividades económicas de las regiones.
64		Las múltiples funciones que se generan en el espacio rural se dan por la necesidad de la misma sociedad.
68		Un territorio multifuncional permite identificar las ventajas y desventajas que tiene para lograr un desarrollo local.
74		La agricultura puede producir bienes que no son comerciales como el cuidado del medio ambiente.
75		La protección de los recursos culturales de una región, depende de los habitantes locales.
79		Reconocer que el sector rural tiene funciones diferentes a la producción agropecuaria implica el planteamiento de leyes que rijan estos procesos.
82	Territorio	Existen características y cualidades locales que permiten impulsar el desarrollo de un territorio.
83		El territorio interfiere en la identidad social, económica y cultural para su desarrollo.
84		La pobreza local depende del desconocimiento de las fortalezas y debilidades de un territorio.
91		Un territorio trae bienestar a una población.
92		El territorio puede tener aptitud para el desarrollo.
97		El territorio es una construcción social.
98		Las relaciones al interior y exterior de un territorio marcan las características de este.
99		La identidad de un territorio permite conquistar nuevos mercados y ser más competitivos.

Las tablas 5 y 6 muestran los componentes seleccionados por ponderación y los factores que los explican para estudiantes de los dos programas académicos.

Tabla 5. *Análisis de factores para medir la percepción hacia la nueva ruralidad por parte de los alumnos de Medicina Veterinaria.*

Factor	Ítem	Afirmación
Factor I Territorio		La identidad de un territorio permite conquistar nuevos mercados y ser más competitivos.
	99	
	19	Los habitantes rurales exigen reconocimiento de su ideología, cultura, y forma de vida.
	42	Los procesos económicos globales interfieren en los procesos económicos locales.
	49	
	92	La industria del sector rural ha traído un cambio en las relaciones entre los habitantes rurales y su entorno.
		Un territorio puede tener aptitud para el desarrollo.
Factor II Globalización		La globalización está cambiando la forma de vida económica, social y cultural del sector rural.
	1	
	47	La zona rural se caracteriza por un paisaje con animales, cultivos y terrenos deshabitados.
	48	En la actualidad los paisajes rurales han sido interrumpidos por la organización de empresas e industria.
	59	
	63	El campo ofrece algún tipo de bienestar para su población.
		Las múltiples labores del espacio rural se deben a la diversidad de actividades económicas del mismo.
Factor III Multiocupacion		La globalización está cambiando la forma de vida económica, social y cultural del sector rural.
	1	
	83	El territorio interfiere en la identidad social, económica y cultural para su desarrollo.
	84	La pobreza local depende del desconocimiento de las fortalezas y debilidades de un territorio.
	63	
	64	Las múltiples labores del espacio rural se deben a la diversidad de actividades económicas del mismo.
		Las múltiples funciones que se generan en el espacio rural se dan por las necesidades de la misma sociedad.

Tabla 6. *Análisis de factores para medir la percepción hacia la nueva ruralidad por parte de los alumnos de Ingeniería Agronómica.*

Factor	Item	Afirmación
Factor I Territorio	82	Existen características y cualidades locales que permiten impulsar el desarrollo de un territorio.
	42	Los procesos económicos globales interfieren en los procesos económicos locales.
	92	Un territorio puede tener aptitud para el desarrollo.
	98	Las relaciones al interior y exterior de un territorio marcan las características de este.
	99	La identidad de un territorio permite conquistar nuevos mercados y ser más competitivos.
Factor II Multiocupacion		La industria del sector rural ha traído un cambio en las relaciones entre los habitantes rurales y su entorno.
	49	La zona rural se caracteriza por un paisaje con animales, cultivos y terrenos deshabitados.
	47	El territorio interfiere en la identidad social, económica y cultural para su desarrollo.
	83	En la actualidad los paisajes rurales han sido interrumpidos por la organización de empresas e industria.
	48 38	El vínculo del espacio rural con el urbano se define por actividades económicas.
Factor III Globalización	2	Los campesinos se han adaptado a otras formas de vida debido a la apertura económica.
	91	El territorio trae bienestar a una población.
	75	La protección de los recursos culturales de una región depende de los habitantes locales.
	7	La apertura de mercados ha incrementado la pobreza rural, el deterioro del medio ambiente y la desigualdad social.
	97	El territorio es una construcción social.

Discusión

Los estudiantes reconocen un cambio en la vida del mundo rural estimando como elemento principal de dicha transformación la globalización, en donde se aprecia que los procesos económicos globales interfieren en los procesos económicos locales. Según Concheiro *et al.* (2006), la nueva ruralidad es un proceso de cambio, producto de la globalización del capital, resultado de los propios proyectos de organización de la vida de los sujetos sociales que se resisten o se relegan de esta tendencia mundial. De esta manera la lucha constante y la transformación de esos campesinos e indígenas por sobrevivir en sus diferentes formas de vida es lo que da origen a una nueva ruralidad, donde

la exigencia por obtener mejores precios para sus productos, mayor acceso a tierras, créditos, asistencia técnica, recursos naturales, así como asumir el control sobre sus propias formas de vida, originan que el mero concepto de producción agrícola sea abolido y se creen nuevas estrategias de vida, nuevas ocupaciones y actividades, nuevas concepciones sociales y culturales.

Hay otro aspecto que marca los resultados del análisis, este hace referencia a que en un principio se sigue reconociendo el campo como un sitio con un paisaje con cultivos, animales y espacios deshabitados, pero luego de una indagación aproximada, se puede interpretar que dicho paisaje ha sido interrumpido por industrias las cuales generan un tipo

de demanda de mano de obra diferente a la acostumbrada en el campo, así como el surgimiento de otras labores que la misma sociedad requiere, como transporte, telecomunicaciones, turismo, vivienda, entre otras. Para Pérez (2001), los asentamientos que se hacen alrededor de actividades como agricultura, artesanía, ganadería, industrias medianas y pequeñas, comercio servicio, pesca, minería entre otros generan relaciones entre sí y con el exterior formando una serie de intervenciones de entidades públicas y privadas que permiten una dinámica que originan nuevas actividades económicas.

Los datos también exhiben una aceptación de los ítems que describen el territorio, de esta manera podemos interpretar que los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perciben más cercano el enfoque territorial para el desarrollo rural, esto puede deberse a que ha sido tratado a mayor profundidad en las clases que conciernen el área de desarrollo y extensión rural (Plan de estudios ingeniería agrónoma y medicina veterinaria, 2009-2010).

En la actualidad el territorio, sus características y cualidades que posee se han convertido en un factor importante para el desarrollo, planteando un enfoque territorial (Kay, 2009), para algunos autores es la transformación del territorio como consecuencia

de enfoque neoliberal (Delgado, 2004). Dentro de este marco el concepto de territorio es un constructo social, ya que lo definen como un espacio geográfico con una identidad social, económica y cultural, así como procesos de desarrollo específicos. A partir de estas características un territorio se puede construir tipológicamente interpretando sus fortalezas y hasta sus debilidades las que posiblemente lo pueden llevar a ser una zona de pobreza o de prosperidad (Schejtman & Berdegue, 2008).

Del mismo modo, los hallazgos encontrados en el análisis de datos, demuestran un componente muy importante que no fue muy relevante a la hora de plantear el análisis de la nueva ruralidad, pero que con el test aplicado a los alumnos sale a la luz, el aspecto social. El territorio no puede desarrollarse sin el reconocimiento y el trabajo de los actores locales, quienes imprimen su propia identidad al territorio con sus costumbres, cultura y forma de vida. Los actores son los que permiten crear aptitud territorial para el desarrollo de los mismos (Ceña, 2008).

En la Figura 1 se muestra el constructo de interpretación y percepción de la nueva ruralidad por parte de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

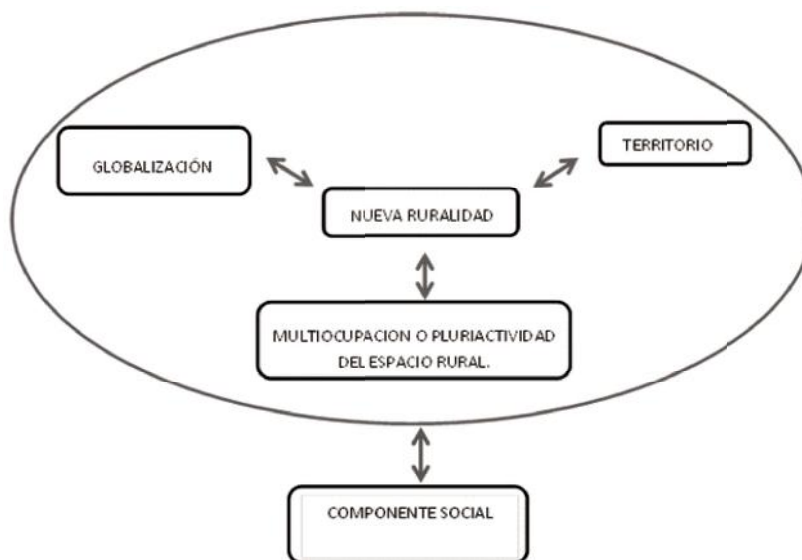


Figura 1. Constructo nueva ruralidad resultado de priorización de componentes.

Fuente: Pita (2013).

Conclusiones

La globalización económica, la pluriactividad y el territorio son los factores que explican la variabilidad existente en las percepciones de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia respecto al fenómeno de la Nueva ruralidad.

Las percepciones respecto a la nueva ruralidad trascienden la mirada estrictamente productiva. En este sentido, encierran además dimensiones económicas, sociales y ambientales.

El territorio, como concepto transversal en los componentes priorizados, trasciende la dimensión política. Los estudiantes reconocen su valoración social y cultural

La orientación profesional a los estudiantes del sector rural ya no debe ser solamente técnica es perentoria la integralidad.

Literatura citada

- Amín, S. (2001). Capitalismo, imperialismo, mundialización. En: Seoane, J. & Taddei, E. Resistencias Mundiales. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales CLACSO, Buenos Aires. 29 p.
- Amtmann, C. (2000). La formación profesional para el Desarrollo Rural en América Latina. En: Memorias del Seminario Internacional "La Nueva Ruralidad en América Latina." Realizado en Bogotá, agosto de 2000. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales CLACSO. 10 p.
- Bonnal, P., Bosc, J., Díaz, M. & Losch, B. (2004). Multifuncionalidad de la agricultura y nueva ruralidad ¿Reestructuración de las políticas públicas a la hora de la globalización? En: Pérez, E. y Farah, M. Desarrollo rural y nueva ruralidad en América Latina y la Unión Europea. JAVEGRAF. Bogotá. 41 p.
- Bunge, M. (1973). La ciencia, su método y filosofía. Buenos Aires: Siglo XX.
- Ceña, F. (2008). La ruralidad en los noventa: el enfoque territorial del Desarrollo Rural. Módulo del Curso Internacional Desarrollo Rural y Agricultura Sostenible. INIAAECI. Cartagena de Indias. Colombia. Junio.
- Concheiro, L., Ochoa, K. & Grajales, S. (2006). Nueva ruralidad. Enfoques y propuestas para América Latina. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Cámara de diputados. Mexico. 263p.
- Concheiro, L., Ochoa, K. & Grajales, S. (2006). Nueva ruralidad enfoques y propuestas para América Latina. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Cámara de diputados. Mexico. 263 p.
- Delgado, M. (2004). La política rural europea en la encrucijada. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 351 p.
- ICFES. (2011). Instituto colombiano para el fomento de la educación superior. Exámenes de calidad de la educación superior en Medicina veterinaria. Recuperado de: www.icfes.gov.co.
- Kay, C. (2009). Estudios Rurales En América Latina En El Periodo De Globalización Neoliberal: ¿Una Nueva ruralidad? *Revista Mexicana de Sociología*, 71 (4). 645 p.
- Laurent, C. (1999). Activité agricole, multifonctionnalité, pluralité. Rapport rédigé pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche dans le cadre du Comité d'experts sur les Contrats Territoriaux d'Exploitation (CTE). Paris.
- Llambi, L. & Pérez, E. (2007). Viejas Ruralidades Y Nuevos Campesinismos, Agenda Para Una Nueva Sociología Rural Latinoamericana. *Cuadernos De Desarrollo Rural*. Julio Diciembre.. 37-61 p.
- Mascheroni, P. & Riella, A. (2003). Evidencias Empíricas Sobre La Pertinencia De na nueva ruralidad en Uruguay. En: Pérez, E.; Farah, M. & Grammont H. La nueva ruralidad en América Latina Avances Teóricos y Evidencias Empíricas. JAVEGRAF. Bogotá. 380 p.
- Miranda, C. & Renault, A. (2007). Sustainable Development and the territorial approach: identities and typologies. Rural Development Report. IICA. 48 p.
- Morín, E. (2001). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. UNESCO. París Francia. 60 p.
- OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo (1998). La réforme de la politique agricole et l'économie rurale dans les pays de l'OCDE. OECD. Paris. 340 p.
- Parra, J. (2003). Competencias profesionales del Ingeniero Agrónomo. *Agronomía colombiana*. 21(2), 716.
- Pérez, E. (2001). Hacia una nueva visión de lo rural. En: Perez, E. y Farah, M. ¿Una nueva ruralidad en América Latina? (Tesis de Maestría en Desarrollo Rural). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de estudios ambientales y rurales. Bogotá.
- Pérez, E. & Farah, M. (2006). La nueva ruralidad en Colombia. JAVEGRAF. Bogotá. 102 p.

