Revista de Investigación

Agraria y Ambiental

Volumen 8 Número 2

ISSN. 2145 - 6097

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

Bogotá, Colombia. Julio - Diciembre de 2017

UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Volumen 8 Número 2 julio-diciembre de 2017
ISSN 2145-6097

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Volumen 8 Número 2 – julio-diciembre de 2017 – ISSN 2145-6097

Cuerpo directivo

JAIME ALBERTO LEAL AFANADOR
Rector UNAD

CONSTANZA ABADÍA GARCÍA
Vicerrector 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
Vicerrector de Servicios a Aspirantes,
Estudiantes y Egresados

LUIGI HUMBERTO LÓPEZ GUZMÁN
Vicerrector de Relaciones Internacionales

JULIALBA ÁNGEL OSORIO
Decana Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente

JENNY FABIOLA HERNÁNDEZ
Líder Nacional de Investigación UNAD

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

REINALDO GIRALDO DIAZ
Director Editor

LIBIA ESPERANZA NIETO GÓMEZ
Coeditora

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

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

Jardín en Quiba Alta, Bogotá.
Tomada y cedida por: Ana Victoria Díaz

IMPRESIÓN
PICTOGRAMA S.A.S.

INFORMACIÓN, CORRESPONDENCIA, SUSCRIPCIONES Y CANJE
REVISTA DE INVESTIGACIÓN AGRARIA Y AMBIENTAL

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 Sur N. 14-23 Bogotá, Colombia
Teléfonos: (571) 344 3700 ext. 1529
e-mail: riaa@unad.edu.co
La revista puede consultarse en su versión electrónica en:
http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/index

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).

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.

ACADEMIC SEARCH COMPLETE ofrece una gran colección de revistas académicas multidisciplinarias en texto completo, proporcionando a los usuarios acceso a información crítica de muchas fuentes únicas. Además, incluye texto completo revisado por pares. El contenido académico cubre una amplia gama de importantes áreas incluyendo antropología, ingeniería, derecho, ciencias y muchas más.

REDIB (RED IBEROAMERICANA DE INNOVACIÓN Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO) es una plataforma para la agregación de contenidos científicos y académicos en formato electrónico en el espacio Iberoamericano. REDIB proporciona acceso y facilita la difusión y ejecución del trabajo científico. Los destinatarios de esta información son tanto la comunidad académica y sociedad en general, así como los responsables de la política científica y aquellos encargados de ponerla en práctica y analizarla.

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.

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

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 Agricultultural Science Collection, ProQuest SciTech Collection y ProQuest Natural Science Collection.

ProQuest Agricultultural 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.

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.

Índice

Editorial

Reinaldo Giraldo Díaz & Libia Esperanza Nieto Gómez 13

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Percepción local del componente arbóreo en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia

Local perception of the tree component in agricultural farms in the dry zone of northern Tolima, Colombia

Percepção local do componente da árvore em fazendas agrícolas na zona seca do norte do Tolima, Colômbia

Erika Sierra Ramírez, Hernán Jair Andrade Castañeda & Milena Andrea Segura Madrigal 17

Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia

Sustainability of high mountain livestock systems in Colombia

Sustentabilidade dos sistemas bovinos de pecuária de alta montanha na Colômbia

Raúl Andrés Molina Benavides & Hugo Sánchez Guerrero 29

Acuerdos de pesca en los lagos de Tarapoto: alternativa de gestión para los bienes comunes en la Amazonia colombiana

Fisheries agreements in the Lakes of Tarapoto: alternative management for common goods in the Colombian Amazon.

Acordos de pesca nos lagos de Tarapoto: alternativa de Gestão para os bens comuns na Amazônia Colombiana

Catalina Trujillo Osorio, Liseth Johanna Escobar & Fernando Trujillo González 37

Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofiticas

Resistance induced to blight disease of rice panicle by inoculating endofiticas bacteria

Resistência induzida à doença da panela do panicol por inoculação de bactérias endofíticas

Manuel José Peláez Pelaez & Sandra Ximena Vivas Londoño 51

Technological, economic and environmental evaluation of rice husk gasification in a biorefinery context to produce indirect energy as jet fuel

Evaluación tecnológica, económica y medioambiental de la gasificación de la cascarilla de arroz en un contexto de biorefinería para producir energía indirecta como combustible de jet

Avaliação tecnológica, econômica e ambiental da gaseificação da casca de arroz em um contexto de biorrefinagem para produzir energia indireta como combustível para jatos

Juan Jacobo Jaramillo Obando & Angie Vanessa Arias Suns 61

Identificación de ácidos grasos y compuestos fenólicos de los aceites extraídos a partir de semillas de *Ulex europaeus*

Identification of fatty acids and phenolic compounds of the oils extracted from seeds of Ulex europaeus

Identifiação de ácidos graxos e fenólicos dos óleos extraídos de sementes de Ulex europaeus

José Camilo Torres Romero, Myriam Janeth Ortega Torres, Diana Marcela Rojas Pinzón, Jhon Infante-Betancour & Leslie Yaneth Leal Mejía. 71

Caracterización metálica de material particulado PM_{10} en la atmósfera de Fonseca, La Guajira, Colombia

Metallic characterization of PM_{10} particulate material in the atmosphere of Fonseca, La Guajira, Colombia

Caracterização de metal de partículas PM_{10} na atmosfera de Fonseca, La Guajira, Colômbia

Carlos Julio Doria Argumedo 79

Caracterización y distribución vertical de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y hospederos en ecosistema de selva en sur de Perú

Characterization and vertical distribution of vascular epiphytes -orchids and bromeliads- and hosts in rainforest ecosystem in southern Perú

Caracterização e distribuição vertical de epífitas vasculares -orquídeas e bromélias- e hospedeiros em um ecossistema florestal no sul do Perú

Hilber Ariosto Hurtado Alza, Javier Orozco Ávila & Jhon Fredy Betancur Pérez 91

Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia

Strategic management of the production of sterile wastes of sustainable mining, using eco-efficient mining practices in Colombia

Gestão estratégica da produção de resíduos estéreis de mineração sustentável utilizando práticas de mineração eco-eficientes na Colômbia

Efraín Casadiego Quintero, Andrés Giovanni Gutiérrez Bayona, Miguel Ángel Herrera Lopez & Martha Liliana Villanueva Paez. 107

Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*)

Elaboration of a compote using as thickener the starch of the Zaragoza bean (Phaseolus lunatus)

Desenvolvimento de um alimento tipo compota usando amido como espessante Zaragoza feijão (*Phaseolus lunatus*)

Yesid Alejandro Marrugo Ligardo, Isabel Cristina Rios-Dominguez, César Enrique Martínez Pájaro, Carlos Alberto Severiche-Sierra & José del Carmen Jaimes Morales. 119

Viabilidad en la producción de biomasa microalgal a partir de fotobioreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia

Viability in the production of microalgae biomass from solar photobioreactors in Valle del Cauca, Colombia

Viabilidade na produção de biomassa de microalgas de fotobiorreactores solares no Valle del Cauca, Colômbia

José Luis Ramírez Duque 127

Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia

Exploitation of agroindustrial waste in Colombia

Exploração de resíduos agroindustriais na Colômbia

Laura Victoria Peñaranda Gonzalez, Sandra Patricia Montenegro Gómez & Paula Andrea Giraldo Abad 141

Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a)

Effect of the use of chitosan in the improvement of rice cultivation (Oryza sativa L variety sd20a)

Efeito do uso de quitosano na melhoria da cultura do arroz (*Oryza sativa* L. variedade sd20a)

José Alejandro Molina Zerpa, Marinela Colina Rincón, Dianela Rincón & José Alejandro Vargas Colina 151

Desarrollo de material didáctico multimedia del cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales

Development of multimedia teaching material of plant tissue culture with agricultural and environmental applications

Desenvolvimento de material de ensino multimídia de cultura de tecidos de plantas com aplicações agrícolas e ambientais.

Oscar Agudelo Varela, Miguel Macgayver Bonilla Morales & Adriana Carolina Aguirre Morales 167

La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual

The green economy: a necessary environmental and social change in today's world

A economia verde: uma mudança ambiental e social necessária no mundo de hoje

Oscar Iván Vargas Pineda, Juan Manuel Trujillo González & Marco Aurelio Torres Mora 175

Etnobotanica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia

Ethnobotanical and uses of the plants of the rural community of Sogamoso, Boyacá, Colombia

Etnobotânica e uso de plantas na comunidade rural de Sogamoso, Boyacá, Colômbia

Manuel Galvis Rueda & Manuel Torres Torres 187

DOCUMENTOS DE TRABAJO

La academia en el pacto intersectorial por la madera legal en Colombia

The academy in the intersectoral agreement for legal timber in Colombia

A academia no pacto intersetorial para madeira legal na Colômbia

William Ricardo Díaz Santamaría 207

Caracterización socio-económica del corregimiento La Pampa zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Socio-economic characterization of the corregimiento La Pampa rural area of the municipality of Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Caracterização socioeconômica da área rural La Pampa do município de Palmira, Valle del Cauca, Colômbia.

Holbein Giraldo Paredes 221

Evaluación del grado de aceptación de las primeras impresiones en potros recién nacidos mejorando el adiestramiento adulto

Evaluation of the degree of acceptance of first impressions in newborn colts improving adult training

Avaliação do grau de aceitação das primeiras impressões em potros recém nascidos, melhorando o treinamento de adultos

María del Rosario Díaz Olaya & Héctor Henry Hernández Naranjo 233

Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo

Genetic improvement in cattle through artificial insemination and artificial insemination at fixed time

Melhoria genética em bovinos através de inseminação artificial e inseminação artificial em horário fixo

Mayra Alejandra Marizancén Silva & Lucerina Artunduaga Pimentel 247

Cómo citar los artículos publicados en el Volumen 8 Número 2 julio-diciembre de 2017 262

Instrucciones para los Autores 265

Editorial

En Colombia, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -Colciencias diseña las políticas de ciencia, tecnología e innovación. Desde el año 2000, cuenta con un sistema de indización periódico de las revistas colombianas llamado Sistema Nacional de Indexación y Homologación de Publicaciones Especializadas de Ciencia, Tecnología e Innovación, el cual administra el Índice Bibliográfico Nacional Publindex (Colciencias, 2016).

En el año 2015 Colciencias inició una estrategia para rediseñar el Sistema Nacional de Indexación de Publicaciones Científicas y Tecnológicas Colombianas con el propósito de construir un sistema de valoración de las revistas nacionales a partir de criterios existentes y comúnmente aceptados para evaluar su gestión editorial, calidad de contenido, nivel de citación, regularidad y accesibilidad, en donde el objetivo principal era facilitar su inclusión en los sistemas internacionales de valoración de revistas científicas. En este sentido, y para fortalecer el proceso de Publindex, Colciencias diseñó la Política y el nuevo modelo de clasificación de revistas científicas con el cual valora la generación de artículos y revistas especializadas, haciendo particular énfasis en su visibilidad e impacto. Para el año 2016, Colciencias dio apertura a la primera convocatoria para la evaluación de revistas científicas de acuerdo con la Política para mejorar la calidad de las publicaciones científicas y el Modelo de clasificación de revistas científicas – 2016. Convocatoria que ha recibido muchas críticas, al respecto diversas instituciones han llamado la atención diciendo que la clasificación en Publindex no representa ningún prestigio nacional ni internacional para una revista colombiana y que dicha clasificación tampoco es tenida en cuenta por autores de otros países, ni hace más visibles los contenidos de una revista internacionalmente

En Colombia se halla abierto el debate. A los investigadores latinoamericanos que confían los resultados de sus investigaciones para publicación en RIAA, les reiteramos que el compromiso de RIAA es posicionarse como una de las revistas referentes a nivel mundial en el área agraria y ambiental. Por ello, aunque se consideran en sus procesos de publicación los lineamientos de Colciencias, el proyecto editorial de RIAA va mucho más allá y estará direccionándose en el futuro a lograr la inclusión en sistemas de indexación internacionales.

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

Colciencias (2016) Convocatoria para Indexación de Revistas Científicas Colombianas Especializadas – Publindex. Número 768. Recuperado de: http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-para-indexacion-revistas-cientificas-colombianas

Editorial

In Colombia, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -Colciencias designs the policies of science, technology and innovation. Since the year 2000, it has a system of periodic indexing of the Colombian magazines called National System of indexing and homologation of specialized publications of science, technology and Innovation, which manages the bibliographic Nacional index Publindex (Colciencias, 2016).

In the year 2015 Colciencias initiated a strategy to redesign the national system of indexing of Colombian scientific and technological publications with the purpose of building a system of valuation of the national journals from existing criteria and commonly accepted to evaluate their editorial management, content quality, citation level, regularity and accessibility, where the main objective was to facilitate their inclusion in the international systems of valuation of scientific journals. In this sense, and to strengthen the Publindex process, Colciencias designed the policy and the new classification model of scientific journals with which it values the generation of specialized articles and magazines, with particular emphasis on its visibility and impact. By the year 2016, Colciencias opened the first call for the evaluation of scientific journals in accordance with the policy to improve the quality of scientific publications and the classification model of scientific journals – 2016. Call that has received many criticism, in this respect several institutions have attracted attention saying that the classification in Publindex does not represent any national or international prestige for a Colombian magazine and that such classification nor is it taken into account by authors from other countries, nor does it make more visible the contents of an international journal.

In Colombia, the debate is open. To the Latin American researchers who entrust the results of their research for publication in RIAA, we reiterate that RIAA's commitment is to position itself as one of the world's leading magazines in the agrarian and environmental area. For this reason, although the guidelines of Colciencias are considered in their publishing processes, RIAA's editorial project goes much further and will be directed in the future to achieve inclusion in international indexing systems.

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

Colciencias (2016) Convocatoria para Indexación de Revistas Científicas Colombianas Especializadas – Publindex. Número 768. Recuperado de: http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-para-indexacion-revistas-cientificas-colombianas

Editorial

Na Colômbia, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -Colciencias projeta políticas de ciência, tecnologia e inovação. Desde 2000, possui um sistema de indexação periódica para revistas colombianas denominado Sistema Nacional de Indexação e Homologação de Publicações Especializadas em Ciência, Tecnologia e Inovação, que administra o Índice Bibliográfico Nacional de Publindex (Colciencias, 2016).

No ano de 2015, a Colciencias iniciou uma estratégia para redesenhar o Sistema Nacional de Indexação de Publicações Científicas e Tecnológicas da Colômbia com o objetivo de construir um sistema de avaliação das revistas nacionais a partir de critérios existentes e comumente aceito para avaliar seu gerenciamento editorial, qualidade de conteúdo, nível de citação, regularidade e acessibilidade, onde o principal objetivo foi facilitar sua inclusão nos sistemas internacionais de avaliação de revistas científicas. Nesse sentido, e para fortalecer o processo Publindex, Colciencias projetou a Política e o novo modelo de classificação de periódicos científicos com os quais valoriza a geração de artigos e revistas especializadas, com particular ênfase em sua visibilidade e impacto. Para o ano de 2016, Colciencias abriu o primeiro apelo à avaliação de periódicos científicos de acordo com a Política para melhorar a qualidade das publicações científicas e o Modelo de Classificação de periódicos científicos - 2016. Convocatoria que recebeu muitas críticas, No que diz respeito a várias instituições, chamou a atenção para o fato de que a classificação em Publindex não representa nenhum prestígio nacional ou internacional para uma revista colombiana e que essa classificação não é levada em consideração por autores de outros países nem tampouco torna mais visível o conteúdo de uma revista internacional.