20. Pita, L. (2013). El desarrollo rural contemporáneo en la educación en ciencias agrarias: un estudio de caso en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (Tesis de maestría). Escuela de Posgrados de la Facultad De Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. Tunja. 93 p.
21. Plan de estudio de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. Tunja. 2009.
22. PNUD. (1990). Programa de las naciones unidas para el desarrollo. Informe de desarrollo humano, 1990. Recuperado de: <http://indh.pnud.org.co/documentos>.
23. Ramírez, V. & Blanca, R. (2003). La vieja agricultura y la nueva ruralidad: enfoque y categorías desde el urbanismo y la sociología rural. UAM-A. México. 71 p.
24. Schejtman, A. & Berdegue, J. (2008). Towards a Territorial Approach for Rural Development. *Discussion Paper Series 17*. IPPG- IDPM. University of Manchester. 17 p.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 25 de enero de 2016
Aceptado: 10 de marzo de 2016

Costos y rendimientos de producción de tres néctares de manzana (*Pyrus malus* L.) variedades Anna, Pensilvania y Winter

Costs and yields of production of three nectars of apple (*Pyrus malus* L.) varieties Anna, Pensilvania and Winter

Custos e rendimentos de produção de três néctares de maçã (Pyrus malus L.) variedades Anna, Pensilvania e Winter

Darío Alberto Pinto Medina¹, Yesenia Fernández Vargas² & Efrain Martínez Quintero³

¹Ingeniero de Alimentos, Especialista en Poscosecha de Frutas, Verduras y Flores, Magister en Dirección Y Administración De Empresas. ² Administradora de Empresas Agropecuarias ³ Ingeniero Agrónomo, Especialista en Poscosecha de Frutas Verduras y Flores, Magister en Ciencias Agrarias.

^{1,2,3}Grupo de investigación CERES. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) Seccional Duitama. Carrera 18 Calle 22. Duitama, Boyacá, Colombia.

¹ dario.pinto@uptc.edu.co, ²yessenita-17@hotmail.com, ³efrain.martinez.q@hotmail.com

Resumen

La agroindustria en Colombia se muestra como una alternativa para dar aprovechamiento eficiente a materias primas de origen agropecuario, especialmente aquellas que por parámetros de calidad, no salen al mercado y generan cuantiosas pérdidas a agricultores y ganaderos; esta investigación se basó principalmente en el aprovechamiento de la manzana (*Pyrus malus* L.), se elaboró néctar con tres variedades producidas en el departamento de Boyacá, Colombia: Pensilvania, Anna y Winter y se evaluaron los rendimientos en extracción de pulpa, con pérdidas del 18,4% para Pensilvania 21,4%, para Anna y 30% en Winter. Se realizaron pruebas sensoriales para determinar el grado de aceptabilidad de los tres productos, observándose diferencias significativas en textura, y similitud en parámetros como olor, color y sabor; para dicho análisis se compararon las tres variedades con un néctar comercial. Se concluye que el costo de producción unitario

para 900 ml de néctar de la variedad Pensilvania es de \$4.999, Anna \$5.100 y Winter \$5.296 (pesos colombianos), esto se debe a mejores rendimientos en extracción de pulpa para la variedad Pensilvania, mostrando que los productos son competitivos en precio y calidad.

Palabras clave: alimento, caducifolios, micro-organismo, panel sensorial.

Abstract

The Colombian agro-industry is seen like an option for use agricultural raw materials efficiently, especially those with quality parameters that do not know in the market yet and generate huge losses to farmers and ranchers. This research was mainly based on the apple (*Pyrus malus* L.) use. The nectar was prepared from three varieties of apple which are produced in the department of Boyacá, Colombia.

These apple varieties are Anna, Pensilvania and Winter. It was a study to test the extraction pulp productivity with losses of 18.4% for Pensilvania, 21,4% for Anna and 30% for Winter. Sensory tests were carried out to determine the acceptability degree of these products. Significant differences were observed in texture, and similarities in odor, color and flavor. In this analysis, the three apple varieties were compared with a commercial apple néctar. It was concluded that the unit production cost for 900 ml of nectar from the Pensilvania variety is \$4.999, Anna \$5.100 and Winter \$5. 296 (Colombian pesos), due to better production in extraction of pulp for the variety Pensilvania, showing that the products are competitive in price and quality.

Key-words: food, deciduous, sensory panel, micro-organism.

Resumo

A agroindústria na Colômbia mostra-se como alternativa para se aproveitar eficientemente os materiais primários de origem agropecuário, especialmente aqueles que por parâmetros de qualidade,

não são comercializados e geram grandes perdas para agricultores e ganaderos. Esta pesquisa foi baseada principalmente no aproveitamento da maçã (*Pyrus malus* L.), foi feito néctar com três variedades produzida no estado de Boyacá, Colômbia: Pensilvania, Anna e Winter e foram avaliados os rendimentos em extração de polpa com perdas de 18,4% para Pensilvania 21,4%, para Anna e 30% Winter. Realizaram-se testes sensoriais para determinar o grau de aceitação dos três produtos, observando-se diferenças significativas em textura e similaridades em parâmetros como odor, cor e sabor. Para essas análises foram comparadas as três variedades com um néctar comercial. Pode-se concluir que o custo de produção unitário para 900 ml de néctar da variedade Pensilvania é de \$4.999, Anna \$5.100 e Winter \$5.296 (pesos colombianos). Isto ocorre devido a melhores rendimentos na extração de polpa para a variedade “Pensilvania”, mostrando que os produtos são competitivos em valor e qualidade.

Palavras-chave: alimento, caducifólios, micro-organismo, painel sensorial.

Introducción

La producción mundial de frutas en el año 2013 fue de aproximadamente 824 millones de t; 81 millones de t correspondieron a manzana. La producción mundial de caducifolio está encabezada por China con un 48% de la cosecha mundial (40 millones de t), seguido por EE.UU, Turquía y Polonia con 4 millones de t cada uno (CAFI, 2016). Para el caso de Suramérica, la producción en 2014 fue de 695.000 t, con una participación de países como Chile y Brasil con 1,6y 1,2 millones de t, respectivamente (Good Fruit Grower, 2014).

Según el Plan Frutícola Nacional del 2006, en Colombia el sector frutícola representa una fuente importante de crecimiento, generación de empleo rural y desarrollo con equidad, creando criterios de eficiencia y sostenibilidad en toda la cadena de

producción. Boyacá es el departamento con mayor área sembrada en frutales como tradición (Casierra, 2012). Y es considerado uno de los más importantes en la producción de caducifolios (pera, manzana, durazno y ciruela) (Puentes, 2006), con aproximadamente 3.000 ha cultivadas (Superintendencia Industria y Comercio, 2011). Según la Unidad Regional de Planificación Agropecuaria URPA en las Evaluaciones Agropecuarias EVAS 2014, la producción de manzana en Boyacá fue de 2.135,50 t, con un área sembrada de 193 ha, y una participación del 2% en el total de los frutales a nivel departamental (URPA - EVAS, 2014). Las variedades de manzana más representativas en el departamento a nivel de producción y comercialización son la Anna y Salamina (Avila , Robles, Miranda , & Fischer, 2013), otras variedades se cultivan en menor

cantidad como Pensilvania, Winter, Emilia, Eureka, Dorsett Golden; ya que son cultivos tradicionales y no se han realizado renovaciones de estas variedades (Arenas, Pacheco, Fischer, & Lopez, 1991).

La demanda de fruta y hortalizas frescas como materia prima para la industria cada vez es más significativa. La calidad y el tiempo de vida útil de los caducifolios se ve perjudicado por el inapropiado manejo durante la cosecha y poscosecha, que repercute a la hora de adquirir el producto en fresco generando pérdidas durante el mercadeo (Pinto, Lemus, & Puentes, 2016). En este contexto, el desarrollo competitivo del sector hortofrutícola Colombiano está íntimamente relacionado con la capacidad de procesamiento industrial que genere valor agregado, para así poder ampliar los mercados actuales y aprovechar nuevas oportunidades comerciales, superando los problemas de admisibilidad en fresco que tienen actualmente las frutas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007).

La manzana tiene altos contenidos de agua, es rica en carbohidratos, proteínas y minerales, que por lo general contribuyen a su rápido deterioro (Mera, 2013), debido a estas características, esta fruta es altamente perecedera facilitando el desarrollo de microorganismos que afectan la calidad fisicoquímica y microbiológica, también se presenta el pardeamiento enzimático debido a su alto contenido en compuestos fenólicos que reaccionan con el oxígeno para formar melanoidinas, dándole este color al alimento (Cheftel & Cheftel, 1992), produciendo pérdida de color, sabor y aromas (Michelis, 2008) lo que genera pérdidas. Se estima que en Colombia se pierde del 30 al 40% del producto final por malos manejos en el cultivo, cosecha y poscosecha (Miranda, Fischer, & Carranza, 2011). La agroindustria se muestra como una alternativa para fortalecer las cadenas de producción y comercialización de materia primas en el departamento de Boyacá; introduciendo una coordinación e integración entre la actividad agropecuaria y la industria generando así valor agregado a las materias primas ya sean adecuándolas o transformándolas (Becerra & Gallardo, 2015).

A nivel mundial el consumo de jugos de fruta y néctar en el 2013, creció aproximadamente 1%, llegando a 38.900 millones de litros; los sabores preferidos son en primer lugar naranja con un 38.8%, mix de frutas 19% y la manzana 14,9% (Agrimundo, 2014). Para Colombia el consumo per cápita en el año 2000 fue de 5 litros/año/persona (Agronet, 2001). Para ofrecer al mercado un producto que sea agradable al paladar, es necesario realizar una evaluación sensorial que dé a conocer los gustos y preferencias de los consumidores, y permita tomar medidas correctivas a la empresa.

Debido a la necesidad que existe en el sector primario por dar valor agregado a las materias primas producidas, especialmente aquellas que por su tamaño, forma o color no logran ofrecerse en el mercado en fresco, surge el interés en profundizar en las bebidas refrescantes a base de frutas, elaborando un néctar de manzana que cumpla con la normatividad nacional vigente. Es importante que la industria alimentaria tenga la capacidad de adaptarse e innovar; ofreciendo calidad y respuestas a las necesidades de los consumidores brindando beneficios para la salud y seguridad alimentaria (Cortes & Chiralt, 2008).

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Piloto de Procesamiento de Alimentos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Seccional Duitama, Boyacá, Colombia, la cual cuenta con la maquinaria y utensilios necesarios para la transformación agroindustrial de la manzana.

Materia prima

La materia prima usada en esta investigación proviene del municipio de Nuevo Colón, Boyacá, Colombia, localizado a los 05° 21' 30" de latitud norte y 73° 27' 38" longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 2.500 msnm. A una distancia de Tunja de 27.5 km (Alcaldía de Nuevo Colón, 2016). Cabe resaltar que para la obtención de pulpa de fruta, se utilizó manzana cuyo tamaño y daño físico no representara un valor comercial representativo para el agricultor.

Panel Sensorial

El panel sensorial se desarrolló con la ayuda de 14 panelistas, con el criterio suficiente para juzgar un néctar de manzana, dos horas antes de la prueba los evaluadores se prepararon con un ayuno. Se realizó una prueba para identificar si existen disparidades perceptibles entre muestras, cada panelista recibió un formato para la respectiva evaluación de las 4 muestras previamente codificadas, donde la muestra 13 era un néctar comercial, la 11 néctar de manzana Anna, 12 Pensilvania y 14 Winter, de esta manera se evaluó olor, sabor, color y textura, donde debían valorar cada muestra y cada característica con un puntaje que iba de 1 (Me disgusta extremadamente) a 9 (Me gusta extremadamente).

Los puntajes numéricos en cada muestra se tabularon y analizaron utilizando la ANOVA, y el método de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$), para determinar si existían diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. En el análisis de varianza ANOVA, la varianza total se dividió en varianza asignada a diferentes fuentes específicas. La varianza de las medias entre muestras se comparó con la varianza dentro de la muestra -llamada también error experimental aleatorio-, y si las muestras no son diferentes, la varianza de las medias entre muestras será similar al error experimental. La varianza correspondiente a los panelistas o a otros efectos de agrupación en bloque,

puede también compararse con el error experimental aleatorio [Watts et al, 1989] (Ramires, 2012).

Determinación de rendimientos en extracción de pulpas.

Para la determinación de pulpa de manzana de las tres variedades (Anna, Pensilvania, Winter) se procesaron 3 kg de fruto, se realizó un lavado y desinfección del material vegetal, luego se peló, se sumergió en una solución de ácido cítrico al 1% para evitar pardeamiento enzimático, se escaldó a 80°C por 3 minutos, inmediatamente se sumergió en agua potable fría, se escurrió y despulpo con tamiz de 5mm, la pulpa se caracterizó midiendo acidez titulable, pH, °Brix, y peso de pulpa; así se establecieron pérdidas y ganancias en extracción de pulpa en el proceso. (Figura 1).