Na Colômbia, o debate está aberto. Para pesquisadores latino-americanos que confiam nos resultados de suas pesquisas para publicação na RIAA, reiteramos que o compromisso da RIAA é posicionar-se como uma das principais revistas mundiais na área agrária e ambiental. Portanto, embora as diretrizes da Colciencias sejam consideradas em seus processos de publicação, o projeto editorial da RIAA vai muito mais longe e será direcionado no futuro para alcançar a inclusão em sistemas internacionais de indexação.

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

Colciencias (2016) Convocatoria para Indexación de Revistas Científicas Colombianas Especializadas – Publindex. Número 768. Recuperado de: http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-para-indexacion-revistas-cientificas-colombianas

Percepción local del componente arbóreo en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia

Local perception of the tree component in agricultural farms in the dry zone of northern Tolima, Colombia

Percepção local do componente da árvore em fazendas agrícolas na zona seca do norte do Tolima, Colômbia

Erika Sierra Ramírez [1], Hernán Jair Andrade Castañeda [2] & Milena Andrea Segura Madrigal [3]

[1]Bióloga, Investigadora asociada Grupo PROECUT.
[2] Ingeniero Agrónomo, Magister en Agroforestería, Doctor en Agroforestería.
[3]Ingeniera Forestal, Magister en Economía Ambiental.

[1,2,3] Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

[1]esierrar@ut.edu.co, [2]hjandrade@ut.edu.co, [3]masegura@ut.edu.co

Resumen

Se recopiló la percepción local de productores agropecuarios de seis municipios de la zona seca del norte del Tolima, Colombia, en relación con los árboles que mantienen en las fincas y sus interacciones con el ganado, suelo y biodiversidad; identificando diferencias entre fincas de tamaño mediano y grande. Se realizó un estudio descriptivo, para la compilación y representación del conocimiento agroforestal. Se hicieron entrevistas semiestructuradas a 14 productores por cada tamaño de finca. Los análisis descriptivos reconocieron los árboles representativos en la zona resaltando la presencia de la especie por tener características específicas, por ejemplo, más de 80% de los encuestados (>80%) dice que el Iguá (*Pseudosamanea guachapele*) presenta características para madera fina (82%), sombra (54%), estructura paisajística (36%) y forraje (11%). El uso del suelo presenta diferencias significativas en las áreas destinadas las actividades agropecuarias; sin embargo, no hay diferencias en las áreas destinadas a bosques y lotes de reforestación. La agricultura es la principal actividad en fincas medianas y grandes (72,9 ha ± 16,5 y 247,4 ± 53,0 ha, respectivamente). Los pobladores de la zona conocen las características de los árboles y su importancia; sin embargo, es necesario implementar prácticas de manejo para mantener e incrementar la sostenibilidad.

Palabras clave: biodiversidad, interacciones, ganaderos, servicios ecosistémicos.

Abstract

The local perception of agricultural producers from six municipalities in the dry zone of northern Tolima, Colombia, was compiled in relation to the trees that they maintain in the farms and their interactions with livestock, soil and biodiversity; Identifying differences between medium and large size farms. A descriptive study was carried out for the compilation and representation of agroforestry knowledge. Semi-structured interviews were made to 14 producers per farm size. Descriptive analyses recognized

the representative trees in the area highlighting the presence of the species by having specific characteristics, for example, more than 80% of respondents (> 80%) says that the Iguá (*Pseudosamanea guachapele*) presents characteristics for fine wood (82%), shade (54%), landscape structure (36%) and forage (11%). The use of soil presents significant differences in the areas destined for agricultural activities; however, there are no differences in areas destined for forests and reforestation lots. Agriculture is the main activity in medium and large farms (72.9 ha ± 16.5 and 247.4 ± 53.0 ha, respectively). The inhabitants of the area know the characteristics of the trees and their importance; however, it is necessary to implement management practices to maintain and increase sustainability.

Key-words: biodiversity, interactions, ranchers, ecosystem services.

Resumo

A percepção local de produtores agrícolas de seis municípios na zona seca do norte do Tolima, Colômbia, foi compilada em relação às árvores que mantêm nas fazendas e suas interações com gado, solo e biodiversidade; identificando diferenças entre fazendas de médio e grande porte. Foi realizado um estudo descritivo para a compilação e representação do conhecimento agroforestal. Foram feitas entrevistas semi-estruturadas para 14 produtores para cada tamanho de fazenda. As análises descritivas reconheceram as árvores representativas na área destacando a presença da espécie porque possuem características específicas, por exemplo, mais de 80% dos entrevistados (> 80%) disseram que Iguá (*Pseudosamanea guachapele*) apresenta características de madeira fina 82%), sombra (54%), estrutura da paisagem (36%) e forragem (11%). O uso da terra apresenta diferenças significativas nas áreas de atividades agrícolas; No entanto, não há diferenças nas áreas de florestas e lotes de reflorestamento. A agricultura é a principal atividade em fazendas médias e grandes (72,9 ha 16,5 e 247,4 ± 53,0 ha, respectivamente). Os habitantes da região conhecem as características das árvores e sua importância; no entanto, é necessário implementar práticas de gestão para manter e aumentar a sustentabilidade.

Palavras chave: biodiversidade, interações, criadores de gado, serviços ecossistêmicos.

Introducción

La economía en Colombia presenta alta dependencia de los recursos mineros, petroleros, agua y bosques para aumentar la producción, las divisas y la inserción en la economía mundial (Planeta Paz, 2012). En particular, el aumento de la producción agropecuaria se ha dado principalmente por el incremento del área sembrada y de una desordenada ampliación de la frontera agrícola desde las bajas tierras selváticas, hasta los páramos causando graves consecuencias sobre los ecosistemas (Baribbi & Spijkers, 2011). El análisis causal de la deforestación en Colombia, según el IDEAM (2017), indica que ésta se debe principalmente a la minería ilegal, conversión a áreas agropecuarias, tala ilegal e incendios forestales. El 50% de las zonas dedicadas al pastoreo en el país presentan algún nivel de degradación (Serrano, Mora & Piñeros, 2014). El departamento del Tolima registró 571 ha deforestadas durante el 2015 (IDEAM, 2015); mientras es considerado que en Colombia queda el 1% del área original del bosque seco tropical, y tan solo el 0,17% se encuentra en áreas protegidas en los parques naturales (Victorino, 2012), por lo que este ecosistema es clave para la conservación sostenible de la biodiversidad y la ordenación en el territorio colombiano.

El conocimiento local y el científico han permitido identificar la función de los árboles al proveer bienes (madera y alimento para el ganado) y servicios (sombra, fijación de carbono y conservación de la biodiversidad) (Esquivel *et al.*, 2003; Serrano *et al.*,

2014). Además, se conoce que los árboles disminuyen la temperatura ambiental, evitan el escurrimiento de agua, las inundaciones, disminuyen el nivel del ruido y la velocidad de viento, como también elimina los contaminantes del aire, dan belleza a los sitios, mejoran la salud mental, física y el bienestar de los seres humanos (Gerstenberga & Hofmanna, 2016).

Por lo general, al estar presente una especie arbórea en la zona generalmente hay conocimiento local de sus características, lo cual facilita su manejo y hace más probable que haya un comprensión de los usos y posibles mercados para sus productos (Beer, Ibrahim, Somarriba, Barrance & Leakey, 2004; Joya, López, Gómez & Harvey, 2004). Por ello, es necesario incluir a la comunidad en la generación de estrategias que les permita a las familias un mayor bienestar sin disminuir los servicios ecosistémicos (Villanueva, Ibrahim, Torres & Torres, 2008). La transmisión del conocimiento local de generación en generación ha desempeñado una función significativa en la solución de problemas, tal como los causados por el cambio climático (Andrade et al., 2013; Muñoz, Solarte & Navia, 2010). Dicho aprendizaje aplicado en cada zona puede contribuir a la restauración de pasturas degradadas, haciéndolas más productivas y generadoras de servicios ambientales, así como los sumideros de carbono y las alternativas estratégicas para reducir la presión sobre los bosques (FAO, 1988; Andrade, Brook & Ibrahim, 2008; Serrano *et al*., 2014). El objetivo de esta investigación fue caracterizar la percepción de productores agropecuarios locales sobre los árboles en fincas de la zona seca del norte del Tolima, reconociendo el potencial de mantener o incrementar los bienes y servicios de este ecosistema. Los resultados son claves para el diseño y manejo de sistemas silvopastoríles que tengan alto potencial de adaptabilidad, ya que se han considerado los deseos y necesidades de los productores locales.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se desarrolló en fincas agropecuarias del norte del Tolima, en los municipios de Alvarado, Venadillo, Lérida, Piedras, Ibagué y Armero-Guayabal (Figura 1). El área de estudio corresponde, según Holdridge, Grenke, Hatheway, Liang & Tosi (1971) a bosque seco tropical (Bs-T), con una temperatura anual promedio de 25 °C (valores mínimos de 19°C y máximos de 40°C) y una precipitación promedio de 1800 mm/año (IDEAM, 2017). En el área se destaca el relieve predominantemente con amplio número de fuentes hídricas, cuyas cuencas drenan la vertiente oriental de la cordillera central y son afluentes directas o indirectas del río Magdalena (Figura 1).

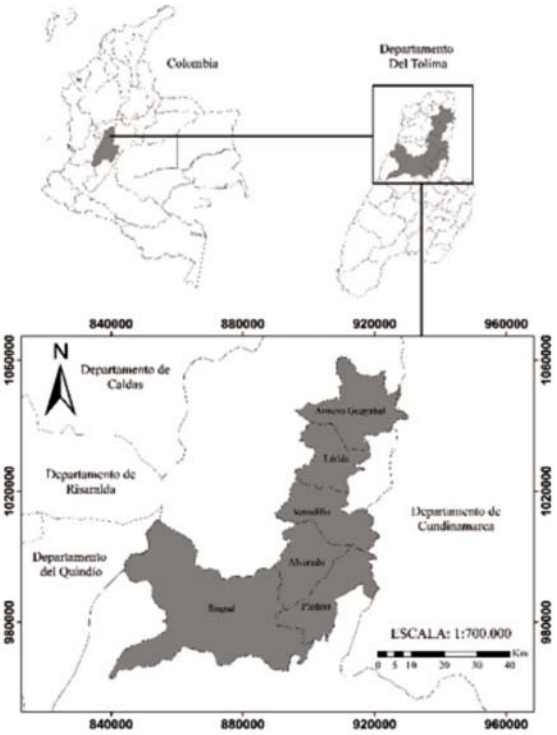

Figura 1. Ubicación de los municipios de la zona seca del norte del Tolima seleccionados.

Fuente: Andrade *et al*., (2017).

El área presenta especial desarrollo agropecuario y elemento fundamental para la construcción social y económica de la región; sin embargo, no hay una armonía entre el desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales (Vanegas, 2002). La principal producción de alimentos en esta zona son el aguacate, panela, carne de ganado bovino, arroz, maíz, sorgo, yuca, plátano y frutales como el

mango o cítricos, de los cuales el 79% se distribuyen en el mercado ibaguereño (Ministerio de Trabajo-PNUD, 2013; Andrade, Segura & Rojas, 2016). El arroz representa el 75% del total del área sembrada en la zona centro de Colombia (Gómez & Peluha, 2014) y se considera que la actividad agropecuaria es la más desarrollada, seguida del comercio, las actividades agroindustriales, la construcción, el servicio doméstico y la enseñanza (Ministerio de Trabajo-PNUD, 2013).

Colecta y análisis de los datos

Se realizó una estratificación de las fincas agropecuarias de acuerdo a su tamaño: tamaño mediano (20-300 ha) y grande (>300 ha), la cual fue definida con base en la información secundaria (MADR, 2013; Mosquera, 2010) y aquella colectada de los productores claves de la zona seca del norte del Tolima.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a 14 productores -propietarios y administradores- de cada uno de los estratos definidos, teniendo en cuenta que tuvieran árboles en sus predios y expresaran su disposición para la participación en el estudio. La encuesta incluyó información general sobre la percepción de los productores respecto a las funciones de árboles y arbustos en los potreros, los usos definidos de los productos y/o servicios que se obtienen de éstos y el deseo de los productores para mantener o incrementar los árboles en sus predios.

A la información obtenida se le aplicó estadística descriptiva y tablas de frecuencia, con representación del conocimiento agroforestal mediante diagramas y medidas de resumen. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el análisis de varianza, (ANOVA) y las diferencias de medias a través del test de LSD de Fisher, nivel de significancia del 5%, utilizando el programa estadístico InfoStat (2008).

Resultados y discusión

Características de las fincas

El conocimiento local de los 28 productores entrevistados en los seis municipios es bastante homogéneo, ya que se han mencionado los mismos términos o características y conceptos de 40 especies arbóreas. Esto hace que los resultados sean muy sólidos para definir la importancia de los árboles en los agroecosistemas de la zona seca del norte del Tolima.

Más de 80% de los encuestados menciona que el iguá (*Pseudosamanea guachapele*), al cual el 32% lo consideran como árbol nativo, es de gran valor en las fincas debido a que presenta buenas características para la estructura paisajística (36%) y provee forraje (11%), sombra (54%) y madera fina (82%). Adicionalmente, el 68% de ellos le otorga propiedades como regulador hídrico, en contraste, solo el 4% le atribuyen propiedades medicinales (Tabla 1).

Los productores asignan atributos a los árboles para mantenerlos en sus predios o tienen criterios claros para decidir donde establecerlos. Por ejemplo, la guadua (*Guadua angustifolia*) es considerada como competitiva con el cultivo de arroz; sin embargo, los productores consideran que es apropiado tenerla cerca de los causes de agua para su mantenimiento y regulación (Tabla 1). Por otra parte, es de resaltar las especies multifuncional, las cuales muestran más de tres atributos: Almendro (*Terminalia catappa*), Angarillo (*Chloroleucon bogotense*), Caucho (*Ficus sp*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), Chicalá (*Tabebuia sp*), Dinde (*Machaerium capote*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Guayacán (*Bulnesia carrapo*), Iguá (*P. guachapele*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Mango (*Mangifera indica*), Matarratón (*Gliricidia sepium*), Moló (*Zanthoxylum rigidum*), Payandé (*Pithecellobium dulce*), Samán (*Samanea saman*) y Ulanda (*Amyris balsamífera*) (Tabla 1).