Obtención del néctar de manzana. A partir de la pulpa obtenida, se procedió a realizar el balance de materia que permitió obtener un producto estable y que cumpliera con la Resolución 3929 de 2013 de ministerio de salud y protección social. Se utilizaron ingredientes como agua potable, azúcar y carboximetilcelulosa (CMC), que se pasteurizaron a 90°C por 20 minutos, la mezcla se tamizó y envasó en recipientes de vidrio de 250ml; una vez llenos se procedió a la esterilización en autoclave a 120°C por 20 minutos, garantizando inocuidad del producto, en la Figura 1 se muestra el proceso de elaboración del néctar.

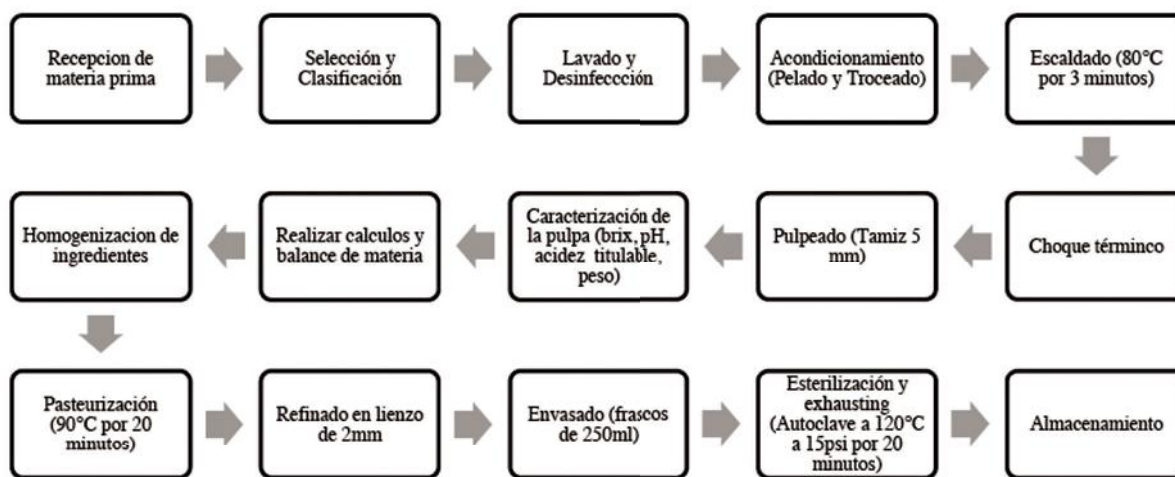


Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración de néctar de Manzana.

Planta de Procesamiento de Alimentos, U.P.T.C.

Estructura de Costos

Para la determinación de los costos de producción de cada uno de los néctares, se utilizó una tabla distribuida de la siguiente manera: la primera columna contiene la descripción de insumos, materias primas, mano de obra y servicios públicos utilizados en el proceso, la segunda indica la unidad de compra de los ítems de la columna uno, la tercera corresponde al precio de la unidad de compra, la cuarta son las unidades utilizadas en el proceso de elaboración del néctar, y la última columna corresponde al valor total en pesos de la materia prima, materiales, servicios públicos y M.O. requeridos para el lote de producción y se obtiene de la multiplicación de la casilla precio unidad de compra y la casilla unidades utilizadas.

Una vez realizados los procesos, se identificaron los costos en los que se incurre para elaborar una presentación de 900 ml de néctar de cada una de las variedades; el modelo se enfocó en los costos por orden de trabajo, ya que este método asigna el precio a los productos por lotes, o por cantidades.

Resultados y discusión

Extracción de pulpa de manzana

En la Figura 2, se muestra el rendimiento de extracción de pulpa de manzana para las variedades estudiadas. En los resultados obtenidos se observó que la variedad Pensilvania tuvo un 18.4% de pérdida en extracción, la variedad Anna un 21.4% y la Winter un 30%.

En la etapa de acondicionamiento la variedad Pensilvania tuvo su mayor pérdida, mientras que la variedad Anna y Winter pierden durante el despulpado gran cantidad de materia; estas diferencias se debe a un mayor porcentaje de semilla y cascara presente en el fruto; para el caso de la manzana Pensilvania, se presentó menor pérdida gracias a que esta variedad contiene gran cantidad de materia seca, pocas semillas y cascara delgadas.

Elaboración de los néctares. Para la estandarización de los tres néctares se recurrió a la matemática aplicada logrando un balance de materia que cumpliera con la legislación nacional vigente, (Resolución 3929 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social) en la Tabla 1, se muestran los cálculos realizados para las tres variedades y en la Figura 3 se evidencia la presentación del néctar.



Figura 2. Extracción de pulpa de Manzana (*Pyrus malus* L.) Variedades Anna, Pensilvania y Winter. Planta de Procesamiento de Alimentos, UPTC.

Tabla 1. Formulación del néctar para las tres variedades de manzana

ANA	PENSILVANIA	WINTER
Cantidad de néctar a preparar		
$(2324\text{ g} - 25\%)/(X)$	$(2450\text{ g} - 25\%)/(X)$	$(2100\text{ g} - 25\%)/(X)$
Azúcar que contiene la pulpa		
$(100\text{ g} - 6.7^\circ\text{Brix})/(232)$	$(100\text{ g} - 5.9^\circ\text{Brix})/(245)$	$(100\text{ g} - 4.7^\circ\text{Brix})/(210)$
Azúcar para el néctar		
$(100\text{ g} - 9^\circ\text{Brix})/(9296)$	$(100\text{ g} - 9^\circ\text{Brix})/(760)$	$(100\text{ g} - 9^\circ\text{Brix})/(630)$
Cantidad real de azúcar		
$835.6 - 155.7 = 680.9\text{ g}$	$684 - 144.5 = 539.5\text{ g}$	$567 - 99.1 = 467.8\text{ g}$
Estabilizante		
$(1000\text{ g N} - 0.9\text{ g CMC})/(9200\text{ g N})$	$(1000\text{ g N} - 0.9\text{ g CMC})/(9800\text{ g N})$	$(1000\text{ g N} - 0.9\text{ g CMC})/(8400\text{ g N})$
Cantidad de agua		
$(2324\text{g Pulpa} + 680.9\text{ g Azúcar} + 8.36\text{g CM}) = 3013.3\text{ g}$	$(2450\text{g Pulpa} + 539\text{ g Azúcar} + 8.82\text{g CM}) = 2997.8\text{ g}$	$(2105\text{g Pulpa} + 462.2\text{g Azúcar} + 5.67\text{g CM}) = 2576.8\text{ g}$
$(3013.3 - 9296\text{ g}) = 6282\text{ g Agua}$	$(2997.8 - 9800\text{ g}) = 6802\text{ g Agua}$	$(2576.8 - 6300\text{ g}) = 3123.2\text{ g Agua}$



Figura 3. Néctar de manzana (*Pyrus malus* L.) Variedad Anna.
Planta de Procesamiento de Alimentos, U.P.T.C.

Determinación de costos de producción de los néctares de manzana

La Tabla 2 muestra el costo de procesamiento de cada néctar, además se calculó el costo unitario de

producción que resulta atractivo para el procesador puesto que la rentabilidad se valora en el 40% y el precio de venta compite favorablemente con productos similares en el mercado.

INSUMO	Unidad de compra	Precio unidad de compra	Anna (9,4 litros)		Pensilvania (9,8 litros)		Winter (8,4litros)	
			Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
Manzana	Kilogramo	\$ 2.500,0	3	\$ 7.500	3	\$ 7.500	3	\$ 7.500
Azúcar	Gramo	\$ 30,8	696,2	\$ 21.443	757,1	\$ 23.319	657,3	\$ 20.245
CMC	Gramo	\$ 33,1	8,4	\$ 278	8,8	\$ 291	7	\$ 231
Metabisulfito de sodio	Gramo	\$ 11,0	1,1	\$ 12	1,4	\$ 15	1,1	\$ 12
Ácido cítrico	Gramo	\$ 0,5	20	\$ 9	26	\$ 12	20	\$ 9
Desinfectante	Litro	\$ 2,8	3	\$ 8	3	\$ 8	3	\$ 8
Agua potable	Litro	\$ 333,3	6,3	\$ 2.100	6,5	\$ 2.166	5,6	\$ 1.866
Frascos	Unidad	\$ 1.300,0	10	\$ 13.000	10	\$ 13.000	9	\$ 11.700
Mano de obra	Hora	\$ 2.872,7	2,5	\$ 7.182	2,5	\$ 7.182	2,5	\$ 7.182
Servicios públicos				\$ 495		\$ 500		\$ 502
COSTO TOTAL			\$ 52.027		\$ 53.994		\$ 49.256	
COSTO UNITARIO			\$5.100		\$4.999		\$5.296	

Teniendo en cuenta los costos de producción se observó que el néctar de variedad Pensilvania cuesta \$4.999 por unidad de 900 ml, el néctar Anna \$5.100 y el néctar Winter \$5.296 (pesos colombianos), esto se debe a mejores rendimientos en extracción de pulpa para la variedad Pensilvania. El costo de los néctares también se ve afectado por la diferencia en los °Brix de cada pulpa, a

mayor cantidad de sólidos solubles, menor gasto de azúcar en la formulación final del néctar.

Análisis sensorial.

Para el análisis sensorial se invitaron 14 panelistas consumidores habituales de néctar de frutas, los resultados arrojados en el análisis de aceptabilidad del néctar se pueden resumir en el diagrama de bloques de la Figura 4.

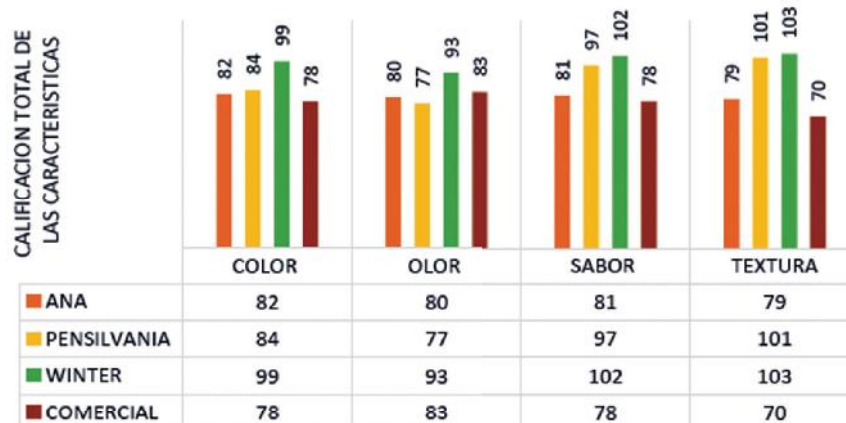


Figura 4. Evaluación de las características de los néctares de manzana.

Se observó que las características de color, olor, sabor y textura para los cuatro néctar evaluados por los panelistas, son similares debido al adecuado balance de materia realizado en la investigación, y a las propiedades físicoquímicas de las manzanas empleadas en el experimento, demostrando que las manzanas cultivadas en el departamento de Boyacá cuentan con la calidad necesaria para realizar procesos agroindustriales que den valor agregado al cultivo y generen ingresos adicionales a los agricultores.

Al evaluar cada uno de los parámetros de manera individual se pudo constatar; que para el caso del color, el producto comercial presenta una tonalidad mucho más oscura comparado con los néctares obtenidos con manzanas del departamento de Boyacá, esto se debe a reacciones bioquímicas que involucran los compuestos fenólicos del fruto y el oxígeno que los rodea (Charley, 2012), dicha reacción también llamada pardeamiento enzimático, es frecuente en manzanas después de sufrir un daño mecánico en sus tejidos (Michelis, 2008). Los productos formulados en la investigación no presentaron reacciones de oscurecimiento a causa del buen manejo de la materia prima en el momento del proceso y a la utilización de agentes inhibidores de pardeamiento como el metabisulfito de sodio, el ácido cítrico, y el control de variables como la temperatura y el tiempo (Gutiérrez, 2008). También se puede concluir que las variedades utilizadas en la investigación son poco susceptibles a cambios de color durante su agroindustrialización.

Con respecto al olor, las manzanas contienen compuestos aromáticos muy agradables (Charley, 2012) como el etil-2-metilbutirato y el hexanal -2-hexanal. Se evidenció que durante el proceso agroindustrial, variables como la temperatura y el tiempo no afectaron los compuestos aromáticos considerablemente comparado con el néctar comercial.

El sabor está influenciado por los procesos psicofisiológicos que resultan de la estimulación de receptores situados en la boca y en la cavidad nasal de las personas. (Hernandez, 2005). Para esta investigación se observó diferencias significativas entre tratamientos debido a la posible heterogeneidad de las características físicoquímicas que presentaban cada una de las manzanas.

La textura está relacionada con las sensaciones detectadas por el tacto, especialmente en la cavidad bucal que hace referencia a la impresión percibida (Gutiérrez, 2008), la utilización de estabilizantes como la carboximetilcelulosa en agroindustria, aumentan la viscosidad del néctar de manzana y evitan la separación de fases en almacenamiento (Bosquez & Colina, 2012), según la legislación nacional vigente, se permiten porcentajes de hasta un 10% en pulpa para estos productos (Resolución 3929 del Ministerio de Salud y Protección Social, 2013), el alto contenido de pulpa que se adicionó en la formulación de los néctar, aporta al mejoramiento de la textura de los néctar elaborados y se convierte en una ventaja competitiva frente a otros ofrecidos en el mercado.