Tabla 1. *Proporción del uso que le dan a los árboles de sus fincas según atributos expresados por los finqueros de la zona seca del norte del Tolima, 2015.*

Nombre común	Nombre Científico	Atributos designados a los árboles (% de productores)									
		P	F	S	MF	N	I	BA	PC	M	RH
Acacia, lluvia de oro	*Cassia fistula*	7	0	4	0	14	0	0	0	0	0
Aguacate	*Persea americana*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Algarrobo	*Hymenaea courbaril*	0	4	0	0	14	0	0	0	0	0
Almendro	*Terminalia catappa*	4	0	4	0	14	0	4	0	0	0
Anamú	*Petiveria alliacea*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Angarillo	*Chloroleucon bogotense*	0	0	4	14	18	0	0	18	0	0
Anón	*Annona squamosa*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Arazá	*Eugenia stipitata*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Arrayan	*Myrcia* sp	0	0	0	7	18	0	0	0	0	0
Bilibili	*Guarea guidonia*	0	0	11	4	14	0	0	0	0	0
Botón de oro	*Tithonia diversifolia*	0	4	0	0	14	0	4	0	0	0
Cachimbo	*Erythrina fusca*	0	0	7	0	14	0	0	0	0	7
Comulá	*Aspidosperma polyneuron*	0	0	4	7	14	0	0	0	0	0
Cámbulo	*Eryhtrina poeppigiana*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	4
Caimito	*Chrysophyllum cainito*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Capote, Dinde	*Machaerium capote*	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0
Caracolí	*Anacardium excelsum*	7	0	4	0	18	0	0	0	0	0
Caratero	*Bursera simaruba*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Casco de vaca	*Bauhinia variegata*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Caucho	*Ficus* sp	4	0	18	0	14	0	0	0	0	11
Cedro rosado	*Cedrela* sp	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0
Ceiba	*Ceiba pentandra*	14	0	18	4	14	0	0	0	0	0
Chaparro	*Curatella americana*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Chicalá	*Tabebuia chrysantha*	39	0	4	4	21	0	0	0	0	0
Chivato	*Senna atomaria*	0	0	0	0	14	0	0	0	4	0
Ciruela	*Spondias purpurea*	4	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Coya colorado	*Trichilia oligofoliolata*	0	0	0	4	14	0	0	0	0	0

continuación Tabla 1

Nombre común	Nombre Científico	Atributos designados a los árboles (% de productores)									
		P	F	S	MF	N	I	BA	PC	M	RH
Cocho	*Ormosia* sp	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Diomate	*Astronium graveolens*	0	0	4	7	18	0	0	4	0	0
Ondequera	*Casearia corymbosa*	0	0	4	0	14	0	0	0	0	0
Guacharaco	*Cupania americana*	4	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Guadua	*Bambusa angustifolia*	0	0	0	4	14	0	0	0	0	18
Gualanday	*Jacaranda caucana*	7	0	7	0	14	0	0	0	14	0
Guanábana	*Annona muricata*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Guácimo	*Guazuma ulmifolia*	0	11	21	14	21	0	7	0	7	0
Guayaba	*Psidium guajava*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Guayacán	*Bulnesia carrapo*	4	0	4	7	18	0	0	0	0	0
Huesito	*Lacistema aggregatum*	4	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Iguá	*Pseudosamanea guachapele*	36	11	54	82	32	0	4	68	0	0
Leucaena	*Leucaena leucocephala*	0	39	0	0	14	7	21	0	4	0
Limón tahití	*Citrus latifolia Tai*	0	0	0	0	14	4	0	0	14	0
Madre de agua	*Trichanthera gigantea*	0	0	0	0	14	0	0	0	4	21
Madroño	*Garcinia madruno*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Mangostino	*Garcinia mangostana*	0	0	0	0	14	0	0	0	4	0
Mamey	*Mammea americana*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Mamoncillo	*Melicoccus bijugatus*	7	0	4	0	14	0	0	0	0	0
Mandarina	*Citrus reticulata*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Mango	*Mangifera indica*	11	0	7	4	14	0	4	0	18	0
Matarratón	*Gliricidia sepium*	0	68	0	0	14	0	46	4	11	4
Melina	*Gmelina arborea*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Moló	*Zanthoxylum rigidum*	0	0	21	11	18	0	0	14	0	0
Moringa	*Moringa oleifera*	0	0	0	0	14	0	0	0	7	0
Mosquero	*Croton leptostachyus*	0	4	0	0	14	0	0	0	0	0
Naranja tangelo	*Citrus x tangelo*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Neem	*Azadirachta indica*	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0
Nogal cafetero	*Cordia alliodora*	0	0	0	0	14	7	0	0	0	0

continuación Tabla 1

Nombre común	Nombre Científico	Atributos designados a los árboles (% de productores)									
		P	F	S	MF	N	I	BA	PC	M	RH
Noni	*Morinda citrifolia*	0	0	0	0		14	0	0	4	0
Ocobo	*Tabebuia rosea*	50	0	18	0	0	14	0	0	0	0
Orejero	*Enterolobium cyclocarpum*	0	0	4	0	14	0	0	0	0	0
Palma de cuesco	*Attalea butyracea*	4	0	0	11	18	0	0	0	0	0
Arizá, Palo de cruz	*Brownea ariza*	0	0	0	0	14	0	0	0	4	0
Papaya	*Carica papaya*	0	0	0	0	14	0	0	0	7	0
Payandé	*Pithecellobium dulce*	4	0	11	11	25	0	0	0	0	0
Pelá, Cují	*Acacia farnesiana*	0	0	0	0	14	0	0	0	11	0
Pera malaca	*Syzygium malaccense*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Rayado	*Calliandra* sp	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Samán	*Samanea saman*	25	4	32	21	21	0	4	0	0	0
Tamarindo	*Tamarindus indica*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Tablón	*Quadrella odoratissima*	4	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Tachuelo	*Zanthoxylum sp*	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Teca	*Tectona grandis*	4	0	0	7	0	36	0	0	0	0
Ulanda	*Amyris balsamifera*	0	0	7	7	18	0	0	4	0	0
Yarumo	*Cecropia peltata*	0	0	4	0	14	0	0	0	0	4
Yayo	*Oxandra sp*	0	0	0	7	11	0	0	0	0	0

P: paisajísmo, F: forraje, S: sombra, MB: madera blanda, MF: madera fina, N: nativos, I: introducidos, BA: bienestar animal, PC: postes para cercos, M: medicinal, RH: regulación hídrica.

Los productores muestran un amplio conocimiento acerca de los árboles y su interacción con el medio ambiente, lo cual se deriva de la observación, la experiencia y la transmisión entre generaciones. Además, se evidencia que la diversidad de los atributos determina el mantenimiento de las especies en los paisajes agropecuarios de la zona. Otros estudios describen los beneficios que se pueden obtener de los árboles, tal como la provisión de sombra, conservación de la humedad, disminución de la temperatura bajo la copa, contribución de la hojarasca al aumento de la materia orgánica y adición a la nutrición del suelo (Esquivel *et al.*, 2003; Serrano *et al,* 2014).

En Colombia, como en otros países, ha habido una lenta comprensión de la importancia de los árboles en pasturas para el bienestar de estos agroecosistemas (Sinclair & Joshi, 2000; Uribe *et al.*, 2011). Los árboles, al proveer productos renovables, proporcionan hábitats claves al brindar recursos a la flora y fauna aumentando la biodiversidad local y regional, que de otro modo podrían ser eliminados y afectar la conservación de los fragmentos forestales (Sinclair & Joshi, 2000). Esto pone a los agricultores y habitantes del área rural en el centro del desarrollo sostenible de los bosques y agroecosistemas, haciendo que sea importante su participación en el

avance agroforestal sumando las funciones de los profesionales y técnicos locales e investigadores. Estos esfuerzos conjuntos deberían implementar estrategias para involucrar especies arbóreas en los sistemas de producción agropecuarios. Inicialmente se requiere conocer los factores y procesos que intervienen en la interacción entre los cultivos, animales y la vegetación (Rusch & Skarpe, 2009).

Distribución del uso del suelo

Según la encuesta, las fincas de tamaño mediano y grande ocupan su mayor área en cultivos agrícolas (72,9 ± 16,5 y 247,4 ± 53,0 ha, respectivamente), seguido de la ganadería, el área de bosque y la reforestación (Tabla 2). Se detectaron diferencias estadísticas ($p<0,05$), tal como era de esperarse, en el área destinada a cultivos agrícolas y la producción de ganadería bovina entre tamaños de fincas; en contraste, el área destinada a los ecosistemas forestales, tal como bosques y áreas reforestadas es significativamente similar ($p>0,05$) (Tabla 2).

Tabla 2. *Promedio de las áreas destinadas a los tipos de suelo según el tamaño de las fincas expresado por los productores agropecuarios de la zona seca del norte del Tolima, 2015.*

Uso del suelo	Tamaño de fincas					
	Mediana			Grande		
Área cultivada (ha)	72,9	±	16,5 a	247,4	±	53,0 b
Área ganadería (ha)	38,8	±	10,3 a	245,3	±	40,8 b
Área bosque (ha)	38,7	±	12,5 a	15,6	±	6,8 a
Área reforestación (ha)	3,0	±	2,1 a	11,2	±	7,1 a
Cabezas de ganado (UA)	53,6	±	13,2 a	355,7	±	71,0 a

Los valores corresponden a media ± error estándar (n = 28).
Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tamaño de finca.

Las áreas actuales de bosques y plantaciones forestales que se conservan no son aptas para uso agrícola, o son franjas que bordean las quebradas o los canales de agua. Estudios como el de Lemckert & Campos (1981) en Costa Rica, muestran que en fincas pequeñas a medida que aumenta el área de la finca, aumenta el área destinada a conservar los bosques: 2 ha de fincas preservaban 0,2 ha hasta propiedades de 10 ha o más que conservaban 2,5 ha de bosque. Esta tendencia no se ha observado en el presente estudio.

La mayoría de los productores de fincas medianas mencionan que la cantidad y la calidad de agua es buena (78,6%) en sus fincas, en comparación con la mayor proporción de los productores de fincas grandes (71,5%) los cuales afirman que el agua es regular. Aunque los propietarios aguas abajo de los cauces de los ríos y quebradas manifiestan preocupación por las contaminación del recurso hídrico y la racionalidad del agua a la hora de sembrar el arroz (Tabla 3). En el 2016, el departamento del Tolima ocupó el segundo lugar de área sembrada en este cultivo con un poco más de 100 mil hectáreas (18,2% del total nacional); sin embargo, para este último año el cambio climático ha afectado 308 ha debido a eventos de inundación y sequía (Dane, 2017). En este sentido, los productores afirman que los árboles favorecen el mantenimiento del agua, cerca del 68% de las fincas (medianas y grandes) protegen los cursos de agua, mediante la siembra de árboles, la no tala, y el establecimiento de cercos o barreras para que crezca la vegetación. Los productores afirman que distribuyen el agua en sus fincas mayormente por canales (86%) y el resto mediante tuberías (Tabla 3).

Tabla 3. *Proporción del tamaño de las fincas y la percepción del recurso hídrico expresada por los productores agropecuarios de la zona seca del norte del Tolima, 2015.*

Recurso agua		Tamaño de fincas	
		Mediana (%)	Grande (%)
Protección del agua con árboles		39,4	28,5
Distribución por canal		39,2	46,5
Cantidad y calidad de agua	Buena	78,6	21,5
	Regular	14,3	71,5
	Mala	0,5	0,5

Los productores encuestados están de acuerdo en las bondades que prestan los árboles en sus fincas tanto para el bienestar del ganado como para la restauración de los suelos luego de cosechar el arroz (Figura 2). Algunos autores han remarcado la importancia del agua en el manejo de los animales, así Gómez, Gutiérrez & Declerck (2014) encontraron que el 69% de los productores ganaderos en Matiguás, Nicaragua afirman que la insuficiencia de agua en calidad y cantidad afecta notablemente el ganado. Sin embargo, más del 20% de los encuestados han considerado a las siguientes especies de pastos como resistentes a la sequía y al sobrepastoreo: Angleton (*Dichanthium aristatum*), Estrella (*Cynodon plectostachyus*) e India (*Pannicum maximum*). Estos hallazgos son clave para el diseño y manejo de sistemas silvopastoriles que permitan incrementar la productividad y generación servicios ambientales (Ibrahim, Camero, Camargo & Andrade, 1999).

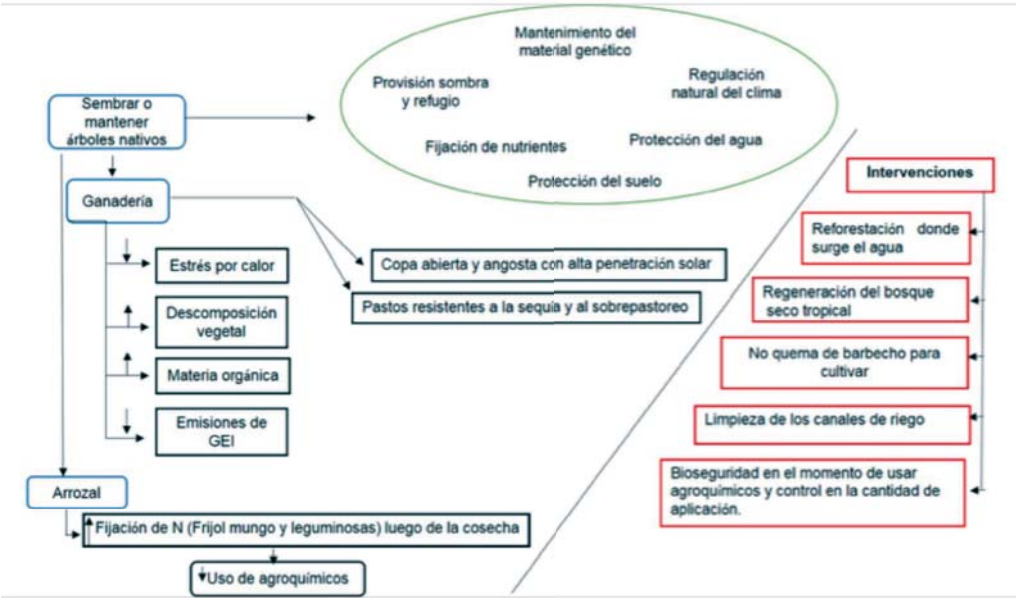

Figura 2. Diagrama de la importancia del uso de especies arbóreas generado con base en el conocimiento local de productores agropecuarios en la zona seca del norte del Tolima. Los nodos representan las acciones humanas (cajas con esquinas redondeadas), los procesos naturales (óvalos), o atributos de los objetos, procesos o acciones (cajas con borde recto). Las flechas que conectan los nodos indican la dirección de la influencia causal. La primera pequeña flecha en el enlace Indica ya sea un aumento (↑) o disminuir (↓) en el nodo de causalidad.

Los productores detectaron limitaciones o falta de recursos naturales en sus fincas que les provean un mayor bienestar. Ellos reconocen atributos de las especies arbóreas pero reiteran la necesidad de intervención en aspectos importantes como la reforestación con vegetación nativa en los causes de agua para mantener la regulación hídrica y con ello cultivar y desarrollar la ganadería como en años anteriores. También afirman que es necesario homogeneizar en la zona la disminución del uso de agroquímicos e implementar buenas prácticas de manejo del cultivo de arroz tanto en la aplicación como en el manejo de los desechos, la descomposición natural del barbecho y la bioseguridad de los trabajadores (Figura 2). Los productores tienen especial interés en mantener los árboles y otras especies arbóreas de su finca principalmente por proporcionar sombrío. Las áreas de bosque y reforestación, tanto en las fincas medianas como grandes, no presentan diferencias significativas ($p>0,05$) (Tabla 2), lo cual evidencia la necesidad de transformar el pensamiento colectivo para alcanzar la sostenibilidad.