Análisis estadístico

Para el caso del análisis estadístico, se recopilaron los datos arrojados de la evaluación sensorial y se ingresaron al paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21. Los puntajes numéricos de cada muestra se tabularon y estudiaron utilizando el análisis de varianza (ANOVA), realizando comparación de medias para cada tratamiento por medio de la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$); así se determinó si existe diferencia significativa en el promedio de los puntajes asignados a las muestras.

Las hipótesis de investigación planteadas para la evaluación estadística de los resultados de cada una de las características fueron:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \mu_\alpha$

$H_i: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \dots \mu_\alpha$

Análisis de la característica color

Ho: La característica color en los cuatro néctares de manzana son los mismos.

H1: Al menos uno de los néctares evaluados presenta diferencias significativas en el color.

En las Tablas 3 y 4 de ANOVA se observa que el valor p se encuentra por encima de 0,05, lo que indica que la hipótesis nula no se rechaza, concluyendo que los panelistas no perciben diferencia significativa en el color de los 4 néctares evaluados.

En la Figura 5, se observa que la media de los néctares elaborados con las variedades de manzana Anna, Pensilvania y comercial se encuentran cercanas al promedio de la media global, y la media del néctar variedad Winter supera el promedio, saliendo como el mejor calificado en esta característica

Tabla 3. One factor ANOVA característica Color

Mean	N	Std. Dev	
5,9	14	1,10	Anna
6,0	14	1,88	Pensilvania
7,1	14	1,27	Winter
5,6	14	2,14	Comercial
6,1	56	1,71	Total

Tabla 4. ANOVA table característica Color

Source	SS	Df	MS	F	p-value
Treatment	18,05	3	6,018	2,20	0,0988
Error	142,07	52	2,732		
Total	160,13	55			

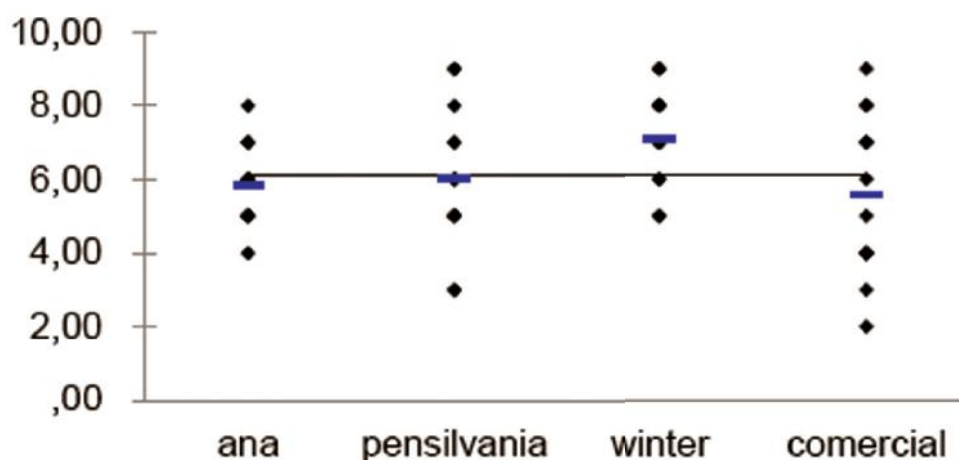


Figura 5. Comparación por grupos característica Color

El análisis de la característica olor

Ho: El olor en los cuatro néctares de manzanas son los mismos.

H1: Al menos uno de los néctares evaluados presenta diferencias significativas en el olor.

En las tablas 5 y 6 ANOVA se observa que el valor p se encuentra por encima de 0,05, lo que indica

que la hipótesis nula no se rechaza, ya que no hay diferencia significativa en el color de los 4 néctares evaluados. En la figura 6 se percibe que la media de los néctares elaborados con las variedades de manzana Anna, Pensilvania y comercial se hallan cercanas al promedio de la media global, siendo de nuevo, la variedad Winter la mejor evaluada por los panelistas.

Tabla 5. One factor ANOVA característica olor

Mean	n	Std. Dev	
5,7	14	1,54	Anna
5,5	14	1,40	Pensilvania
6,6	14	1,01	Winter
5,9	14	1,98	Comercial
5,9	56	1,54	Total

Tabla 6. ANOVA table característica olor

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatment	10,34	3	3,446	1,49	,2288
Error	120,50	52	2,317		
Total	130,84	55			

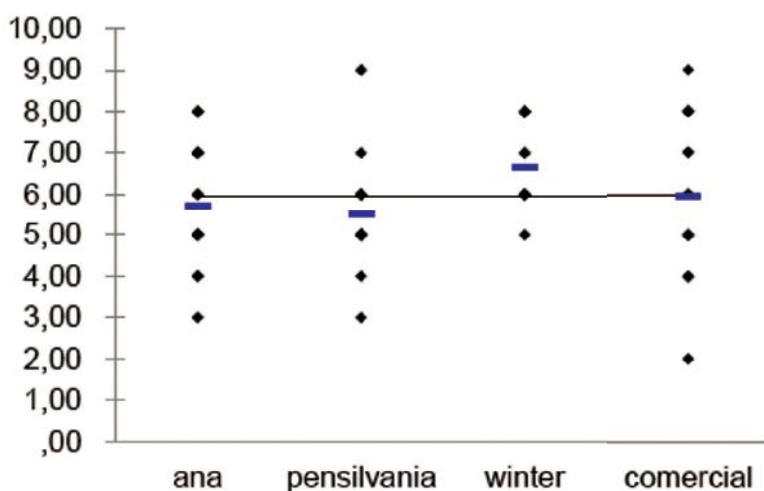


Figura 6. Comparación por Grupos característica Olor

Paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21

El análisis de la característica sabor

H₀: El sabor de los cuatro néctares de manzana son los mismos.

H₁: Al menos uno de los néctares evaluados presenta diferencias significativas en el sabor.

En las Tablas 7 y 8 ANOVA se observa que el valor p se encuentra por debajo de 0,05, lo que indica que la hipótesis nula se rechaza, concluyendo que existen diferencias significativas en al menos uno de los néctares evaluados. En la Figura 7 se observa que la media de los néctares elaborados con las variedades de manzana Anna y Comercial se encuentran cercanas al promedio de la media global, mientras que Pensilvania y Winter están mejor calificados al estar por encima de la media global.

Tabla 7. One factor ANOVA de característica Sabor

Mean	N	Std. Dev	
5,8	14	1,25	Anna
6,9	14	1,98	Pensilvania
7,3	14	1,59	Winter
5,6	14	2,28	comercial
6,4	56	1,91	Total

Tabla 8. ANOVA table característica Sabor

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatment	29,79	3	9,929	3,01	,0384
Error	171,57	52	3,299		
Total	201,36	55			

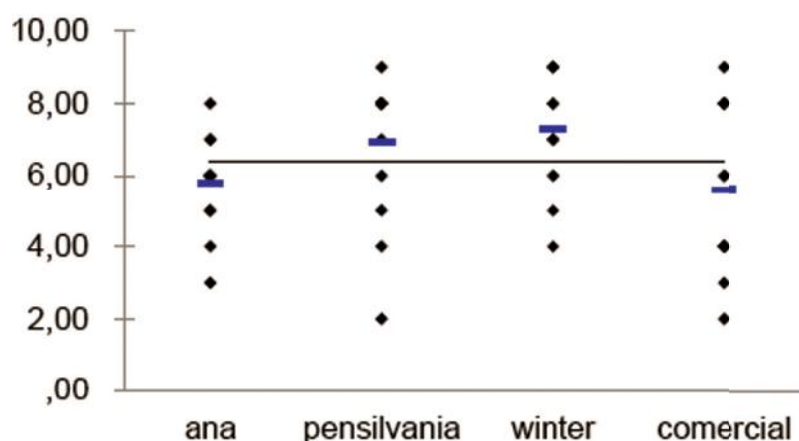


Figura 7. Comparación por Grupos característica Sabor

Paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21

El análisis de la característica TEXTURA.

Ho: La textura en los cuatro néctares de manzanas son los mismos.

H1: Al menos uno de los néctares evaluados presenta diferencias significativas en la textura.

Ho: se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

En las Tabla 12 y 13 ANOVA se observa que el valor p se encuentra por encima de 0,05, lo que indica que la hipótesis nula se rechaza, ya que hay diferencia significativa en la textura en dos de los 4 néctares evaluados.

En la Figura 8 se observa que la media de los néctares elaborados con las variedades de manzana Anna y Comercial se encuentran cercanas al promedio de la media global, por otro lado se observa que la media del néctar elaborado con la manzana variedad Pensilvania y Winter se encuentran por encima de la media global indicando que tuvieron una buena calificación comparado con las otras muestras evaluadas,

Tabla 12. One factor ANOVA característica Textura

Mean	N	Std. Dev	
5,6	14	0,93	Anna
7,2	14	1,19	Pensilvania
7,4	14	1,50	Winter
5,0	14	2,00	Comercial
6,3	56	1,75	Total

Tabla 13. ANOVA table característica Textura

Source	SS	df	MS	F	p-value
Treatment	57,05	3	19,018	8,93	,0001
Error	110,79	52	2,130		
Total	167,84	55			

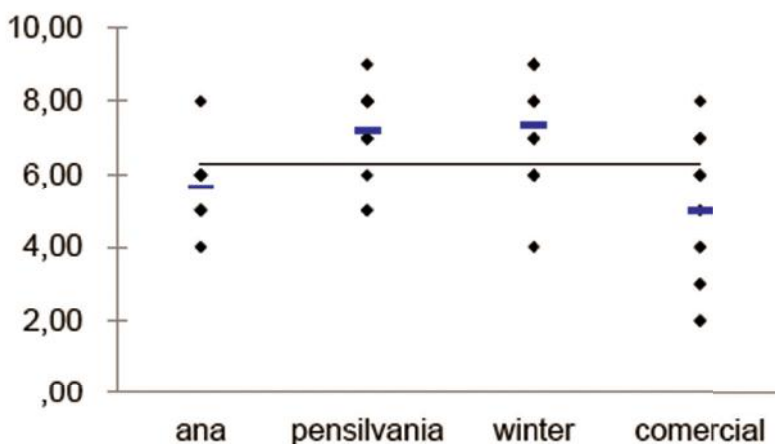


Figura 8. Comparación por Grupos característica Textura
Paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21

Conclusiones

El costo de producción para el proceso resulta favorable, puesto que la rentabilidad puede superar el 40%, generando un producto competitivo en el mercado, dada la calidad y el valor agregado como alimento.

El rendimiento de extracción de pulpa de manzana (*Pyrus malus* L.) arroja que la variedad Pensilvania tiene una pérdida de 18%, seguida de Anna un 21% y Winter 30% de pérdida durante la extracción.

Los néctares de manzana elaborados con las variedades Anna, Pensilvania y Winter, cultivadas en el departamento de Boyacá, Colombia, son óptimos para su transformación agroindustrial por sus características fisicoquímicas °Brix, pH y contenido de materia seca, lo que genera una ventaja comparativa con los productos comerciales.

Los costos de producción se ven afectados directamente por la materia prima obtenida durante la extracción de pulpa. El 79.7% de los costos están representados por el azúcar, el envase y la materia prima.

Los néctares elaborados presentan propiedades organolépticas similares a los productos comerciales.

Los resultados arrojados del análisis estadístico muestran que en las primeras características -color y sabor- no se encuentran diferencias significativas entre los cuatro néctares, y en las características de olor y textura existen pequeñas diferencias significativas en los 4 productos.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos por la colaboración prestada en la Planta de Procesamiento de Alimentos de la Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias de la UPTC Duitama, al Grupo de Investigación CERES.

Literatura citada

1. Agrimundo. (2014). Agrimundo. Obtenido de Europa: Tendencias de consumo de jugos y néctares. Recuperado de: <http://www.agrimundo.cl/?p=28291>
2. Agronet. (2001). Agronet. Obtenido de Perfil de productos bebidas de frutas
3. Alcaldía de Nuevo Colón. (2016). Recuperado de: http://www.nuevocolon-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml
4. Arenas, E., Pacheco, J., Fisher, G., & Lopez, C. (1991). Micropropagación de manzano. En Documento IV (págs. 27 - 28). Tunja: UPTC.

5. Arenas, E., Pacheco, J., Fischer, G., & Lopez, C. (1991). Micropropagación de manzano. En Documento IV (págs. 27 - 28). Tunja: UPTC.
6. Avila, C., Robles, A., Miranda, D., & Fischer, G. (2013). Tecnologías locales y utilizadas en los sistemas de producción de frutales caducifolios en zonas productoras de Colombia y sus limitantes. (ASOFRUCOL, Ed.) FRUTAS Y HORTALIZAS(30), 36 - 39.
7. Becerra, C., & Gallardo, C. (2015). Competitividad de las empresas agroindustriales de Boyacá. Revista Criterio Libre, 228 - 252.
8. Bosquez, E., & Colina, M. (2012). Proceso térmico de frutas y hortalizas (2a ed. ed.). Mexico: Trillas.
9. CAFI. (2016). El consumo mundial de la manzana crece. Obtenido de Camara Argentina de Fruticultores Integrados. Recuperado de: <http://www.cafi.org.ar/el-consumo-mundial-de-la-manzana-crece-2/>
10. Campos, T. (1991). El cultivo de manzano en Colombia. En U. Corporacion Andina de Fomento - CAF, Micropropagacion de manzano (págs. 25 - 28). Tunja: UPTC - Tunja.
11. Casierra, F. (2012). Manzano y Peral. En Manual para el cultivo de frutales en el tropico (págs. 657 -681). Produmedios.
12. Charley, H. (2012). Tecnología de alimentos. Limusa.
13. Cheftel, J., & Cheftel, H. (1992). En Introduccion a la bioquímica y tecnología de los alimentos (Vol. 1, pág. 291). CARIBIA.
14. Cortes, M., & Chiralt, A. (2008). Cinetica de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina E. *Revista de la facultad de quimica farmaceutica*, 8 - 10.
15. EXPOFRUT. (s.f.). Recuperado de: http://www.expo-frut.com.ar/PDF/ficha_manzana.pdf.
16. Good Fruit Grower. (2014). Good Fruit Grower. Obtenido de Good Fruit Grower. Recuperado de: <http://www.goodfruit.com/worldwide-apple-crop-looking-big/>
17. Gutiérrez, J. (2008). Ciencia Bromatologica. Diaz de Santos.
18. Hernandez, E. (2005). Evaluacion sensorial. Bogota: Universidad Nacional Abierta y Adistancia – UNAD.
19. Mera, N. (2013). Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3262/1/10036.pdf>.
20. Michelis, A. (2008). Elaboracion y conservación de frutas y hortalizas. Buenos Aires: Hemisferio sur.
21. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2007). La Industria procesadora de Frutas y Hortalizas en Colombia. Bogotá D.C: MADR.
22. Pinto, A., Lemus, A., & Puentes, G. (2016). Elaboracion de néctar de durazno (*Prunus persica* L.) endulzado con sucralosa como aprovechamiento de pérdidas poscosecha. *RIAA*, 6(2), 221 - 230.
23. Puentes, G. (2006). Sistema de produccion de frutales caducifolios en el departamento de Boyaca. *Revista equidad y desarrollo*, (5), 39 - 46.
24. Puentes, G., Rodriguez, L., & Bermúdez, L. (2008). Análisis de grupo de las empresas productoras de frutales caducifolios del departamento de Boyacá. *Agro-nomia Colombiana*, 146 - 154.
25. Ramires, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Artículo. Cali , Colombia : Universidad del Valle – Colombia.
26. Superintendencia Industria y Comercio. (2011). Estudios de Mercado Cadena productiva de las hortalizas en Colombia diagnóstico de libre competencia (2009-2011). Colombia
27. URPA - EVAS. (2014). Producción de frutales caducifolios, rendimientos de producción, municipios productores, variedades sembradas actualmente. Tunja.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 25 de enero de 2016
Aceptado: 10 de marzo de 2016

Análisis de valoración contingente de restauración ecológica de una cantera en Soacha, Cundinamarca, Colombia

Analysis of contingent valuation of ecological restoration of a quarry in Soacha, Cundinamarca, Colombia

Análise de valoração contingente de restauração ecológica de uma pedreira em Soacha, Cundinamarca, Colômbia

Lina Melissa Tequia Mayorga¹ & David Andrés Camargo Mayorga²

¹Ecóloga. ²Economista, Magister en Educación.

¹Pontificia Universidad Javeriana. ²Docente de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias Económicas. Miembro del Grupo de Estudios Contemporáneos en Contabilidad, Gestión y Organizaciones. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Colombia

¹melitequia@gmail.com, ²david.camargo@unimilitar.edu.co

Resumen

La investigación tuvo como objetivo analizar la disponibilidad a pagar por la realización de la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro, por parte de los habitantes de la vereda Panamá, en el municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia. Metodológicamente se aplicaron encuestas y una entrevista al líder comunitario de la comunidad con el fin de conocer la percepción acerca del ambiente, la restauración y la minería. La información recopilada fue analizada a través de estadísticas descriptivas. Los resultados muestran que los niveles socio-económicos de la población influyen directamente en la toma de decisiones en cuanto al valor monetario ofrecido para la realización de la restauración.

Palabras clave: economía ambiental, ecología, minería, disponibilidad a pagar.

Abstract

The research had as objective analyze the availability to pay by the realization of the restoration ecological of the quarry Cave of the Fox, from them inhabitants of the sidewalk Panama, in the municipality of Soacha, Cundinamarca, Colombia. Methodologically were applied surveys and an interview to the leader community from the community to know the perception about the environment, the restoration and the mining. The information collected was analyzed through descriptive statistics. The results show that the socio-economic levels of the population directly influence decisions regarding the monetary value offered for the completion of the restoration.

Key-words: environmental economics, ecology, mining, availability to pay.

Resumo

A pesquisa teve como objetivo analisar a disponibilidade de pagamento pela realização da restauração ecológica da pedreira Cueva del zorro pelos habitantes do local Panamá, em Soacha, Cundinamarca, Colômbia. Seguindo a metodologia, foram feitas pesquisas e uma entrevista ao líder comunitário da comunidade com a finalidade de conhecer a percepção sobre o ambiente, a restauração e a mineração.

A informação recolhida foi analisada usando estatística descritiva. Os resultados mostraram que níveis socioeconômicos da população influenciam diretamente nas decisões enquanto ao valor monetário oferecido para a realização da restauração.

Palavras-chave: economia ambiental, ecologia, mineração, disponibilidade de pagamento.

Introducción

Cada vez más son las exigencias en cuanto a regulación, control, composición y corrección de los impactos que pueda generar cualquier plan, obra o actividad, lo que incluye la minería, por lo que las comunidades se inquietan ante la posibilidad de cualquier cambio en su bienestar; motivo por el cual distintas disciplinas tienen como objetivo estimar los costos y beneficios no vislumbrados por los planes, obras y actividades; mediante técnicas como la valoración contingente, incluida dentro de la rama de la economía ambiental (Grajales, s.f.).

La degradación y destrucción de ecosistemas a nivel global, debido a diferentes factores ha acelerado la crisis ambiental en los últimos años, ya que se ven reducidos los múltiples servicios ambientales que prestan los ecosistemas, como por ejemplo la producción de agua, fijación de CO₂, suelos productivos, biodiversidad, coberturas vegetales que evitan la erosión. Los índices de destrucción de los ecosistemas permanecen aceleradamente producido por prácticas agrícolas, ganaderas, industriales y de explotación no sostenible (Vargas & Reyes, 2011).

Debido a la constante necesidad del ser humano por crear un entorno con una mejor infraestructura, se ha generado un deterioro de los ecosistemas que va en aumento, debido a la explotación directa que existe sobre estos. Diversas son las

actividades que causan estos problemas sobre los ecosistemas; un claro ejemplo de estas es la minería, la cual tiene efectos tanto directos como indirectos; entre los primeros podemos encontrar la remoción de suelo, considerado el componente más afectado en la explotación minera, la pérdida de cobertura vegetal, cambios físico-químicos del sustrato; entre los segundos podemos encontrar la interrupción o pérdida de flujos energéticos – ecológicos y el aumento en el riesgo de deslizamientos, lo cual representa un riesgo para la sociedad (Rozo, 2007).

Las canteras son un tipo de actividad minera a cielo abierto que elimina en su totalidad los componentes de los ecosistemas como son la cobertura vegetal, la fauna y el suelo, además de alterar las condiciones microclimáticas de las zonas en donde se ha realizado la actividad. La minería ha tenido un crecimiento acelerado en el último periodo de tiempo (Fedesarrollo, 2008). En América Latina y en el caso específico de Colombia ha tenido una gran inversión por parte de grupos empresariales extranjeros, debido a que la minería es rentable y aporta empleos e impuestos al país que la acoge (Vicente *et al.*, 2011), conllevando a un crecimiento económico y al desarrollo en términos de infraestructura.

En el caso particular del municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia, esta actividad se realiza

con fines de extracción de materiales pétreos para la construcción de infraestructura: centros comerciales, carreteras, viviendas, entre otras; Soacha está clasificada como un área con aptitud para la explotación; existen 5 veredas en las cuales se realiza esta actividad .panamá, el charquito, fusunga, alto de la cabra y alto de la cruz-, en esta área se encuentran arseniscas, cuarzosas de grano fino y piedra zonga las cuales se denominan como la formación Guadalupe, las cuales cuentan con afloramientos rocosos del Cretácico superior. Dichos espacios están ubicadas en zona de falla, lo cual facilita la explotación debido al grado de fracturación presente en las rocas (Alcaldía de Soacha, s.f.).

Teniendo en cuenta que Soacha es un municipio en constante crecimiento 4.8 %, superior a la media nacional del 1.7% y a Bogotá con el 2.1% (DANE, 2003), la demanda de infraestructura se hace más urgente e intensa, adicional a esto se debe tener en cuenta que dicha actividad de explotación no es exclusiva para el uso y empleo en el municipio, ya que es transportado y utilizado en las zonas aledañas, como Bogotá, implicando volúmenes aún mayores de extracción y por consiguiente mayores impactos y repercusiones, tanto sociales como ambientales. La falta de implementación de acciones y planes de manejo para estas áreas degradadas conlleva a que en el momento del abandono de la cantera se generen problemas de índole social, de salud, de seguridad etc. (Milgrom, 2007); para evaluar los efectos existen metodologías alternativas como lo es la valoración contingente –MVC-, la cual es una herramienta o método para estimar el valor de bienes y servicios, para los cuales no se ha generado un valor en el mercado basándose en preguntas direccionadas a los actores principales.

Herramientas como la valoración contingente son de gran valor debido a que reflejan el interés de

los actores por recuperar o mantener un bien o servicio que está siendo afectado. La MVC busca estimar la máxima disposición a pagar de un individuo por el mantenimiento o mejora de un bien de no mercado o, la mínima disposición a ser compensado por la pérdida o disminución del disfrute del mismo bien (Kristrom & Riera, 1994). Para la comunidad es importante tener información tangible que demuestre el valor del ambiente, solo entonces valdrá la pena conservarlo, cuidarlo y darle un manejo consiente. Eso acerca a la sociedad a decidir cuánto están dispuestos a sacrificar para conservar el ambiente y los beneficios que este les genera (Tomasini, s.f). Por tanto, la intención de esta investigación es tener una perspectiva de las posturas tanto de los propietarios, como de los trabajadores, compradores y la misma comunidad, frente al caso de la restauración de la cantera Cueva del zorro del municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia.

Metodología

El área de estudio se encuentra situada al sur del municipio de Soacha, la vereda Panamá, está ubicada adyacente a la vía que conduce a la vereda de Fusungá y es una de las zonas rurales de este municipio, en dicha vereda está ubicada la cantera Cueva del zorro (Ver Figura 1). La cantera está en un predio de 10.5919 ha, y se encuentra dentro de las cotas de 2.614 msnm y 2.730 msnm. Hidrográficamente los drenajes de importancia en el área de estudio conducen sus aguas hacia la red de alcantarillado y aguas lluvias de Soacha, siendo la más importante la que corresponde a la cuenca del Río Soacha. Soacha es uno de los municipios colombianos que presenta un mayor grado de desorden físico, espacial y ambiental; con importantes problemas en términos sociales, laborales, de seguridad y de contaminación (Alcaldía de Soacha, 2012).