En el mundo existen ejemplos exitosos donde han desarrollado enfoques participativos como en Tailandia, Nepal (Sinclair & Joshi, 2000), Ethiopia (UCRAT, 2012) y Kenya (Lamond, Sandbrook, Gassner & Sinclair, 2016) donde los agricultores tienen conocimiento directo de la observación de la práctica con conocimiento sofisticado sobre interacciones implicadas con el suelo y los cultivos. Nathan, Lund & Theilade (2007) muestran también una serie de limitaciones y opciones comunes para administrar árboles en las fincas, y reiteran que la participación interdisciplinaria es importante durante todo el proceso, ello incluye la identificación de plantas, usos, valor limitante y posibles opciones para superarlo. La integración del conocimiento local de las comunidades contribuye a las prioridades que ha establecido la FAO para mejorar los medios de vida de la población. Dentro de éstos, se pueden mencionar el fortalecimiento de la producción y productividad de los agricultores para mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, fortalecer la gestión sostenible de los recursos, y finalmente aumentar la resiliencia de los medios de vida en la zona rural a los impactos del cambio climático (FAO, 2016).

Se observan falencias en las políticas públicas para impulsar investigaciones demostrativas monitoreadas que den ejemplo del manejo arbóreo y la diversidad de bienes y servicios ecosistémicos. Esto debe ser una acción integrada entre las actividades que desarrollan las autoridades competentes, la normatividad vigente y los productores agropecuarios de la zona. La participación activa de las comunidades, junto con políticas de desarrollo, permite fortalecer la capacidad de los productores agropecuarios de la zona seca del norte de Tolima para reducir el impacto de la degradación del suelo, contaminación del agua y aumentar la rehabilitación de las tierras degradadas.

Conclusiones

La percepción del conocimiento local de los productores agropecuarios del norte del Tolima es generalizada y coinciden en que mantienen o incrementan los árboles en sus predios para brindar sombra, además prefieren que sean especies nativas. Las fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima presentan una gran diversidad de especies arbóreas que tienen enormes ventajas productivas y ambientales y que pueden ser empleadas en sistemas silvopastoriles. La integración de prácticas de manejo que aumenten la abundancia y diversificación de las especies arbóreas en las fincas, junto con el apoyo técnico para el establecimiento de sistemas agroforestales en la comunidad, son elementos clave para el mejoramiento y sostenibilidad de estos sistemas de producción y de las fincas agropecuarias.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la comunidad de la zona seca del norte del departamento del Tolima, Colombia, por su valioso tiempo y contribuciones al desarrollo de la investigación. A María Alejandra Rivera Montalvo por el acompañamiento en la toma de datos y a la oficina central de investigaciones de la Universidad del Tolima por la financiación del proyecto número 450112.

Literatura citada

1. Andrade, H. J., Brook, R. & Ibrahim, M. (2008). Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. *Plant soil*. 308, 11-22.
2. Andrade, H. J., Segura, M. A., Canal, D. S., Gómez, M. J., Marín, M. P., Sierra, E. & Feria, M. (2013). Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola y forestal en el departamento del Tolima. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
3. Andrade, H. J., Segura, M. A. & Rojas, A. S. (2016). Carbono orgánico del suelo en bosques riparios, arrozales y pasturas en Piedras, Tolima, Colombia. *Agron. Mesoam.* 27(2), 233-241.
4. Baribbi, A. & Spijkers, P. (2011). *Campesinos, tierra y desarrollo rural. Reflexiones desde la experiencia del tercer laboratorio de paz.* Asistencia técnica internacional del tercer laboratorio de paz es ejecutada por un Consorcio conformado por: Cotecno – Agroconsulting – CIAT – CISP – Ideaborn. Bogotá. 28 p.
5. Beer, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Barrance, A. & Leakey, R. (2004). *Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales.* En: Árboles de Centroamérica (pp. 1-46). CATIE, Turrialba, Costa Rica.
6. Dane. (2017). Boletín técnico del 4° censo nacional arrocero año 2016. Recuperado de: *https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/censo-nacional-arrocero/boletin-tecnico-4to-censo-nacional-arrocero-2016.pdf*
7. Esquivel, H., Ibrahim, M., Harvey, C. A., Villanueva, C., Benjamín, T. & Sinclair, F. L. (2003). Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas,* 10, 39-40.
8. FAO. (1988). Finca forestal para uso doméstico. En Cultivo de árboles por la población rural. Roma, Italia. 73-80 p.
9. FAO. (2016). Usar los conocimientos indígenas para revertir la degradación del suelo en Angola. Recuperado de: *http://www.fao.org/in-action/using-indigenous-knowledge-to-reverse-land-degradation-in-angola/es/?utm_source=facebook&utm_medium=social+media&utm_campaign=fao+facebook*
10. Gerstenberga, P. & Hofmanna, M. (2016). Perception and preference of trees: A psychological contribution to tree species selection in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 103-111.
11. Gómez, A. C. & Peluha, D. F. (2014). Variabilidad climática de la temperatura Impacto económico en el EBITDA de los cultivos de arroz riego mecanizado en la zona centro de Colombia para el periodo 1999-2013: medidas de adaptación. (Tesis de Maestría). Colegio de Estudios Superiores de Administración - CESA, Bogotá, Colombia. 84 p.
12. Gómez, M. J., Gutiérrez, I. & Declerck, F. (2014). Percepción local acerca de la calidad del agua y la herpetofauna en fincas ganaderas del municipio de Matiguás, Nicaragua. *Revista Luna Azul*, 38, 30-57.
13. Hernán J. Andrade C., Milena A. Segura M, Erika Sierra R.. (2017). Percepción local de los servicios ecosistémicos ofertados en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia. Revista Luna Azul, 45, 42-58. DOI: 10.17151/luaz.2017.45.4
14. Holdridge, L. R., Grenke, W. C., Hatheway, W. H., Liang, T. & Tosi, J. A. (1971). Forest environments in tropical life zones, a pilot study. Pergamon Press, Oxford. 747 p.
15. Ibrahim, M., Camero, A., Camargo, J.C. & Andrade, H. (1999). *Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias del CATIE. CIPAV, Memorias electrónicas.* 16 p. ISBN 958-9386-22-9. VI seminario Internacional de sistemas agropecuarios sostenibles. Centro para la Investigación En Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia, 28-30 de octubre de 1999.
16. IDEAM. (2015). La cifra de deforestación en Colombia 2015 reporta 124.035 hectáreas afectadas. Recuperado de *http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/la-cifra-de-deforestacion-en-colombia-2015-reporta-124-035-hectareas-afectada*
17. IDEAM. (2017). Núcleos activos por deforestación 2017-1. Recuperado de *http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023708/boletinDEF.pdf*
18. Joya, M., López, M., Gómez, R. & Harvey, C. A. (2004). Conocimiento local sobre el uso y manejo de árboles en fincas ganaderas del municipio de Belén, Rivas. Encuentro, 36 (68), 44-59.
19. Lamond, G., Sandbrook, L., Gassner, A. & Sinclair, F. (2016). Local Knowledge of tree attributes underpins species selection on coffee farms. *Cambridge University Press*, 1-15.
20. Lemckert, A. & Campos, J. J. (1981). Producción de consumo de leña en las fincas pequeñas de Costa Rica. CATIE, serie técnica 16, Turrialba, Costa Rica.
21. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). Instituto colombiano de desarrollo rural – incoder resolución número 1133. Recuperado de *http://www.incoder.gov.co/documentos/A%C3%91O_2013/CONVOCATORIAS/IAT/IAT_Directa/Junio_28/1133.pdf*
22. Ministerio de Trabajo-PNUD. (2013). Perfil productivo municipio de Alvarado. Caracterización productiva local. Bogotá, Colombia. 80 p.
23. Mosquera, D. H. (2010). Conocimiento local sobre bienes y servicios de especies arbóreas y arbustivas en sistemas de producción ganadera de Rivas, Nicaragua. (Tesis de Maestría), CATIE, Turrialba, Costa Rica.
24. Muñoz, D. A., Solarte, J. G. & Navia, J. (2010). Caracterización del conocimiento local del componente arbóreo en prácticas silvopastoriles tradicionales en el trópico alto andino, departamento de Nariño, Colombia. VI Congreso latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible.

25. Nathan, I., Lund, S. & Theilade, I. (2007). TES Special Issue on the Importance of Local Knowledge and Interdisciplinary Research People, Trees and Agriculture in Africa: Constraints and Options for Improved Management of Trees in Tanzania and Burkina Faso. *The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies* 6, (1), 1-5.

26. Planeta Paz. (2012). La cuestión agraria en Colombia: tierra, desarrollo y paz. Memorias Ciclo de Conversatorios. Hanns Seidel Stiftung. Bogotá, Colombia, 1-132.

27. Rusch, G. & Skarpe, C. (2009). Procesos ecológicos asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería de las américas*, 47,12-19.

28. Serrano, J. R., Andrade, H. J. & Mora, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía mesoamericana,* 25(1), 99-110.

29. Serrano, R., Mora, J. & Piñeros, R. (2014). Producción de biomasa forrajera bajo diferentes densidades de cobertura arbórea en una pastura del valle cálido del Magdalena Tolimense (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7(1), 73-81.

30. Sinclair, F. S. & Joshi, L. (2000). Taking local knowledge about trees seriously. Forestry, forest users and research: new ways of learning. ETFRN *Publication Series,* 45-61.

31. UCRAF. (2012). Local knowledge training using the AKT5 software and methodology at Mekelle University, funded by the AfricaRISING project: A report on a two week research study in the village of Abreha We Atsbeha in Tigray Region, northern Ethiopia, UCRAF-*Bangor University*, 1-31.

32. Uribe, F., Zuluaga, A. F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A., Solarte, L…Soto, R. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. Gef, Banco mundial, FEDEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC. Bogotá, Colombia, 1-78 p.

33. Vanegas, M. (2002). Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial. Estudio complementario del caso Ibagué, Colombia. Recuperado de *http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/complemen/casos/ibague.pdf*

34. Victorino, A. (Comp.). (2012). Bosques para las personas: Memorias del Año Internacional de los Bosques 2011. Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia.120p.

35. Villanueva, C., Ibrahim, M., Torres, k. & Torres, M. (2008). Planificación agroecológica de fincas ganaderas: la experiencia de la subcuenca Copán, Honduras. Serie técnica. Informe técnico n° 365, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 26 de 2017
Aceptado: Mayo 12 de 2017

Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia

Sustainability of high mountain livestock systems in Colombia

Sustentabilidade dos sistemas bovinos de pecuária de alta montanha na Colômbia

Raúl Andrés Molina Benavides[1] & Hugo Sánchez Guerrero[2]

[1]Zootecnista, Magister en Ciencias Agrarias, Doctor en Ciencias Agrarias [2]Zootecnista, Especialista en Producción de Ganado Lechero, Magister en Producción Animal.

[1,2]Departamento de Ciencia Animal, Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

[1]ramolinab@unal.edu.co, [2]hsanchezg@unal.edu.co

Resumen

La complejidad de los sistemas agropecuarios dadas sus múltiples interacciones de elementos bióticos y abióticos, hace que estudios integrales sean importantes para un mejor entendimiento y actuación frente a éstos. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la sostenibilidad de 8 sistemas ganaderos alto andinos. Se encontró en promedio carga animal de 0,5 UGG, producción de leche de 4 kg/vaca/día, intervalos de partos de 450 días y producciones de forraje de 2,45 t MS/ha con 14% PC y 60% FDN. En promedio para el bosque, el carbono orgánico del suelo fue de 33,72 t/ha y para los potreros de pastoreo de 25,29 t/ha, siendo significativa la diferencia ($p \leq 0,05$). No se encontró diferencias ($p \geq 0,05$) entre las densidades aparentes en el suelo de los bosques nativos (0,46g/cm^3) y los potreros (0,5 g/cm^3). Las cantidades de CO_2 equivalente (CO_2eq) producidas en promedio fueron de 76,12 t/predio (65,5 t CO_2eq correspondientes a la producción de CH_4 y 10,87 t CO_2eq a la producción de N_2O). El agua virtual requerida en promedio para los bovinos fue de 16.222,26 m^3 para cubrir sus necesidades de alimento, bebida y servicios (10 años), y para producir un litro de leche requerían 1,78 m^3. En el aspecto social los indicadores con menor calificación fueron servicios públicos y acceso a educación. En conclusión y sabiendo que la sostenibilidad se logra cuando hay un balance entre los componentes económico, ambiental y social; los resultados encontrados permiten afirmar que los sistemas productivos ganaderos de alta montaña incluidos en este trabajo no son sostenibles.

Palabras clave: agua virtual, carbono orgánico en el suelo, densidad aparente, gases efecto invernadero, simulación.

Abstract

The complexity of the farming systems given their multiple interactions of biotic and abiotic elements, makes integral studies important for a better understanding and action in front of them. This work was aimed at studying the sustainability of 8 high Andean livestock systems. It was found on average animal load of 0.5 UGG, milk production of 4 kg/cow/day, calving intervals of 450 days and forage yields of 2.45 t dm/ha with 14% PC and 60% NDF. On average for the forest, the organic carbon

of the soil was 33.72 t/ha and for grazing pastures of 25.29 t/ha, the difference being significant ($p \leq 0.05$). No differences ($p \geq 0.05$) were found between the apparent densities in the soil of native forests (0, 46g/cm^3) and pastures (0.5 g/cm^3). The equivalent amounts of CO_2 (CO_2eq) produced on average were 76.12 t/site (65.5 t CO_2eq corresponding to the production of CH4 and 10.87 T CO_2eq to the production of N_2O). The virtual water required on average for bovine animals was 16,222.26 m^3 to meet their food, beverage and service needs (10 years), and to produce a litre of milk, they needed 1.78 m^3. In the social aspect the indicators with lower qualification were public services and access to education. In conclusion and knowing that sustainability is achieved when there is a balance between the economic, environmental and social components; The results found make it possible to say that the high-mountain livestock production systems included in this work are not sustainable.