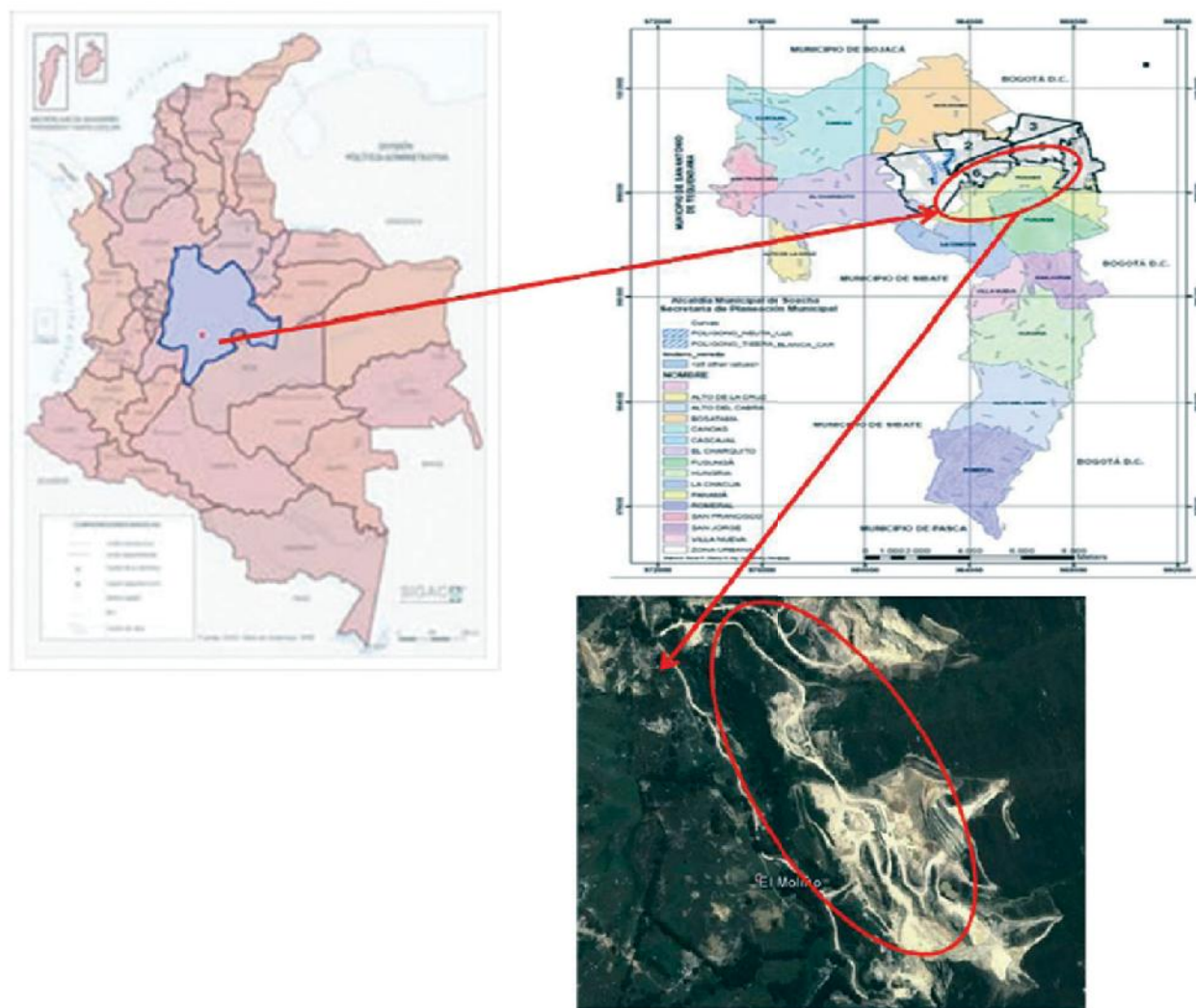


Figura 1. Localización geográfica de la vereda panamá en el municipio de Soacha Cundinamarca, Colombia.

Fuente: Modificado por los autores de http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/mapas_municipio.shtml, y Google Earth para imagen satelital de la cantera Cueva del zorro.

La orientación metodológica de esta investigación es analítica explicativa, con herramientas cualitativas y cuantitativas, en donde se indaga la disponibilidad a pagar por la restauración ecológica por parte de la comunidad afectada por la actividad minera de la vereda panamá en el municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia. Se llevaron a cabo tres fases principales (Figura 2). La fase preliminar en donde se compilo información bibliográfica clave, acerca de temas como la valoración contingente y la restauración ecológica de canteras, en esta fase también se hizo reconocimiento del área de estudio por medio de la observación directa. Posteriormente se inició la fase de campo

en la cual se realizaron 5 salidas al área de estudio, en las cuales se desarrollaron 100 encuestas aleatorias a habitantes en la zona de influencia directa de la cantera Cueva del zorro, para elegir el numero representativo de muestra se tuvo en cuenta la población inmediata al área de estudio, es decir aquella que se ve afectada directamente e inmediatamente por las actividades mineras, y una entrevista al líder comunitario de la vereda. Finalmente, se tuvo la fase de análisis, en la cual se presentaron los datos y se analizaron, además de realizarse el debido análisis de estos por medio de pruebas estadísticas mediante el uso del programa Stata 10.0.

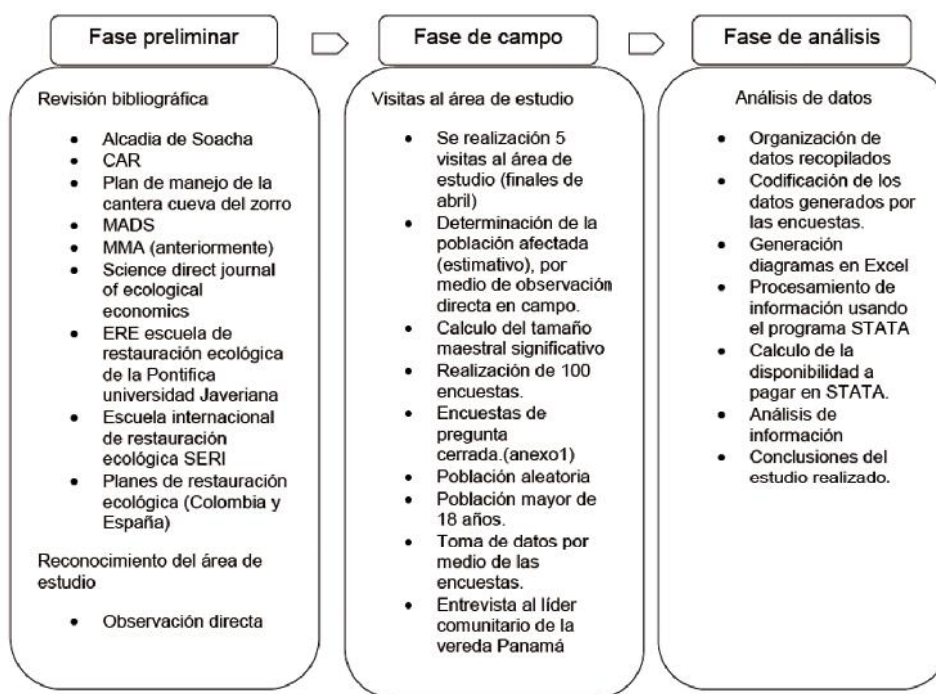


Figura 2. Diagrama metodológico de las fases de la investigación.

Se implementó la metodología con base en la bibliografía revisada, la información primaria se tomó directamente en el área de estudio por medio de 5 visitas a la vereda Panamá en Soacha, se usaron herramientas cuantitativas y cualitativas dentro de las primeras se realizaron encuesta y para las segundas se realizó una encuesta al líder comunitario de la vereda panamá. Para las encuestas la muestra se eligió aleatoriamente; esta debía cumplir con el criterio cuantitativo y cualitativo, el primero indica que el número debería ser significativo para el estudio, y el segundo debe presentar exactamente las mismas cualidades y características de la población de la cual se extrae (Downie & Heath, 1983; De la Rosa, 2008) para lograr esto se realizó una observación directa para identificar la población afectada inmediatamente.

Según datos del Sisben (2013) la vereda Panamá presenta una población de aproximadamente 400 habitantes; mediante la fase de campo se realizó una observación directa y un diálogo con algunas personas para obtener información clave acerca de la población afectada, de lo cual se estipuló que la población afectada era alrededor de 200

personas, debido a que estas son las personas que viven alrededor de la cantera, y las cuales se ven mayormente afectadas. A partir de esto se realizó el análisis estadístico para hallar el número muestral representativo, dando como resultado el tamaño muestral significativo como 132 individuos, pero solo fue posible la realización de 100 encuestas, debido a la disposición de las personas por lo cual también se recurrió a la realización de dos entrevistas a los líderes comunitarios de la vereda Panamá; estas encuestas fueron domiciliarias y se realizaron a cada persona cabeza de hogar, y de esta forma captar a su vez la información general de la familia, y tomar la posición de este individuo como la del hogar, abarcando de esta forma un número mayor de opiniones, respecto al tamaño muestral. Teniendo en cuenta el estado civil de casados de la gran mayoría de individuos, y el número de hijos y familiares con los que viven; el estudio abarcó más de 200 opiniones diferentes, sobrepasando de este modo el tamaño significativo de la muestra.

La información obtenida de las encuestas realizadas, se tabuló y por medio de estadística descriptiva,

enfrentando la variable dependiente en este caso DAP frente a las demás variables (Tabla 1) se analizó mediante el programa estadístico STATA (1985),

para evaluar la disponibilidad a pagar sobre la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro por parte la población encuestada.

Tabla 1. Descripción de variables utilizadas en la encuesta.

Variable	Explicación
Edad	Años del individuo
Nivel de escolaridad	Años de educación terminados
Dap (disponibilidad a pagar)	Elección entre si y no de acuerdo a su disposición a pagar
Importancia del ambiente	Perspectiva del individuo hacia el medio ambiente.
Nivel de ingresos	Ingresos personales netos mensuales
Actividades mas dañinas	Actividades que causan mayor impacto en de municipio de Soacha
Valor dado	Valor monetario dado por el individuo, respecto a la disposición a pagar por la restauración ecológica.

La encuesta se basó en preguntas de tipo cerrado, el cuestionario usado fue de tipo directo debido a que la población encuestada completo el formato personalmente; estas encuestas fueron realizadas en la vereda panamá en el municipio de Soacha, se diligenciaron casa por casa en la zona delimitada como zona de influencia directa.

La entrevista realizada fue semi-estructurada, lo cual indica que esta compuestas por puntos definidos pero estos van tomando mayor o menor profundidad a medida que se va realizando el dialogo con el entrevistado, pero aun asi presenta una estructura estandarizada por su forma y orden y a que abordan el mismo tema.

Resultados

Percepción del ambiente

Respecto a la percepción que tienen los encuestados habitantes de la vereda Panamá en el municipio de Soacha, por medio de la realización de las encuestas. Se obtuvo que el 86% de los encuestados

considera importante el cuidado del medio ambiente, frente a un 14% que no considera importante cuidar el medio ambiente (Figura 3)

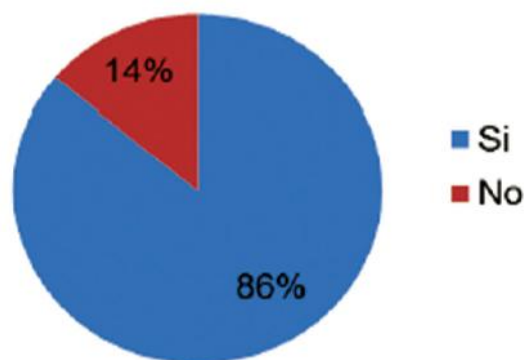


Figura 3. Percepción de la importancia del ambiente por parte de los encuestados.

En la Figura 4 se evidencia la decisión de los encuestados acerca de las actividades que consideran mas dañinas para el medio ambiente en el municipio de soacha cundinamarca, de 4 opciones dadas en la encuesta estos eligieron dos, de estas dos la minería obtuvo un valor de 76%, frente a las fabricas e industrias con un valor de 24%.

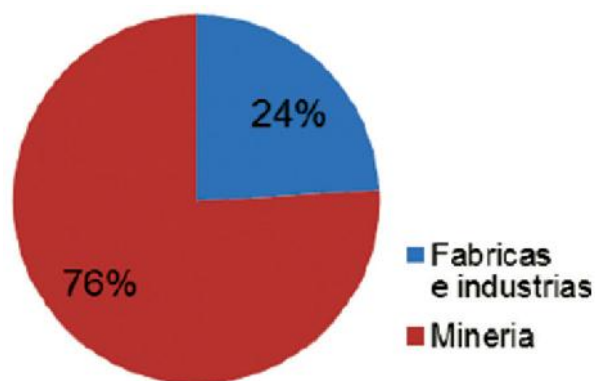


Figura 4. Actividades mas dañinas para el medio ambiente.

A los encuestados se les cuestionó acerca de la necesidad de restaurar las áreas degradadas por la minería realizada por la cantera Cueva del zorro de lo cual se evidencio que el 16% consideran que no es importante realizar una restauración en dichas áreas, y un 84% que razonan que es importante darle una restauracion a las areas restauradas (Figura 5).

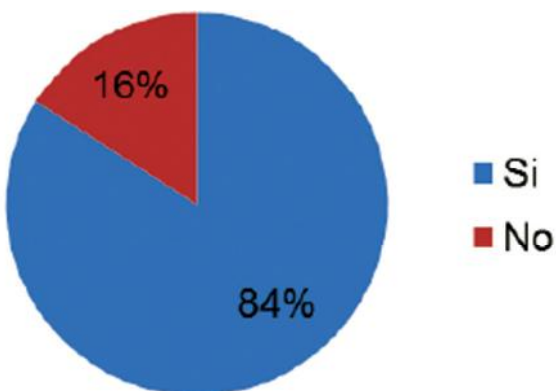


Figura 5. Necesidad de restauracion para areas degradadas de la cantera Cueva del zorro.

DAP Disponibilidad a pagar

De acuerdo a los datos obtenidos por medio de las encuestas realizadas se enfrentaron diversas variables con a la disponibilidad a pagar por la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

En relación a la proporción de género de los encuestados, dio como resultado que de 44 mujeres en el estudio, solo 4 (9%) tienen la disposición a pagar por la restauración ecológica; por su parte de los 56 hombres 14 (25%) tiene la disposición a pagar (Figura 6).

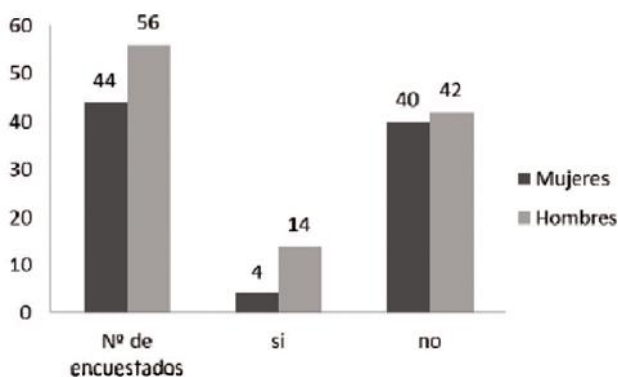


Figura 6. DAP según género de los encuestados.