Key-words: virtual water, organic carbon in the soil, apparent density, greenhouse gases, simulation

Resumo

A complexidade dos sistemas agrícolas, considerando suas múltiplas interações de elementos bióticos e abióticos, faz estudos integrais importantes para uma melhor compreensão e ação contra eles. Este estudo teve como objetivo estudar a sustentabilidade de 8 sistemas de gado andino alto. A carga animal média foi de 0,5 UGG, produção de leite 4 kg / vaca / dia, intervalos de parto de 450 dias e rendimentos de forragem de 2,45 t DM / ha com 14% de CP e 60% de FDN. Em média, para a floresta, o carbono orgânico do solo foi de 33,72 t / ha e para pastagens de 25,29 t / ha, sendo a diferença significante ($p \leq 0,05$). Não houve diferenças ($p \geq 0,05$) entre as densidades aparentes do solo em florestas nativas (0,46 g / cm^3) e pastagens (0,5 g / cm^3). As quantidades de CO_2 equivalente (CO_2eq) produziram em média 76,12 t / planta (65,5 t CO_2eq correspondente à produção de CH4 e 10,87 t CO_2eq à produção de N2O). A água virtual requerida em média para o gado foi de 16.222,26 m^3 para cobrir suas necessidades de alimentos, bebidas e serviços (10 anos) e produzir um litro de leite exigiu 1,78 m^3. No aspecto social, os indicadores com menor qualificação foram os serviços públicos e o acesso à educação. Em conclusão e sabendo que a sustentabilidade é alcançada quando há um equilíbrio entre os componentes econômicos, ambientais e sociais; os resultados encontrados permitem afirmar que os sistemas de produção de gado de alta montanha incluídos neste trabalho não são sustentáveis.

Palavras chave: água virtual, carbono orgânico no solo, densidade aparente, gases de efeito estufa, simulação.

Introducción

La actividad ganadera en los trópicos domina la escena global en cuanto al número de animales, producción total y número de beneficiarios en comparación con la producción pecuaria del mundo occidental (Oosting *et al.,* 2014).

En años recientes, la actividad ganadera en el trópico ha tenido más auge en los discursos científicos y sociales debido a tres factores principalmente: primero, la demanda de carne y leche en los paises en desarrollo se ha incrementado y lo seguirá haciendo (FAO, 2009); segundo, las emisiones de gases de efecto invernadero atribuidas a la producción ganadera es alta (FAO, 2006; de Vries & de Boer, 2009; Gerber *et al.,* 2011; Herrero *et al.,* 2011) y tercero, muchos de los ganaderos en el trópico son pobres, por lo tanto el mejoramiento de la ganadería conduce a menguar esa pobreza (World Bank, 2007, 2009; Herrero *et al.,* 2013).

En Colombia, la ganadería representa una de las actividades más importantes, no solo por sus aportes directos en la alimentación -leche y carne-, sino por todas aquellas actividades derivadas a partir de

la transformación de sus productos. Esta actividad se desarrolla en las cinco grandes regiones biogeográficas, (Andina, Amazonia, Caribe, Orinoquia y Pacífica) del país y sobre todas las altitudes. Según Galindo & Muergueitio (2007), las actividades ganaderas se han realizado tradicionalmente transformando los bosques alto andinos y páramos a través de sistemas de producción que tienden a ser de lechería en las zonas de altiplanos y páramos bajos (2.000 – 3.200 msnm); de doble propósito -carne y leche- o cría para laderas de alta montaña y páramos (>3.500 msnm).

Colombia posee un hato bovino cercano a los 23 millones de cabezas ubicados en 39.2 millones de hectáreas, presentando una carga de 0.6 animales/hectárea (Fedegan, 2013a), hecho que clasifíca la actividad de tipo extensivo, en la cual se usan pastos de especies nativas y naturalizadas, como principal recurso alimenticio, de bajo valor nutritivo. Esta carga animal no ha variado significativamente en los últimos veinte años, lo que revela la pobre transformación tecnológica del sector ganadero (PNUD, 2011).

En la actualidad, la necesidad de sistemas ganaderos que sean economicamente viables, ambientalmente responsables y socialmente justos, es decir sistemas productivos sostenibles, es inmediata (Cooprider *et al.,* 2011). Por lo tanto, el futuro de la ganadería está en la capacidad de este logro, es decir la actividad ganadera moderna y posmoderna tiene como reto principal, modificar sus relaciones de eficiencia y eficacia con el estado de los elementos naturales que usa.

Sin embargo, la principal limitante para plantear estrategias de reconversión hacia una ganadería sostenible es el desconocimiento sobre las técnicas usadas por los propietarios y los beneficios financieros que éstos obtienen de su actividad. Debido a esto, es necesario estudiar de forma integral la actividad productiva ganadera que se desarrolla en el país, con el fin de encontrar estrategias que mejoren las condiciones de vida de las familias en esos territorios, sin detrimento de los recursos naturales.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la investigación fue estudiar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos localizados en el Parque Nacional Natural de las Hermosas y su zona de influencia mediante la caracterización, mediciones de campo, uso de simuladores y herramientas de monitoreo en los predios trabajados.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en ocho predios localizados en el sector de La Nevera, ubicado en las tierras altas de la vertiente occidental de la cordillera Central, en jurisdicción del municipio de Palmira, Valle, Colombia, en el límite de vertiente entre las cuencas de los ríos Amaime -Toche- y Nima. Los predios estaban entre los 2700 y 3600 msnm, con temperaturas promedio de 13°C, precipitaciones anuales entre los 1600 y 1800 mm y humedad relativa mayor al 80%. (Ospina & Molina, 2009)

Caracterización y mediciones de campo en los predios

La caracterización de los sistemas productivos se hizo mediante encuestas estructuradas con los propietarios, análisis bromatológicos de los forrajes, mediciones de campo como la disponibilidad de forraje (método de disponibilidad por frecuencia; Franco *et al*, 2006), determinaciones del Carbono Orgánico en el Suelo (COS) y Densidad aparente (Da) (método de Walkley and Black y metodo del anillo, (IGAC, 2007), respectivamente). Para la determinación del COS y Da, se tomaron 192 muestras de suelo en los ocho predios, a dos rangos de profundidad (0-5 y 5-10 cm), en cuatro sitios de muestreo -una en bosque nativo y tres en potreros destinados para el pastoreo del ganado-, con tres repeticiones por sitio de muestreo. Se realizó análisis de varianza, utilizando el diseño de parcelas divididas, con el objetivo de observar cual era el comportamiento de las variables a evaluar, carbono orgánico t/ha y densidad aparente gr/cm^3, dichas variables fueron evaluadas por la metodología de diferencia de medias de Duncan (SAS, 2009).

Simulaciones

Con el fin de estimar el comportamiento productivo de los animales basado en la alimentación recibida y simular posibles estrategias de alimentación económica y ambientalmente viables, se trabajo con el software LIFE-SIM (León Velarde *et al.,* 2006). La simulación se hizo para un animal en el periodo de un año. Se plantearon tres escenarios diferentes: 1 línea base (datos reales); 2 Fertilización (Fert) de los potreros y mejores parámetros productivos y reproductivos (MPR), 3 Fert + MPR + Suplementación.

Para determinar la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) t CO_2 equivalente/t de solidos de leche, emitidos en cada uno de los 8 predios, se trabajó con el simulador DGAS (Dairy Greenhouse Gas abatement strategy Calculator – farmer, versión 2009), en el cual se introdujeron datos correspondientes a lo encontrado en la caracterización de cada sistema productivo. Por cada predio se simularon 5 escenarios diferentes con el fin de comparar la producción de GEI de la línea base. Los escenarios fueron los siguientes: 1 Línea base, 2 Suplementación + Mejores Parámetros Productivos (MPP), 3 Fertilización (Fert) + MPP, 4 Suplementación + Fert + MPP y 5 Línea base sin área en bosque. También se midió los kg CO_2e emitidos en el predio por kg leche corregida producida en este.

Para estimar la cantidad de agua consumida -agua virtual- por un bovino desde su nacimiento hasta el sacrificio, 0 a 10 años, se siguió la metodología propuesta por Chapagain & Hoekstra, 2003, iniciando con la ecuación 1.

$$CAV = CAVa + CAVb + CAVs \quad (1)$$

CAV: Cantidad de agua virtual, a: alimento, b: bebida y s: servicios

En donde la cantidad de agua consumida es la sumatoria del agua que el animal consume en los alimentos que ingiere, el agua que bebe y el agua que utiliza para sus servicios.

Herramienta de monitoreo

Por último, la parte social de estos predios se trabajó con la ayuda de la herramienta de monitoreo técnico económico para una ganadería sostenible (HMTEGS) (Cipav, 2009). Los indicadores trabajados fueron acceso a la educación, vivienda, acceso a la salud, vinculación a servicios de salud, seguridad alimentaria, servicios públicos e ingreso neto mensual. Se calificó en una escala de 1 a 5, donde lo deseado es que en cada indicador el valor encontrado sea cinco.

Resultados y discusión

Caracterización y mediciones de campo en los predios

La actividad productiva principal en el área de estudio es la ganadería, siendo el modelo doble propósito el predominante. El área de las fincas estuvo entre 27 y 600 ha. De esta área, en promedio el 50,62% ±20,8 son potreros destinados al pastoreo, lo restante son bosques. La carga animal promedio en estos ocho predios fue de 0,52 ±0,38 UGG/ha, lo que conlleva a asumir que la ganadería realizada es de tipo extensivo. Los valores de carga animal encontrados en este trabajo, concuerdan con los rangos, de acuerdo al nivel de intensificaión, presentados por Gómez & Rueda (2011). El número total de animales por predio tuvo una relación directa con el área de la finca. El promedio de animales para los predios visitados fue de 61, encontrando fincas con 31 animales y la de mayor población con 116. El número promedio de animales en ordeño fue de 16.

Los parámetros de producción de leche indicaron que la producción promedio por vaca/día en estos predios fue de 4±1 L. Según Corpoica (2006), la producción promedio de leche diaria en ganado doble propósito en Colombia es de 3 L. En cuanto a parámetros reproductivos, la edad promedio al primer parto estuvo en 41,62 ±6,67 meses. El intervalo entre partos y la tasa de natalidad promedio que se encontraron fue de 450 días y 81%, respectivamente. Según Fedegan (2013b), la tasa de natalidad para ganadería doble propósito estaba entre

50 – 53% y el intervalo entre partos era de 680 días en promedio. Vale la pena recalcar que los valores publicados por Fedegan incluyen datos de ganaderías doble propósitos ubicadas en zonas secas y con poca dispobibildad forrajera.

En cuanto a la disponibilidad de forraje, en la época seca se encontraron producciones promedio de forraje verde de 8,5 ±4,8 t/ha, equivalentes a 2,1 ±1,3 t/ha de materia seca. Para esta época de muestreo los forrajes tuvieron en promedio 13,96 ±3,68% PC y 56,3 ±3,73 FDN. Para la época de lluvia, las producciones de forraje verde fueron de 14,1 ±8,06 t/ha, equivalentes a 2,8 ±1,46 t/ha de MS. Para este periodo los forrajes presentaron en promedio PC de 14,27 ±4,58% y FDN de 64,88 ±5,53%. Sarria *et al,* 2008, encontró en rio Negro Antioquia, producciones de 1,8 t MS/ha con 22,6%PC y 74,9%FDN. Los contenidos bajos de PC encontrados en este estudio podrían atribuirse a los periodos de descanso que se manejan en esta zona (entre 70 y 80 días), lo que aumentaría los carbohidratos estructurales. Según Peters (2008), las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta afectan el contenido de FDN, lo que explica su variación entre las épocas de muestreo. Durante la época seca se dieron valores altos de radiación y brillo solar, por lo tanto, el aumento en la intensidad de la luz favorece los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles en la planta, mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes. Esta puede ser una de las razones por las que en este trabajo se dio un mayor contenido de FDN en la época lluviosa -menor radiación y brillo solar- en comparación con la época seca.

Los resultados del contenido de carbono orgánico en el suelo -10 cm profundidad- que se obtuvieron en este estudio, mostraron en promedio para los bosques cantidades de 33,72 t/ha, con predios que presentaban 18,78 t/ha y otros con 46,93 t/ha. Trabajando con la cantidad promedio de 33,72 t/ha y expresándola en CO_2eq, se obtuvo que estos bosques almacenaban en promedio 123,75 t CO_2eq. Para los potreros destinados al pastoreo del ganado, en promedio el COS fue de 25,29 t/ha, con predios que tenían 17,7 t/ha y otros con 37,93 t/ha. En los potreros se encontró que el almacenamiento era de 92,81 tCO_2eq. Al realizar el ANOVA y la posterior prueba de medias de DUNCAN, se encontró que hubo diferencias altamente significativas entre los sitios de muestreo (bosque vs potrero) y también entre las profundidades en las que se tomaron las muestras, 0-5 cm y 5-10 cm. Esto podría atribuirse a los diferentes tipos de uso del suelo, uno destinado a la conservación y el otro al pastoreo de los animales, y en cuanto a las diferencias entre las profundidades podría deberse a que los contenidos de materia orgánica fueron mayores en los primeros 5 cm. Para los resultados obtenidos de densidad aparente, los bosques mostraron en promedio 0,46 g/cm^3 y para los potreros 0,5 g/cm^3. Al realizar el ANOVA y la posterior prueba de medias de DUNCAN, se encontró que no hubo diferencias significativas entre los sitios de muestreo (bosque vs potrero) y también entre las profundidades en las que se tomaron las muestras, 0-5 cm y 5-10 cm. Esto podría atribuirse a que la ganadería que se practica en estos predios presenta una carga animal baja, 0,5 UGG/ha, y a que las cantidades de materia orgánica en estos suelos son altas.

Simulaciones

Al realizar las simulaciones con el LIFE-SIM, para el escenario 1, la producción de leche fue de 778 kg, el margen bruto fue de $ 474.807 y la producción de metano por kg de leche producida fue de 0,11; para el escenario 2, la producción de leche fue de 1316 kg, el margen bruto fue de $ 886.172 y la producción de metano por kg de leche producida fue de 0,07 y para el tercer escenario la producción de leche fue de 1782 kg, el margen bruto fue de $ 260.504 y la producción de metano por kg de leche producida fue de 0,06. Se pudo observar que al implementar la estrategia donde se adicionaba el suplemento alimenticio, la viabilidad económica no era la deseada para el productor. Según Molina *et al.* (2017), entre más productivo sea el animal, mayor será la dilución del gas en el producto, por lo tanto su huella de carbono será menor.

Al simular las producciones de CO_2 equivalentes, se encontró en promedio para estos predios -1810 t CO_2eq, este valor fue negativo debido a que el área destinada a la conservación –bosque- en cada predio, tenía mayor capacidad de captura de CO_2 que la capacidad productiva del mismo. Al realizar la simulación asumiendo que en los predios no había bosque, las producciones en promedio fueron de 76,37 tCO_2eq (65,5 t CO_2eq correspondientes a la producción de CH_4 y 10,87 t CO_2eq a la producción de N_2O). Según Mora (2010), en fincas doble propósito de Costa Rica, las producciones anuales de CO_2eq estaban en 66,5 t. La menor cantidad de CO_2eq emitidos por los predios costarricenses, podría atribuirse a la mejor calidad de los forrajes ofrecidos y a una posible suplementación, lo que ocasionaría una disminución en las emisiones de metano producido por los procesos de fermentación ruminal.