Con respecto a los intervalos de edad obtenidos por medio del estudio, se encontró que el intervalo que muestra mayor disponibilidad a pagar es aquel entre los 30- 39 años de edad con 8 personas (28.5% del intervalo) dispuestas a pagar por la restauración, seguido del intervalo de edad de más de 50 años, con 4 personas (22.2% del intervalo) dispuestas a pagar por la restauración ecológica, estando en 3 lugar el intervalo de edad entre 40-49 años con 4 personas (11.7% del intervalo),y finalmente el intervalo entre 20-29 años ninguna persona mostro disposición a pagar por la restauración ecológica (Figura 7).

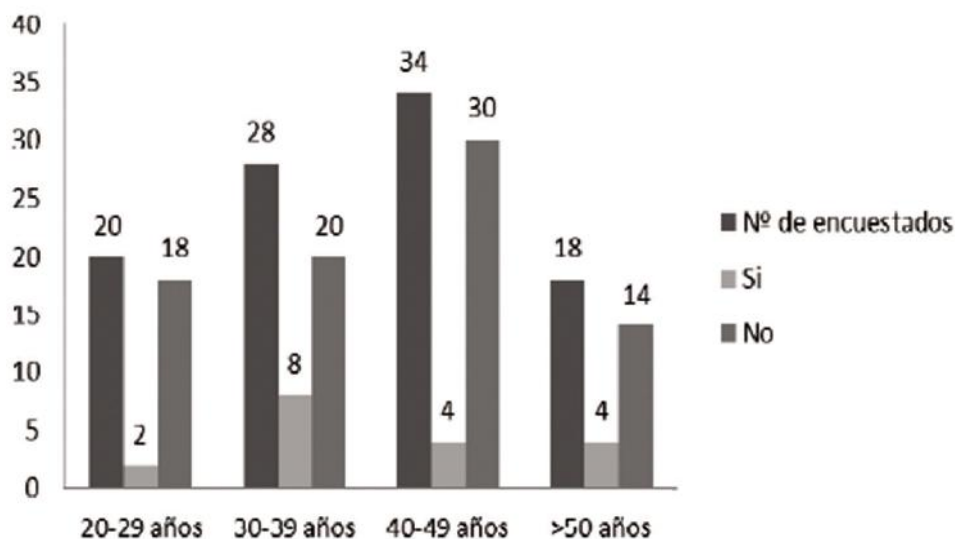


Figura 7. DAP por intervalo de edad.

La disposición a pagar frente a la variable número de hijos, en la cual se demuestra que de los encuestados aquellos que presentan la mayor disponibilidad a pagar por la restauración son los cuales tienen un solo hijo, dentro de esta categoría se encontraron 24 personas de las cuales 12 es decir el 50% de la categoría, mostraron una disposición a

pagar, seguido de este aquellos con 2 hijos los cuales 6 (30% de la categoría) evidencian que estarían dispuestos a pagar, posteriormente se encuentran los datos de los que presentan 3 hijos, de estos 2 personas (6.25% de la categoría) están dispuestos a pagar, y finalmente aquellos con 4 hijos ninguno mostró una disposición a pagar (Figura 8).

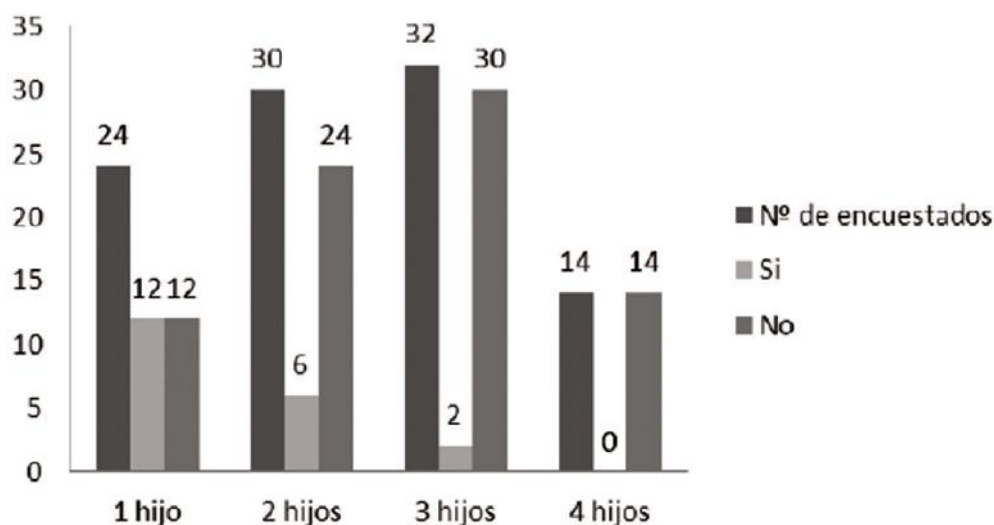


Figura 8. DAP frente a número de hijos.

En la Figura 9 se muestra la relación entre el nivel de escolaridad y la disposición a pagar por la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro. Donde se evidencia que el nivel de escolaridad con la mayor proporción de las personas dispuestas a pagar es aquella con estudios técnicos, de las cuales 4 de las 4 están dispuestas a pagar, seguido

de aquellas con bachillerato de las cuales 10 de las 36 (27.7%) respondieron positivamente a la disponibilidad a pagar, en cuanto a aquellos con estudios de primaria 4 de los 44 encuestados (9%) muestran una disponibilidad a pagar, en último lugar se ubican las personas que no tienen estudios las cuales ninguna presenta una disponibilidad a pagar.

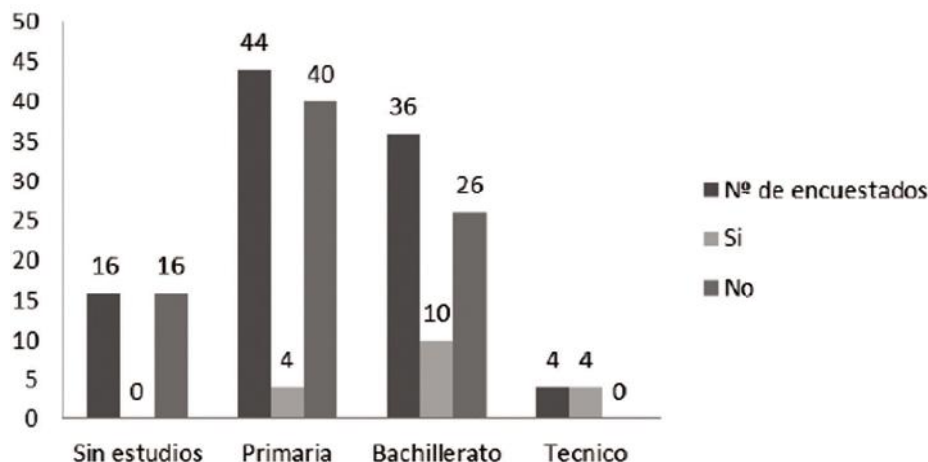


Figura 9. DAP frente a nivel de escolaridad.

En la Figura 10 se muestra el caso del ingreso familiar relacionado a la disponibilidad a pagar en donde el intervalo con mayor disponibilidad a pagar es las personas que tienen ingresos con más de 800 mil pesos, evidenciando que 6 de las 6 están dispuestas a pagar, para las personas que presentan ingresos familiares entre 700-799 mil de los 24, 8 (33.3%) están dispuestos

a pagar, seguido de las personas que tienen ingresos familiares entre 600-699 mil de los cuales solo 4 personas (28.5%) contestaron positivamente respecto a la disponibilidad a pagar. Para los rangos entre 300-399 mil, 400-499 mil y 500-599 mil ninguno de los encuestados mostró que estuviera dispuesto a pagar por la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro.

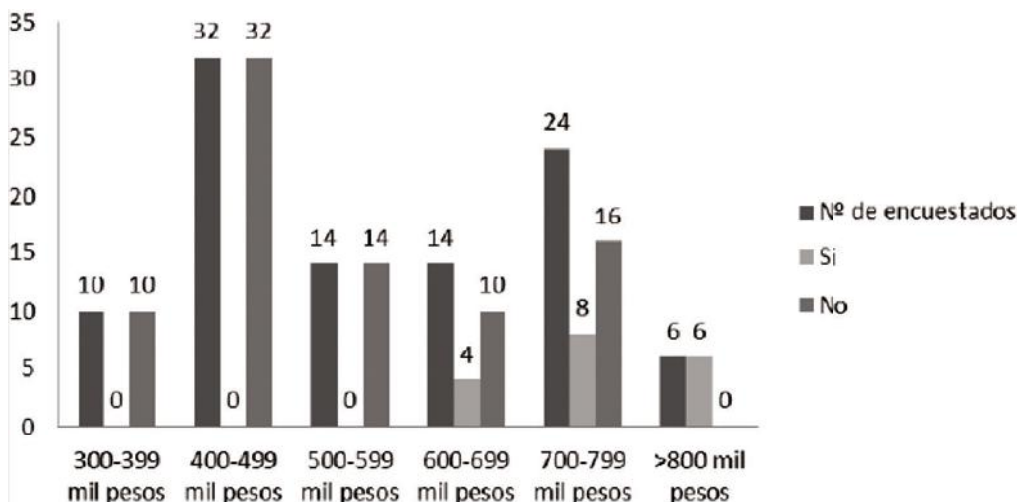


Figura 10. DAP por ingreso familiar.

En general, los datos obtenidos de las encuestas cuando a la población evaluada se le presenta el caso hipotético de tener que pagar por realizar la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro en el municipio de Soacha. De lo cual resulto: 82% de las personas no pagarían ningún valor, seguido del

2% los cuales estarían dispuestos a pagar 1.000 pesos para realizar la restauración. El valor que sigue es el de 2.000 pesos para lo cual 6 personas se mostraron dispuestas a pagar, el 8% estarían dispuestas a pagar 3.000 pesos y el 2% restante mostro disponibilidad a pagar 5.000 pesos (Figura 11).

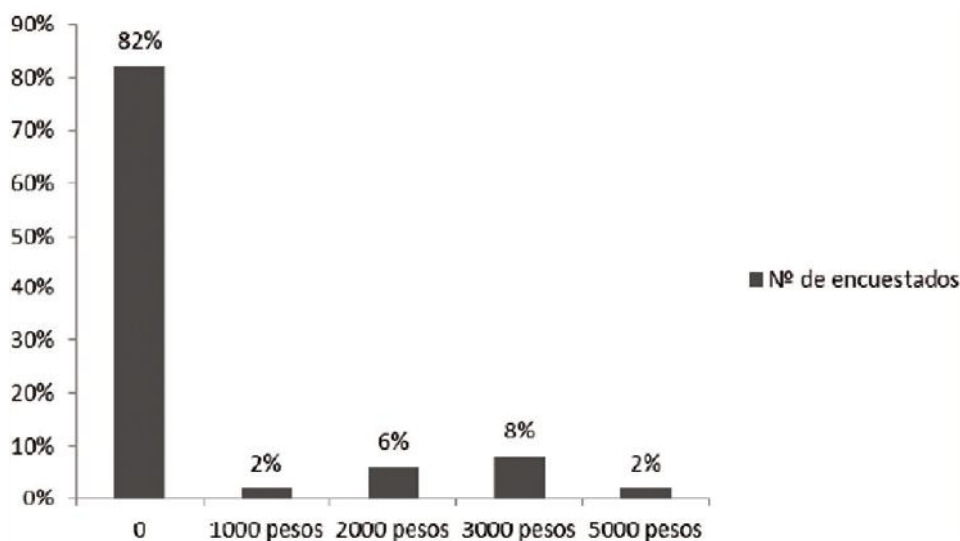


Figura 11. DAP de los encuestados.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia en la comunidad de la vereda Panamá del municipio de Soacha que el medio ambiente para la gran mayoría de la población encuestada es de gran importancia; esto, debido principalmente al hecho que se encuentran ubicados en un área rural. Consecuente con lo anteriormente mencionado la población encuestada demostró un gran interés por la restauración y recuperación de las áreas degradadas por la actividad minera en la cantera Cueva del zorro, ya que como puede verse en los resultados es la actividad que consideran más dañina y perjudicial para la calidad ambiental de la zona.

Contrario a la importancia que se le otorga al ambiente, la necesidad de restauración evidenciada por la comunidad y la consideración de la actividad minera como uno de los mayores detonantes de la degradación ambiental. Esta investigación reveló

una falta de integración de la comunidad hacia el pago de un impuesto destinado a la realización de la restauración ecológica en las áreas degradadas. Esta información se puede evidenciar en los resultados de las encuestas, los cuales demuestran que solo 18 de las 100 personas encuestadas mostraron estar dispuestos a pagar por dicha restauración; lo cual es muy bajo para una comunidad que aun viéndose afectada por la minería de la cantera Cueva del zorro y con la posibilidad de cambiar el panorama en cuanto al mejoramiento en la calidad ambiental y calidad de vida, deciden no hacerlo porque les implica un gasto monetario adicional.