En cuanto a la cantidad de agua virtual requerida para cada animal desde su nacimiento hasta el sacrificio estuvo en 16.222 m^3/animal (± 36.049 m^3/t), lo cual estuvo por debajo de lo reportado por Chapagain & Hoekstra (2003) para ganado de leche en Colombia 141.520 m^3/t. En cuanto a la cantidad de agua requerida para producir un kg de leche, estuvo en 1,78 m^3/kg leche, lo cual estuvo por encima del promedio mundial según Chapagain & Hoekstra (2008) que era de 1 m^3/kg leche. Molina *et al.* (2016), estimó consumos de 12.804 m^3/animal -desde el nacimiento hasta su sacrificio- y 2,17 m^3/kg leche producida.

Herramienta de monitoreo

Por último, en la Tabla 1 se muestran los valores reportados por cada indicador para cada predio, utilizando la herramienta de monitoreo técnico económico para una ganadería sostenible (HMTEGS).

Tabla 1. *Calificación indicadores sociales por predio utilizando la HMTEGS.*

Indicadores	P1*	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Valor total/indicador
Vivienda	3	3	4	1	3	3	3	3	23
Acceso eduacación	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Acceso salud	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Vinculación servicios salud	3	2	5	2	5	3	5	3	28
Servicios públicos	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Seguridad alimentaria	1	1	1	1	3	1	1	1	10
Ingreso neto mensual	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Valor total/predio	13	12	16	10	17	13	15	13	

*P= Predio.

El valor total por predio indicó el estado en que se encontraba cada uno de éstos, a medida que el valor era mayor, significaba que éste se encontraba en mejores condiciones. El valor total por indicador mostró cuál de éstos era el más ausente en la zona, a medida que la calificación era menor, ese aspecto social era en el que más había falencias.

El indicador vivienda, mostró que en seis de los ocho predios concordaron que el estado de ésta era regular, un predio la calificó como muy mala y otro como terminada, muy buena. Para el indicador acceso a la educación, todos los predios concordaron en que no hay acceso a programas de educación, capacitación y acompañamiento ‘‘asistencia

técnica''. Para el indicador acceso a la salud, todos los predios concordaron en que había un puesto de salud en el sector pero sin personal y mal equipado. Para el indicador vinculación a servicios de salud), hubo dos predios en los que solo algunos trabajadores estaban inscritos al SISBEN, tres predios dijeron que todos sus trabajadores estaban inscritos al SISBEN y tres predios pagaban seguridad social para todos sus trabajadores. Para el indicador servicios públicos, todos los predios coincidieron en que no poseían servicio de energía eléctrica ni agua potable. Para el indicador seguridad alimentaria, solo un predio de los ocho trabajados poseía una huerta casera, la cual los proveía de alimentos para el consumo, pero no en mucha cantidad ni calidad; este problema de inseguridad alimentaria conlleva a que todo el alimento para el consumo humano debe ser comprado en la ciudad, ocasionando que gran parte del dinero que ingresa tiene que ser utilizado en la compra de alimentos, que hubieran podido ser producidos en el mismo predio. Para el indicador ingreso neto mensual, todos los predios respondieron en que sus ingresos eran menores a cuatro y superiores o iguales a un salario mínimo.

Conclusiones

El uso de indicadores económicos, ambientales y sociales, integrados en un mismo estudio, permite tener una mejor comprensión sobre el comportamiento de los sistemas productivos.

El contenido de COS t/ha encontrado en los bosques y potreros, indican que los suelos de esta zona son reservorios de CO_2 importantes, que si no son manejados adecuadamente podrían convertirse en una fuente de emisión de este gas a la atmósfera. Adicionalmente, las áreas destinadas a la conservación –bosques- en estos sistemas ganaderos, permiten contrarrestar las emisiones de CO_2eq producidas por los mismos.

Los simuladores LIFE-SIM, DGAS y la HMTEGS son herramientas útiles, de fácil manejo, ya que la información que requieren se puede obtener a nivel de campo, los resultados que arrojan son similares a lo encontrado en los predios, permitiendo tomar mejores decisiones a la hora de implementar estrategias amigables ambiental y económicamente.

Sistemas productivos intensivos en el uso de los recursos naturales: sol, agua, suelo, planta y animales, acompañados de su preservación, permitirán satisfacer las necesidades de alimentos y servicios ambientales de una población humana creciente.

De acuerdo a la investigación realizada y sabiendo que para que un sistema sea sostenible debe presentar un balance en sus componentes económico, ambiental y social; los resultados encontrados permiten afirmar que los sistemas productivos ganaderos de alta montaña incluidos en este trabajo no son sostenibles.

Literatura citada

1. Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (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. Recuperado de: *http://waterfootprint.org/media/downloads/Report13.pdf*
2. Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2008). Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 220p.
3. CIPAV. (2009). Herramienta de monitoreo técnico económico para una ganadería sostenible. Recuperado de: *http://www.cipav.org.co/index.php?option=com_wrapper&itemid=252.*
4. Corpoica. (2006). Revista Corpoica: Ciencia y tecnología agropecuaria. Recuperado de: *http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Revistas/Revistas.asp*
5. Cooprider, K. L., Mitloehner, F. M., Famula, T. R., Kebreab, E., Zhao, Y., A. L. Van Eenennaam. (2011). Feedlot efficiency implications on greenhouse gas emissions and sustainability. *Journal of Animal Science* 89(8), 2643-2656.
6. De Vries, M. & de Boer, I. (2009). Comparing environmental impacts of livestock products: a review of life cycle assessments. *Livestock Science* 128, 1–11.
7. DGAS. (2009). Dairy Green House gas Abatement Strategy Calculator. Farmer version User Manual-Version 1.2. Australia. *http://www.piccc.org.au/resource/360*
8. FAO. (2006). Livestock's long shadow. Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. *http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM*
9. FAO. (2009). The state of food and agriculture – livestock in the balance. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

10. Fedegan - Federación Colombiana de Ganaderos - Fondo Nacional del Ganado (2013a). Análisis del inventario ganadero Colombiano: Comportamiento y variables explicativas. 21p.

11. Fedegan - Federación Colombiana de Ganaderos - Fondo Nacional del Ganado (2013b.). Foro empresarización y competitividad ganadera: Costos y los indicadores de productividad en la ganadería Colombiana.

12. Franco, L. H.; Calero, D. & Duran, C. V. (2006). Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósito. Convenio 0620 – 1. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Gobernación del Valle del Cauca – Secretaria de agricultura y pesca.

13. Galindo. W. & Murgueitio E. (2007). Reducción ganadera de los páramos, una contribución a la adaptación al cambio climático de la alta montaña.

14. Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., & Steinfeld, H. (2011). Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science* 139, 100 –109.

15. Gómez, J. & Rueda, R. (2011). Productividad del sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009. (Trabajo de grado). Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario. Bogotá D.C. 89p.

16. Herrero, M., Gerber, P., Vellinga, T., Garnett, T., Leip, A., Opio, C., Westhoek, H., Thornton, P., Olesen, J., Hutchings, N., Montgomery, H., Soussana, J., Steinfeld, H. & McAllister, T. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: the importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology*.166-167, 779–782.

17. 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.

18. IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2007). Manual de métodos analíticos del laboratorio de suelos, Bogotá, D.C: IGAC, 20 p. Recuperado de: *http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/dd516280464b0a-ab8a70cb525e257f7f/LISTADO+DE+METODOS+EMPLEADOS+EN+EL+LABORATORIO+NAC%20IONAL+DE+SUELOS.pdf?MOD=AJPERES*

19. León Velarde C., Quiroz R. A., Cañas R.; Osorio J., Guerrero J., & Pezo, D. (2006). LIFE SIM: Livestock feeding strategies simulation models. Natural Resources Management Division. CIP (International Potato Center), Lima, Peru. (Working Paper no. 2006-1). 37p.

20. Molina, R., Sánchez, H., Uribe, J., & Atzori, A. 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, 7* (2), 107-119.

21. Molina, R., Sánchez, H., Campos, R., Atzori, A. & Morales, J. (2017). Dynamic estimation of greenhouse gas emissions from bovine livestock of Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agron. 66* (3), 422-429.

22. Mora, V. (2010). Balance de gases de efecto invernadero y la carbono neutralidad en sistemas agrosilvopastoriles de Costa Rica. Presentado en el VI congreso internacional de agroforesteria para la producción pecuaria. Ministerio de agricultura y ganadería - Costa Rica.

23. Oosting, S., Udo, H. & Viets, T. (2014). Development of livestock production in the tropics: farm and farmers' perspectives. *Animal.* 1-11.

24. Ospina, G. & Molina, R. (2009). Diagnóstico y caracterización de los sistemas productivos ganaderos del Parque Nacional Natural Las Hermosas y su zona de influencia en el sector de Palmira y planeación de modelos pilotos productivos a implementar en los predios caracterizados, enfocados hacia una propuesta de ordenamiento territorial que cumpla una función amortiguadora. Convenio no. 054 de 2008. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia. pp 121.

25. Peters, K. (2008). Valor nutricional y disponibilidad de biomasa del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en sistemas d pastoreo basados en la edad fenológica de la planta. (Tesis). Universidad de Costa Rica.

26. PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo en Colombia (2011). Colombia rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011. Bogotá: INDH PNUD. 443p.

27. Sarria, P.; Builes, A.; Restrepo, C. & Murgueitio, E. (2008). Evaluación de la producción y calidad de kikuyo Pennisetum clandestinum asociado con árboles de aliso Alnus acuminata en los Andes Centrales, Antioquia. En el libro: Ganadería del futuro (investigación para el desarrollo). Capitulo 17.

28. World Bank. (2007). World development report 2008: agriculture for development World Bank, Washington, DC. Recuperado de: *http://bit.ly/2heWjsj*

29. World Bank. (2009). Awakening Africa's sleeping giant: prospects for comercial 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: Febrero 28 de 2017
Aceptado: Abril 07 de 2017

Acuerdos de pesca en los lagos de Tarapoto: alternativa de gestión para los bienes comunes en la Amazonia colombiana

Fisheries agreements in the Lakes of Tarapoto: alternative management for common goods in the Colombian Amazon.

Acordos de pesca nos lagos de Tarapoto: alternativa de Gestão para os bens comuns na Amazônia Colombiana

Catalina Trujillo Osorio[1], Liseth Johanna Escobar[2] & Fernando Trujillo González[3]

[1]Economista, Magister en Estudios Amazónicos. [2]Economista, Candidata a Magister en Estudios Amazónicos.
[3]Biólogo Marino, Magister en Ciencias, Doctor en Zoología

[1]Facultad de Ciencias Económicas, Universidad del Quindío.
[2]Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonía. [3]Fundación Omacha

[1]ctrujillo@uniquindio.edu.co, [2]ljescobara@unal.edu.co, [3]fernando@omacha.org

Resumen

Se presentan las experiencias de gestión de recursos pesqueros en resguardos indígenas del Amazonas colombiano y los resultados y limitaciones del proceso adelantado para la construcción de acuerdos comunitarios de pesca. Se usó la metodología de investigación-acción-participación respondiendo al objetivo de crear estrategias para contrarrestar los problemas de agotamiento del recurso pesquero de los lagos de Tarapoto en el resguardo Ticoya y consolidar estrategias propias para fortalecer la capacidad de gobernanza interna del recurso pesquero dentro del territorio indígena. Se encontró que los acuerdos de pesca actúan como instituciones que regulan y optimizan el uso de bienes comunes de libre acceso, y consolidan la capacidad de gobernanza en territorios indígenas. Se concluye que la consolidación de un sistema propio de gestión debe ir más allá del control del recurso, evidenciando los esfuerzos locales por adoptar sistemas de manejo alternativo que se integren al modo de vida indígena y a los modelos de producción tradicional.

Palabras clave: cuenca amazónica, gestión pesquera, gobernanza pesquera, pesca artesanal, propiedad colectiva.

Abstract

The experiences of management of fish resources in indigenous safeguards of the Colombian Amazon and the results and limitations of the advance process for the construction of Community fishing agreements are presented. The methodology of research-action-participation was used responding to the objective of creating strategies to counteract the problems of depletion of the fishing resource of the lakes of Tarapoto in the Ticoya shelter and to consolidate strategies of its own to To strengthen the internal governance capacity of the fishing resource within the indigenous territory. It was found that fisheries agreements act as institutions that regulate and optimize the use of common free-access goods, and consolidate governance capacity in indigenous territories. It was

concluded that the consolidation of a management system should go beyond the control of the resource, evidencing local efforts to adopt alternative management systems that integrate the indigenous way of life and traditional production models.

Key-words: Amazon basin, fisheries management, fisheries governance, artisanal fisheries, collective property.

Resumo

Apresentamos as experiências de gestão de recursos haliêuticos nas reservas indígenas da Amazônia colombiana e os resultados e limitações do processo avançado para a construção de acordos de pesca comunitários. A metodologia pesquisa-ação-participação foi utilizada em resposta ao objetivo de criar estratégias para combater os problemas de esgotamento dos recursos pesqueiros dos lagos de Tarapoto no abrigo de Ticoya e consolidar suas próprias estratégias para fortalecer a capacidade interna de governança do recurso pesqueiro dentro da território indígena. Verificou-se que os acordos de pesca atuam como instituições que regulam e otimizam o uso de bens comuns de livre acesso e consolidam a capacidade de governança em territórios indígenas. Conclui-se que a consolidação de um próprio sistema de gestão deve ultrapassar o controle do recurso, evidenciando os esforços locais para adotar sistemas de gerenciamento alternativos integrados ao estilo de vida indígena e modelos de produção tradicionais.

Palavras chave: bacia amazônica, gestão das pescas, governança das pescarias, pesca artesanal, propriedade coletiva.

Introducción

La cuenca amazónica contiene la mayor riqueza íctica entre los sistemas de agua dulce del planeta (Gutierrez, 2010), por lo que la pesca es la principal fuente de alimento de la sociedad amazónica (Pantevis Girón, 2013), el canal central de seguridad alimentaria de la población nativa (Trujillo & Florez, 2016), y una de las mayores actividades económicas de la región (Prieto, 2000; Universidad Nacional de Colombia, Corpoamazonia, Fundación Omacha, 2007; Barreto & Borda, 2008). Es por ello que la conservación y el control de la actividad pesquera se ha tornado escencial para la sostenibilidad socioambiental, evidenciando la importancia de consolidar sistemas altenativos de manejo para los recursos pesqueros amazónicos (Instituto de Investigación de los Recursos Hidrobiológicos Alexander von Humboldt, 2011).

Este artículo presenta las experiencias de la comunidad indígena del municipio de Puerto Nariño en el Amazonas Colombiano, para consolidar un sistema de gestión alternativo basado en la implementación de acuerdos de pesca propios, planteados a partir del conocimiento local de los pescadores sobre las dinámicas del ciclo hídrico amazónico y las necesidades de las especies ícticas de mayor uso pesquero (Trujillo & Trujillo , 2009). En este contexto, los acuerdos de pesca como instrumentos de gestión ambiental se conciben como reglas locales creadas por los habitantes del territorio con el objetivo de dirigir y controlar las extracción de los recursos pesqueros dentro del mismo, ratificando el derecho de autogestión de los usuarios, sobre los bienes comunes de su terriotorio (Castello, 2013).

Con este mismo enfoque, en la Amazonia se han realizado otras experiencias de acuerdos de pesca, donde las comunidades ribereñas han implementado sistemas de manejo pesquero basado en reglas de juego locales. Estos procesos han sido bien desarrollados en la Amazonia Brasilera, donde por ejemplo en la región de Tefe, Estado do Amazonas, se definieron y delimitaron lagos de reserva, de preservación y lagos de libre uso; así mismo en la región de Santarém, Estado do Pará, los acuerdos y reglas de uso generadas por los pescadores

locales organizados fueron respaldadas legalmente por la autoridad ambiental brasilera IBAMA, por lo que comenzaron a tener un cumplimiento de tipo obligatorio (ProVarzea, 2005).

En el caso de la Amazonia colombiana, algunas experinecias de manejo se encuentran en Guainía en el río Inírida-Estrella Fluvial del Inírida (Zuluaga & Franco, 2014), en el bajo río Caquetá- La Pedrera (Palma, 2014), y en el departamento del Amazonas, en Leticia con los acuerdos de los lagos de Yahuarcaca (Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia, 2011), y en Puerto Nariño en los lagos de Tarapoto (Trujillo & Trujillo, 2009). Entre este grupo de experiencias, los acuerdos de pesca de los lagos de Tarapoto se constituyen como el proceso de manejo local de recursos pesqueros con mayor antigüedad en el país.

Los lagos de Tarapoto se localizan en el resguardo indígena Ticuna-Cocama-Yagua (Ticoya), del Municipio de Puerto Nariño, departamento del Amazonas Colombiano (Moreno, 2014). El municipio tiene un area de 1.074 Km^2, 92% perteneciente al resguardo, dentro de los cuales 8,9% constituye los humedales y lagos de Tarapoto (Trujillo & Duque, 2014); acorde al pensamiento indigena estos representan el origen de la vida y la cultura del pueblo Ticoya (Camacho, 2013). En Colombia, para los territorios indígenas, los recursos pesqueros son un claro ejemplo de bienes comunes, definidos como los bienes que pertenecen a una colectividad, los cuales no son sujetos de apropiación individual, constituyen el modo de vida de la sociedad y representan el patrimonio socio-ecológico del territorio (Ostrom, 2000).

Los bienes comunes fueron inicialmente analizados por Garett Hardin (1968), en su teoría La tragedia de los Comunes, donde se mostraba como éstos eran usados de manera insostenible ante situaciones de escasez, o cuando no existían sistemas de control para su uso, quedando condenandos a la sobreexplotación, el agotamiento y la extinsión (Trujillo & Escobar, 2015). En respuesta a los planteamientos de Hardin, Elinor Orstrom (2000) desarrolla una teoría complementaria, donde a partir de la recopilacion de experiencias en campo alrederor de todo el mundo, identificó las circunstancias que generan las diferentes formas de uso de los bienes comunes, y las razones que motivan a usarlo de maera colectiva, cooperativa o egoísta, de forma tal que se generen situaciones de sostenibilidad, resiliencia o agotamiento dentro de ellos. Ostrom señala que es posible generar acuerdos o contratos que involucren a todos los actores, generando estrategias de cooperación colectiva propia, con incentivos internos para su cumplimiento (Ostrom, 2000).

Este artículo presenta los resultados de un proyecto de investigación-acción-participativa, desarrollado por la Fundación Omacha, con el objetivo de crear estrategias para contrarrestar los problemas de agotamiento del recurso pesquero de los lagos de Tarapoto en el resguardo Ticuna, Cocama, Yagua, Ticoya y consolidar estrategias propias para fortalecer la capacidad de gobernanza interna del recurso pesquero dentro del territorio indígena.

El artículo se presenta en 7 secciones, que recogen el contexto local, la metodología empleada y los resultados obtenidos durante la creación y funcionamiento de los acuerdos. Asi, la primera seccion describe la problemática pesquera, su contexto local y la importancia de los acuerdos de pesca en la gestión de los bienes comunes; la segunda parte presenta la planeación y el proceso de formulación de los acuerdos al interior de la comunidad; la tercera describe la puesta en marcha de los acuerdos y la creación de un sistema de promoción, monitoreo y control local; la cuarta sección muestra los resultados del proceso tras seis años de funcionamiento; la sección cinco presenta las conclusiones y lecciones aprendidas durante el proceso, y finalmente la sexta parte presenta las recomendaciones para la gestión del recurso pesquero.

La problemática pesquera y su contexto local

El complejo de humedales y Lagos de Tarapoto, representa un territorio de importancia vital para el resguardo Ticoya y un ecosistema de alta fragilidad ambiental para la Amazonia colombiana. Está conformado por dos unidades ecológicas funcionales: la vársea, en los tramos afectados por las inundaciones

periódicas del río Amazonas y el Igapó, correspondiente a los sectores influenciados por las aguas negras del río Loretoyacu. Adicionalemente, dentro del complejo se encuentran tres tipos de bosque: el de tierra firme que no presenta inundaciones; el bosque de vársea sujeto a inundaciones periódicas por aguas blancas, y el bosque pantanoso o Igapó que se inunda estacionalmente por aguas negras (Trujillo & Duque, 2014). Dentro del bosque inundado se encuentran los pepeaderos, zonas del bosque con una alta producción de semillas, que son en su mayoría alimento alóctono para peces, por lo que el cuidado integral del ecosistema de bosques inundables es fundamental para garantizar la producción pesquera (Trujillo & Trujillo , 2009). La Figura 1 presenta la ubicacion de los humedales y lagos de tarapoto y el área de influencia de los acuerdos de pesca y el programa de monitoreo.

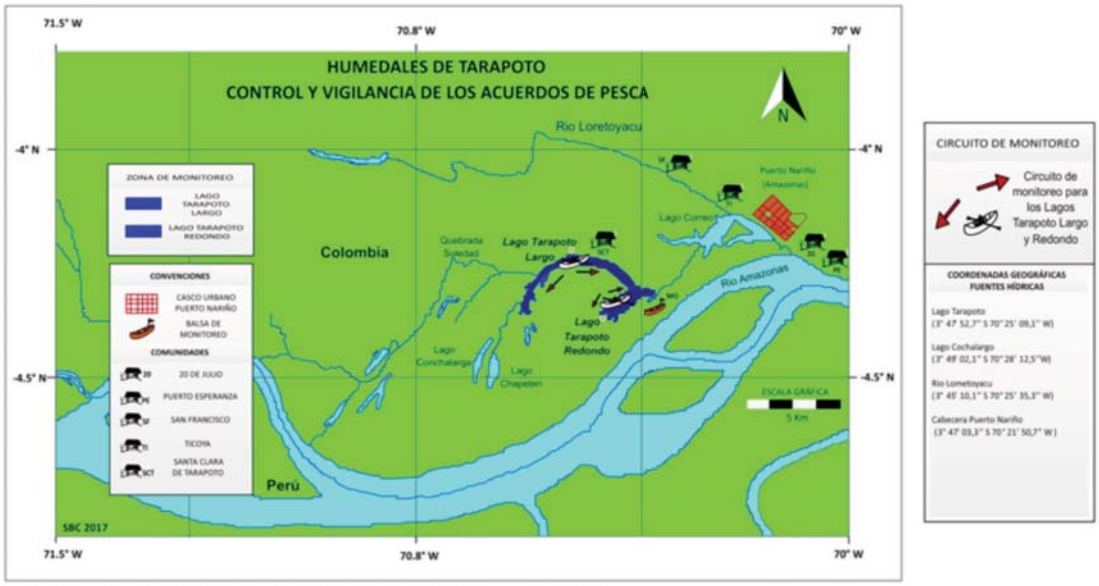

Figura 1. Lagos de Tarapoto y sistema de monitoreo y control de los acuerdos de pesca

Este ecosistema alberga 176 especies de peces, 244 de aves, 30 de reptiles, 56 de anfibios, y 76 de mamiferos y sustenta una población humana de más de siete mil personas que habitan en las comunidades aledañas al sistema (WWF- Fundación Omacha, 2017). Las actividades económicas del municipio son principalmente de tipo extractivista predominando la pesca, la extracción madera, el uso de productos del bosque y en menor medida el turismo. Por esta razón la disponibilidad de recursos naturales es de gran importancia, ya que estos garantizan una fuente de empleo e ingresos constante a las comunidades del municipio (Trujillo, 2014). Dentro de las actividades generadoras de ingresos, la población depende fuertemente de la actividad pesquera para garantizar su subsistencia. De acuerdo a estudios realizados por Trujillo & Florez (2016), la pesca ocupa el segundo renglón dentro de la economía de los hogares indígenas, aportando el 24% de los ingresos, 10% por venta y comercialización de productos pesqueros y 14% por el autoconsumo directo del grupo familiar del pescador.

Aunque durante muchos años los habitantes de las comunidades usuarias del lago hicieron uso racional del ecosistema (Camacho, 2013; Durrance, 2003), factores recientes como el incremento poblacional

y la introducción de nuevas tecnologías pesqueras como cuartos fríos y grandes mallas, han generado conflictos de uso del recurso, además de escasez y preocupación en la población indígena por el incremento en la presión pesquera y la reducción de la capacidad de resiliencia de los humedales y el lago de Tarapoto, como se identifica en los estudios realizados por Duque *et.al* (2009).

Formulación de acuerdos de pesca

La formulación de acuerdos de pesca inicia en el año 1992 con la expedición de la resolución No. 021 del INCORA del 13 de marzo de 1990, por medio de la cual se crea la propuesta para la reglamentación pesquera del municipio y resguardo de Puerto Nariño, formulado por el INPA, la cual nunca fue implementada por las autoridades del municipio, debido a la falta de acompañamiento de las instituciones administrativas de la región y por no haber abordado una aproximación participativa para su realización (Fundación Omacha; ICA, 2009).

Dado que en el trapecio amazónico la presencia de las organizaciones estatales competentes en la regulación de la normatividad pesquera es débil, en Puerto Nariño es fundamental que las comunidades ejerzan mecanismos propios de control territorial para abordar los problemas de gobernanza pesquera. De este modo, con la formulación de acuerdos de pesca se dio inicio a una etapa de consolidación de sistemas de manejos propios, diferentes a los practicados por el Estado colombiano, donde la población usuaria es quien asume la gobernanza de los recursos del territorio. Este pensamiento de gestión colectiva se materializa en el año 2005 con la formulación del plan de vida indígena del resguardo Ticoya, donde se establecieron lineamientos iniciales para el manejo de los recursos naturales del resguardo y se decretó a los lagos de Tarapoto como zona de manejo especial indígena (ATICOYA, 2007). Posteriormente, en el año 2006 Corpoamazonia ordena la formulación del plan de manejo de humedales de Tarapoto, el cual se realiza de la mano con la Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia, la Fundación Omacha y las autoridades del resguardo, a partir del cual se evidencia la necesidad de consolidar sistemas propios de gestión y control de los humedales del resguardo (Universidad Nacional de Colombia, Corpoamazonia, Fundación Omacha, 2007).

El inicio del proceso de creación de los acuerdos de pesca, se realizó a partir de actividades de investigación participativa con las autoridades locales, los pescadores y abuelos del resguardo. A partir de talleres comunitarios y trabajo colectivo se identificó la estrategia deseada para la gestión, manejo y control del recurso pesquero, de forma que esta fuera incluyente, concertada, factible y real para el contexto sociocultural y ambiental del resguardo (Duque *et.al*, 2009). De manera participativa se identificaron los pasos a desarrollar con la comunidad para consolidar la estrategia y su permanecia en el largo plazo (Trujillo & Trujillo, 2009). Los pasos definidos fueron: i-Generar conciencia sobre los problemas que sufren los lagos de Tarapoto, ii- Invitar y motivar a la población para que participara activamente en la construcción de soluciones, iii-Informar y enseñar a la comunidad las formas como se pueden cuidar y manejar los lagos y los peces, iv-Organizar el pensamiento y las ideas, siguiendo el consejo de sabedores, abuelos y pescadores; v- Elaborar las propuestas de manejo y control que posteriormente se conviertieron en acuerdos formales de pesca, vi- Crear un sistema de monitoreo para fomentar el cumplimiento de los acuerdos y el monitoreo del lago (Trujillo & Trujillo , 2009).

La Figura 2 presenta los pasos y elementos identificados para la elaboración de los acuerdos de pesca.

Figura 2. Pasos para la formulación de acuerdos de pesca de los lagos de Tarapoto

Como resultado de los talleres de construcción, se establecieron cuatro grupos de acuerdos o reglas, encaminadas a la solución de las principales problemáticas:

a. Manejo del recurso pesquero: establecen las especies y cantidades permitidas para la extracción, los periodos de veda y el control a la comercialización de alevinos y ornamentales.
b. Las artes de pesca: regulan el uso de mallas y elementos de pesca según el ciclo hidríco; prohiben el uso de elementos tóxicos y armas de fuego.
c. El ingreso al lago: establecen la velocidad de tránsito por los lagos y el ingreso de barcos pesqueros según su tipo; prohiben el ingreso de varcos pesqueros comerciales.
d. Manejo del lago y el bosque inundado: establecen medidas sobre el manejo especial de los pepeaderos y el bosque inundado; regulan la extracción forestal.

En el 2011, los acuerdos de pesca se presentan a la Asamblea *Wone* -maxima institucion legislativa del resguardo Ticoya-, para su validación como leyes propias derivadas de la sabiduria y el pensamiento indígenas, y son oficializados dentro del resguardo como normas internas de obligatorio cumplimiento para sus habitantes. Este reconocimiento por parte de la Asamblea *Wone* constituyó el inicio de la formalizacion juridica del proceso y la lejitimacion social del mismo, asi como la incorparacion del proceso al plan de vida indigena y la incorporacion de un sistema externo en la concepcion local del manejo del medio, lo que evidencia la transicion hacia sistemas hibridos de gestion territorial.

Posteriormente, en 2017 los lagos de Tarapoto son decretados como sitio RAMSAR consolidando un nuevo escenario para el manejo del territorio del resguardo Ticoya y sus recursos acuaticos. Adicionalmente en Junio de 2016, los acuerdos de pesca son reconocmidos por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca–AUNAP y obtienen resolución como normativa de obligatorio cumplimiento dentro del país, iniciando una nueva etapa para la gobernanza pesquera de la region (Resolución 1225 de 2017). La Figura 3 presenta la evolucion cronologica de la costrucción de los acuerdos de pesca como sistema de gestión pesquera.