La disponibilidad a pagar se vio afectada por diferentes variables socioeconómicas; en primera medida se observó que claramente está condicionada por el nivel de ingresos, el número de hijos y el nivel de escolaridad, aunque también se ve una clara tendencia con respecto a los intervalos de edad y al género.

La DAP disponibilidad a pagar es directamente proporcional al nivel de ingresos, de acuerdo con los resultados obtenidos, mostrándose que las personas que están dispuestas a pagar el mayor monto son además las que mayor ingreso mensual obtiene; mientras que aquellas que obtienen menos del mínimo no están dispuestas a pagar. Esto debido a que viven en una comunidad de estrato 1, bajo-bajo, ubicada en el municipio de Soacha, cuyo nivel de desempleo es muy alto (Alcaldía de Soacha, 2012), y los cuales cuentan con muy pocos recursos económicos; por lo tanto viéndose influenciados por su condición socio-económica al momento de dar un juicio de valor con respecto a la encuesta realizada en el estudio; y aun presentando una conciencia respecto a la necesidad de la restauración de la cantera Cueva del zorro y respecto a los perjuicios ambientales y en términos de salud que esta actividad genera, no presentan la posibilidad de pagar por lo anteriormente mencionado.

Según la mayor parte de los encuestados, la responsabilidad de la restauración es única y exclusiva de la empresa generadora de los daños, y no de los particulares. Lo anterior se relaciona directamente con el concepto de *free-rider*, problema del polizón, de acuerdo con el cual, las personas no se responsabilizan por el pago del cuidado de los bienes de uso común, ya que esperan que estos costos sean asumidos por otros, aun si el beneficio es colectivo, debido a que el pago es individual (Olsson, 1965).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente acerca del tema del polizón, gran parte de la población, se debe hacer un énfasis en el monto -valor dado, valor ofrecido a pagar- de la disponibilidad a pagar, ya que aquellos que afirmaron tener una disposición a pagar por la restauración ecológica seleccionaron en su gran mayoría los valores opcionales de la encuesta más bajos.

El nivel de escolaridad demostró ser influyente; al igual que en el caso del ingreso mensual familiar, la disponibilidad a pagar mostro ser directamente proporcional al nivel de estudios de los encuestados, ya que en los niveles educativos más altos se presentó la mayor proporción de personas dispuestas

a pagar por la restauración, evidente en el caso de los técnicos, de los cuales el 100% afirmó estar dispuesto a realizar el pago; a medida que este nivel descende, esta disponibilidad a pagar se reduce, llegando al caso de aquellos encuestados sin estudios, cuya disposición a pagar es nula. Esto comprueba lo mencionado por Sepúlveda (2011), ya que al tener mayor educación, presentan mayores conocimientos y responsabilidad hacia el ambiente.

Para el caso del número de hijos presentado por parte de los encuestados, se encontró en cambio, a diferencia de los casos anteriores una condición inversamente proporcional al momento de la disposición a pagar, ya que como pudo ser visto en los resultados del estudio entre menor sea la cantidad de hijos por familia estos presentan una disposición a pagar mayor.

En cuanto a la relación de género y disponibilidad a pagar no se demostró interés por parte de las mujeres, ya que 44 mujeres encuestadas solo 4 dijeron estar dispuestas a dar un impuesto (caso hipotético) por la restauración ecológica de la cantera cueva del zorro, esto se puede ser debido al hecho que en su mayoría las encuestadas son madre cabeza de familia, por lo cual consideran el pago por la restauración, un costo extra que no pueden afrontar dadas sus condiciones socioeconómicas. Esto también puede ser producto del nivel de estudio de las encuestadas, debido a que los 4 técnicos son hombres, y la mayor parte de los que tienen estudios medios también son de este género, por lo tanto se puede evidenciar con este estudio como la falta de educación en el género femenino condiciona radicalmente su visión al medio ambiente, mientras que los hombres presentan un mayor nivel de educación en la gran mayoría de los encuestados razón por la cual hay un mayor número de encuestados de este género que presentan disposición a pagar.

El comportamiento de los encuestados de la vereda panamá en el municipio de Soacha frente a la restauración ecológica de la cantera cueva del zorro, se acerca al *homo economicus* (interés individual) alejándose totalmente de interés social (*homo reciprocantes*) el cual busca el beneficio social (Gintis, 2000).

Según Ostrom (1990) en donde se afirma que en toda sociedad siempre va a existir alguna o algunas personas que actúan como gorriones los cuales buscan beneficiarse de los aportes que realizan los demás, en este caso los encuestados no están dispuestos a realizar un pago por la restauración ecológica pero esperan que otros lo hagan por ellos aun viendo beneficiados por la restauración ecológica.

Conclusiones

La condición socioeconómica de las personas es directamente influyente en la toma de decisiones que involucren un componente monetario.

La disponibilidad a pagar por parte de la comunidad de la vereda panamá por la restauración ecológica de la cantera Cueva del zorro no es significativa, debido a que de 100 encuestados solo 18 mostraron interés por pagar un impuesto adicional para la realización de esta actividad, lo cual genera preocupación ya que las personas aun viéndose afectadas en términos de salud y calidad de vida por la actividad minera, ofreciéndoles la opción de pagar por mejorar esta condición, caso hipotético, muestran una preferencia por salvaguardar su dinero e invertirlo en lo que ellos consideran de mayor importancia como lo es el alimento o los servicios entre otros.

La valoración ambiental no es significativa en el estudio de poblaciones con niveles socioeconomicos bajos, ya que aun si estas personas tuvieran el interés por pagar cierta cantidad de dinero, no podrían hacerlo por la condición en la que se encuentran.

Es importante realizar programas de educativos para la vereda Panamá en el municipio de Soacha, debido a que se demostró que el nivel educativo de las personas incide directamente en la toma de decisiones hacia el medio ambiente.

Es necesario buscar alternativas en la valoración contingente del ambiente, para el caso de comunidades de escasos recursos, ya que los resultados obtenidos con técnicas tradicionales producen grandes sesgos debido a que no son precisos.

Literatura citada

1. Alcaldía de Soacha (s.f). Documentos sobre el municipio. Sector minero. Recuperado de: <http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/index.shtml?apc=v-xx1-&x=1439698>
2. Alcaldía de Soacha (2012). Recuperado de: http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml
3. DANE (2003). Censo experimental de Soacha. Comunicado de prensa. 13 junio 2003, Recuperado de: http://www.dane.gov.co/files/prensa/comunicados/cp_censo_experim_soacha4.pdf
4. De la Rosa, A. (2008). Bioestadística. México: manual moderno.
5. Downie, N. & Heath, R. (1983). Metodos estadísticos aplicados. México: editorial HARLA.
6. Fedesarrollo (2008). La minería en Colombia: Impacto socioeconómico y fiscal. Recuperado de: <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/La-miner%C3%ADa-en-Colombia-Informe-de-Fedesarrollo-2008.pdf>
7. Grajales, P. (s.f.). Valoración contingente del impacto ambiental de la construcción de la infraestructura vial del proyecto hidroeléctrico Porce III: aplicación a las microcuencas del área de influencia directa. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5607/1/paulaandreagrajales.2005.pdf>
8. Gintis, H. (2000). Beyond homo economicus: evidence from experimental economics. *Ecological Economics*. 35(3): 311-322.
9. Kristrom, B. & Riera, P. (1997). El método de la valoración contingente. Aplicaciones al medio rural español. *Economía Agraria*, 179: 133-166.
10. Milgrom, T. (2007). Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. *Landscape and Urban Planning*, 87(3): 172-179.
11. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Plan Nacional de Restauracion: restauracion ecologica, rehabilitacion y recuperacion de areas disturbadas. República de Colombia.
12. Olson, M. (1965). The logic of collective action, 2ª ed., Cambridge: Harvard University Press, 1971 [La lógica de la acción colectiva, México: Limusa, 1992].
13. Ostrom, E. (1990) Governing the commons: the evolution of institutions for collective action. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
14. Roza, N. (2007). Efecto de la aplicación de mezclas de biosólidos y estériles sobre las primeras etapas de la sucesión en la Antigua arenera Juan Rey. Bogotá-DC. (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana.
15. Sepúlveda, C. (2011). Análisis de la percepción y disposición a pagar por la Huella de Carbono de leche fluida en consumidores de la ciudad de Valdivia. (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.

16. Singh, A. *et al.* (2002). Plantations as a tool for mine spoil restoration. *Curr. Sci.*, 82: 1436–1441.
17. Sisben (2013). Base de datos de población sisbenizada de la vereda panamá municipio de Soacha, Cundinamarca.
18. Tomasini, D. (s.f). Valoracion económica del ambiente. Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola.
19. Vargas, O. & Reyes, S. (2011). La restauración ecológica en la práctica: memorias I congreso colombiano de restauración ecológica y II simposio nacional de experiencias en restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2011.
20. Vicente, A., Martin, N., James, D., Birss, M., Lefebvre, S. & Bauer, B (2011). Minería en Colombia ¿a qué precio?. PBI Colombia, 18, 2-47.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 22 de marzo de 2016

Aceptado: 03 de mayo de 2016

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 sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

Henao Zambrano, J.C. & Barreto Cruz, O.T. (2016). Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sachá 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.

Volumen 7 Número 2 Julio – Diciembre de 2016

Remoção de partículas similares aos oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta ascendente usando um coagulante natural: estudo em escala piloto

Romero Méndez, I. M., Pérez Ginoris, Y., Silveira Brandão, C. C. & Ferreira Nascimento, M. (2016). Remoção de partículas similares aos oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta ascendente usando um coagulante natural: estudo em escala piloto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 15-24.

Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico por sitio de la fertilidad del suelo

Lince Salazar, L. A. & Sadeghian Khalajabadi, S. (2016). Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico por sitio de la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 25-37.

Phytochemical variability between Colombian accessions of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown

Cardona Montoya, J. O. & Muñoz Flórez, J. E. (2016). Phytochemical variability between Colombian accessions of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 39-49.

Riesgos biológico y químico en planta de compostaje de ingenio azucarero, Valle del Cauca, Colombia

López Villalobos, I. D., Muñoz, A. M. & Muñoz, M. (2016). Riesgos biológico y químico en planta de compostaje de ingenio azucarero, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 51-72.

Análise qualitativa e quantitativa da arborização urbana de um bairro no Bauru, São Paulo, Brasil.

Borgiani, R., Baldo De Arruda, Y., Sanchez Carlos, J., Bohrer Monteiro Siqueira, M.V. & Dorival Coral, J. (2016). Análise qualitativa e quantitativa da arborização urbana de um bairro no Bauru, São Paulo, Brasil. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 73-85.

Propagación y crecimiento inicial del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres.

Pinilla Céspedes, H., Medina Arroyo, H. H., Torres Torres, J. J., Córdoba Urrutia, E., Córdoba Moreno, J. C., Mosquera Ampudia, Y. & Martínez Guardia, M. (2016). Propagación y crecimiento inicial del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), utilizando semillas silvestres. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 87-97.

Development of a protocol for the in vitro establishment of *Stevia rebaudiana* Bertoni Morita II variety

Aguilar Marín, S. B., Laitón Jiménez, L. A., Mejía García, F. E. & Barrera Sánchez, C. F. (2016). Development of a protocol for the in vitro establishment of *Stevia rebaudiana* Bertoni Morita II variety. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 99-106.

Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono

Molina, R. A., Sánchez Guerrero, H., Uribe, J. R. & Atzori, A. S. (2016). Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 107-119.

Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq)

Romero-Lozada, M. P., Enciso Murillo, C.F., Garcia, S. M., Wagner Guerrero, J. J. Puentes-Páramo, Y.

J. & Menjivar-Flores, J. C. (2016). Eficiencia de uso de nutrientes en ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) y habanero (*Capsicum chinense* Jacq). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 121-127.

Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana

Ramírez Cano, C. (2016). Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 129-43.

La nueva ruralidad en la educación: percepciones de la comunidad académica universitaria de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Pita Morales, L. A. & González Santos, W. (2016). La nueva ruralidad en la educación: percepciones de la comunidad académica universitaria de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 145-155.

Costos y rendimientos de producción de tres néctares de manzana (*Pyrus malus* L.) variedades Anna, Pensilvania y Winter

Pinto Medina, D. A., Fernández Vargas, Y. & Martínez Quintero, E. (2016). Costos y rendimientos de producción de tres néctares de manzana (*Pyrus malus* L.) variedades Anna, Pensilvania y Winter. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 157-169.

Análisis de valoración contingente de restauración ecológica de una cantera en Soacha, Cundinamarca, Colombia

Tequia Mayorga, L. M. & Camargo Mayorga, D.A. (2016). Análisis de valoración contingente de restauración ecológica de una cantera en Soacha, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 7 (2), julio-diciembre, 171-183.

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. The 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. *Engeniiering 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 (galleys) 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

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 eletrônicas 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 seção Literatura Citada e vice-versa.

IV. Esclarecimento

Os autores assumem a responsabilidade de devolver à revista as correções 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.

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

AGRARIA y AMBIENTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

Sede Nacional José Celestino Mutis

Calle 14 Sur No. 14-23

PBX: 3443700 - 3444120

Bogotá, D.C. Colombia

riaa@unad.edu.co

www.unad.edu.co/riaa