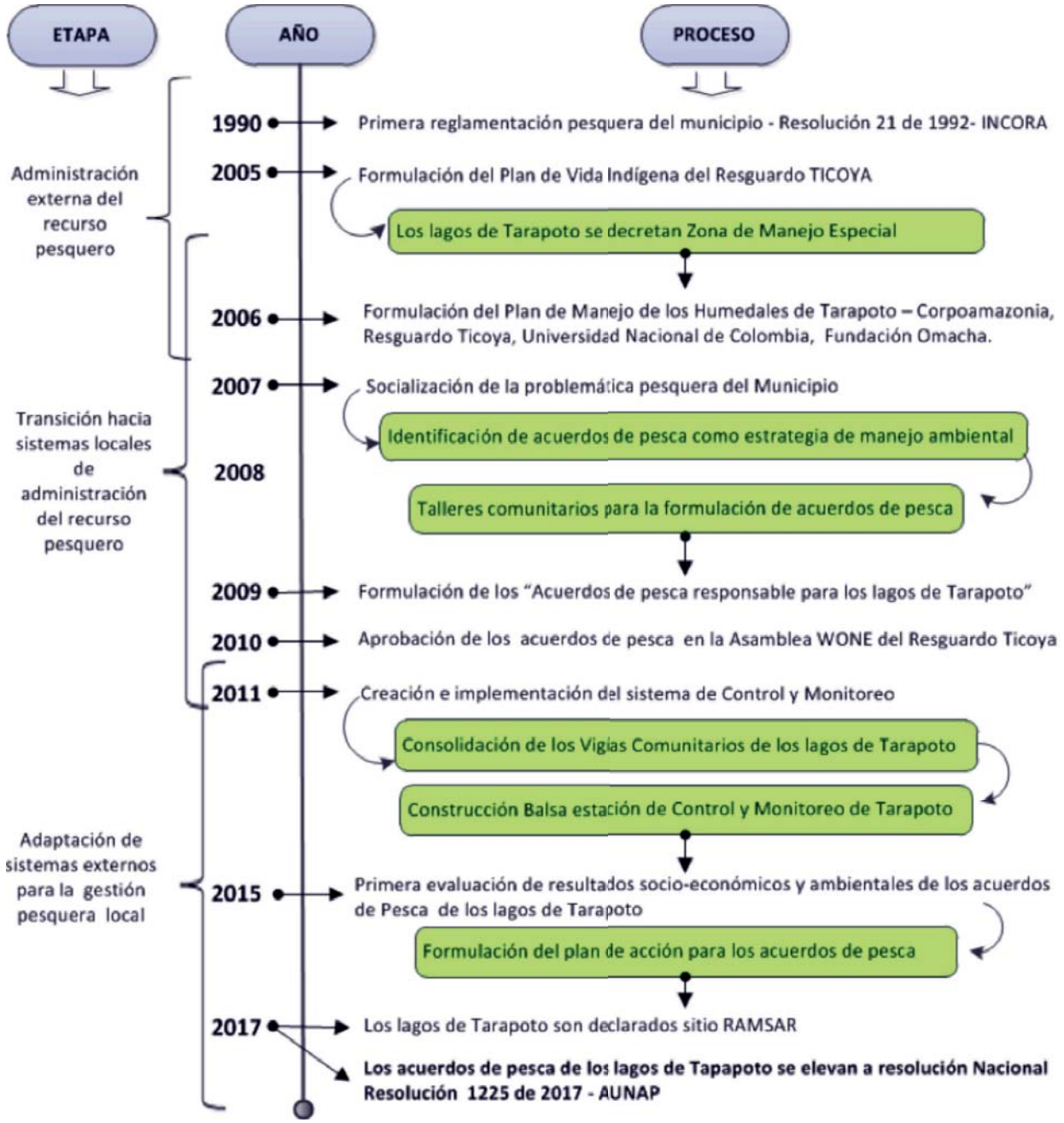

Figura 3. Origen y evolucion de los acuerdos de pesca de los lagos de Tarapoto.

Implementación y control de los acuerdos de pesca

Con el fin de implementar los acuerdos aprobados en la Asamblea *Wone,* se creó el programa de Vigías Comunitarios del Lago de Tarapoto, conformado por un grupo organizado de pescadores de las comunidades donde habitan los principales usuarios del recurso. La Tabla 1 muestra la ubicación de las comunidades usuarias del lago, la distancia de las mismas a la entrada del lago Tarapoto y el número de vigías por comunidad.

Tabla 1. *Comunidades usuarias y vigías del lago Tarapoto.*

Comunidad	Ubicación de la comunidad	Distancia al lago	No de vigías
Puerto Esperanza	Ubicada sobre el río Amazonas	9,30 km	6
20 de Julio	Ubicada sobre el río Amazonas	8,41 km	6
Puerto Nariño	Ubicado sobre el río Loretoyaco	6,59 km	3
Ticoya	Ubicada sobre el río Loretoyaco	6,18 km	3
Santa Clara de Tarapoto	Ubicada sobre lago Tarapoto Largo	2,0 km	4
San Francisco	Ubicada sobre el río Loretoyaco	6,16 km	4

El grupo de vigías cumple la función de promotores ambientales e investigadores locales, realizando labores de monitoreo y promoción de los acuerdos de pesca con el resto de la comunidad que hace uso de los recursos del lago. Las actividades de monitoreo son realizadas mediante un sistema de turnos rotativos, que opera en una balsa flotante ubicada a la entrada de los lagos Tarapoto largo y Tarapoto redondo, durante las 24 horas al día, siete días a la semana. El monitoreo es complementado con recorridos diurnos y nocturnos por los lagos principales, con el fin de sensibilizar y educar a la población para que se cumplan los acuerdos de manera voluntaria y se promuevan las prácticas de pesca artesanales propias de la cultura indígena.

Respecto a las funciones de control, se realiza un registro de infracciones, siendo la más frecuente el uso de mallas no reglamentadas; hasta 2016 el cumplimiento de los acuerdos estaba sometido a la voluntad de los usuarios, dado que los vigías no tienen competencia para aplicar sanciones u otras medidas correctivas, aspecto que durante los primeros años del programa constituyó un limitante para la eficacia del control y debilitó el proceso por la falta de autoridad local sobre los diversos usuarios del recurso; a la fecha los acuerdos son de obligatorio cumplimiento y deben ser respaldados por la autoridad nacional de pesca.

Resultados de los acuerdos de pesca

En 2015 se llevó a cabo la primera evaluación de resultados del programa. El seguimiento se realizó mediante una serie de encuestas a los pescadores vigías, monitoreo a la estación de control y visitas a los lagos; lo que permitió identificar las transformaciones en el manejo pesquero generadas a partir de la implementación de los acuerdos y del trabajo de los vigías comunitarios. Para la evaluación se recopiló información sobre los hábitos de pesca, las artes y aparejos utilizados y el producto por unidad de esfuerzo. Sobre los resultados de los acuerdos, se evalúo el cumplimiento de las metas iniciales teniendo en cuenta la percepción de los usuarios sobre los efectos de los acuerdos en el bienestar del recurso pesquero; también se analizó el funcionamiento administrativo del programa y las dificultades presentadas en el proceso. Las encuestas e inspecciones fueron aplicadas entre febrero y abril de 2015 -periodo de aguas en ascenso-, complementando la información con monitoreos semanales en la estación de vigilancia y control.

Sobre los hábitos y resultados de la pesca se identificó que cada pescador, extrae en promedio 4,46 sartas de pescado, destinado en un 68% al autoconsumo familiar, 3% a la redistribución comunitaria y 29% a la venta del producto en la comunidad. En cuanto a las artes utilizadas, se encontró que con la implementación de los acuerdos los usuarios cambiaron sus hábitos de pesca, viéndose reflejado principalmente en los métodos utilizados para extraer el pescado; la flecha, la vara y la malla, elementos permitidos en los acuerdos, aparecen como los aparejos con mayor frecuencia de uso: flecha y vara 61%, malla de ojo grande 31%,

otros 8%. Adicionalmente, para el periodo analizado no se encontró ningún registro de elementos prohibidos, tales como las mallas menuderas que eran sin duda una de las principales causas de sobrepesca y reducción de la oferta pesquera. En cuanto a esto, el uso de las mallas aparece asociado a los niveles de inundación y a la capacidad de monitoreo de los vigías, especialmente en las zonas más apartadas y menos supervisadas de los lagos. Aunque los registros corresponden a mallas permitidas -agujero de malla mayor a 3 pulgadas- controlar el uso de éstas representa una de las mayores dificultades actuales, puesto que durante el ascenso de aguas los pescadores puede ingresar a los lagos por diferentes varaderos del bosque inundable, evadiendo el paso por la estación de control, e ingresando mallas no permitidas.

Respecto al cumplimiento de los acuerdos, se encontró que la mayoría de los pescadores tienen un mayor compromiso y disposición a cumplir las normas establecidas cuando se han desempeñado como vigías. Según registros, los pescadores vigías hacen mayor uso de elementos de pesca artesanales y en menor medida de mallas, que los pescadores no participantes del programa. La Figura 4 muestra los elementos de pesca empleados por los pescadores en el lago Tarapoto, teniendo en cuenta su participación en el programa de vigías.

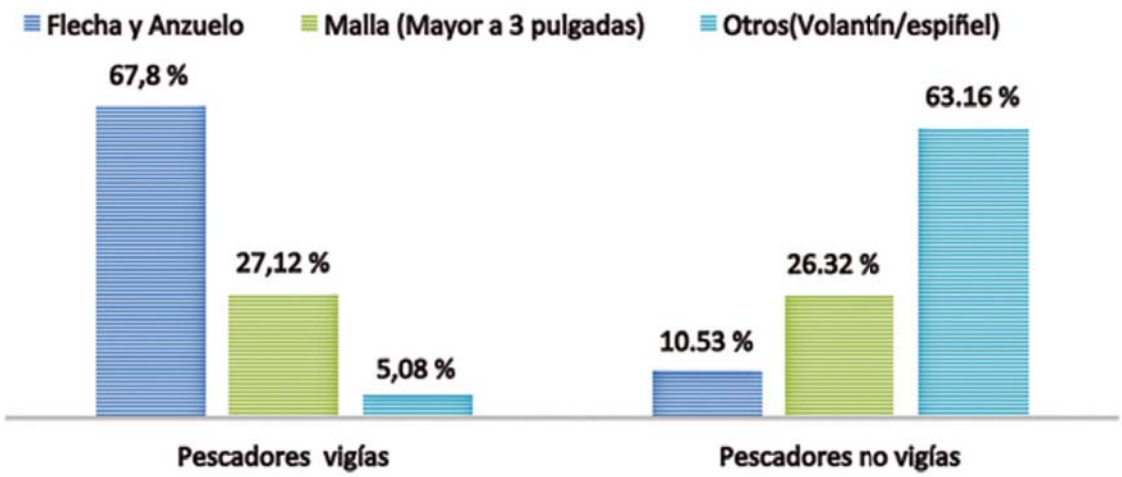

Figura 4. Elementos de pesca utilizados en los lagos de Tarapoto

Con relación al cumplimiento de los objetivos del programa, se encontró que los acuerdos han contribuido a la recuperación de la calidad ambiental del lago y los recursos pesqueros. De acuerdo a los resultados de las encuestas, tras cinco años de monitoreo y promoción de los acuerdos, la población reporta un incremento generalizado en las tallas de captura en especies como el Pirarucú *Arapaima gigas*, la Arawana plateada *Osteoglossum bicirrhosum,* la Gamitana *Colossom spa* y los Bagres *Pseudoplatystoma sp* (Figura 5), al igual que una mayor presencia de diversas especies de captura en general. Así mismo se reporta una diminución en el tiempo dedicado a las faenas de pesca, así como una mayor posibilidad de éxito en la pesca con artes tradicionales. La Figura 5 muestra la percepción de la comunidad sobre el incremento en las tallas de captura de cada especie. Según encuestas la Arawana plateada *(Osteoglossum bicirrhosum)* presenta la mayor recuperación del recurso con 42% de las encuestas reportando un incremento en su talla de captura.

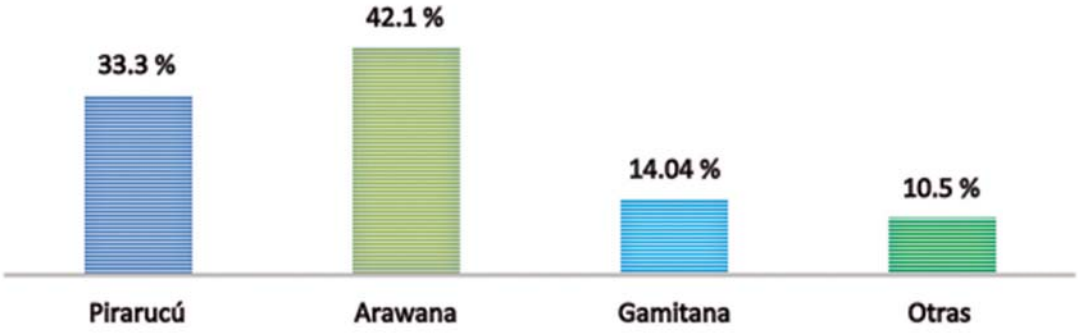

Figura 5. Percepción social sobre incrementos en las tallas de captura por especie.

Finalmente se encontró que, a nivel administrativo, la implementación de los acuerdos de pesca requiere de recursos permanentes para su financiación, que aseguren el monitoreo y las actividades de promoción y educación ambiental. Según encuestas, las autoridades del resguardo no cuentan con la capacidad administrativa necesaria para gestionar recursos financieros, ni para mantener activo el sistema de monitoreo, por lo que la presencia de recursos y actores externos se torna importante para garantizar la operatividad y continuidad del proceso de gestión propia del territorio, creando una figura de dependencia externa en la gobernanza local.

Conclusiones y lecciones aprendidas

Durante los últimos años, los acuerdos de pesca se han convertido en una herramienta real para el control y manejo del recurso pesquero en los lagos de Tarapoto, pues desde su implementación se ha evidenciado la recuperación de la oferta pesquera, se han restablecido las prácticas tradicionales de pesca y se ha retornado a la percepción de esta actividad como fuente de subsistencia familiar y provisión alimentaria. Hoy en día, los acuerdos son considerados por la población pescadora, como una herramienta que ha permitido la recuperación de los hábitos de pesca artesanales y los modos de vida tradicionales, generando conciencia en la comunidad acerca de la importancia de manejar y hacer un uso planeado de los recursos pesqueros y en general de los humedales de Tarapoto. De la información recolectada en el proceso de formulación, ejecución y seguimiento, se pudo evidenciar que los problemas relacionados al control y aplicación de sanciones son producto de dos factores: como primera medida, durante la planeación no se estableció con claridad quien debía asumir la responsabilidad de regular y supervisar el cumplimiento de los acuerdos, así como aplicar sanciones y medidas correctivas. Segundo, por ser un proceso en un resguardo indígena, las instituciones del Estado delegan la responsabilidad de gestión y control a la población y autoridades locales, de modo que el proceso carece de respaldo estatal.

Aunque la autoridad pesquera colombiana ha estado presente en las etapas del programa, especialmente en la legalización de los acuerdos, Resolución 1225 de 2017, su presencia y capacidad de reacción en la zona son limitadas por lo que los acuerdos de pesca carecen de un respaldo oficial real de hecho. Si bien este tipo de manejo es un proceso comunitario, la necesidad de apoyo estatal es una realidad, especialmente en una zona de frontera donde los límites internacionales no son respetados por los pescadores. Dada la ausencia de las instituciones del estado en la zona de estudio, y a la baja capacidad de gestión financiera de las comunidades locales, las ONG's han asumido el financiamiento operativo y las funciones logísticas de los acuerdos de pesca. De este modo, su presencia en el territorio se ha convertido en una fuente de financiación y gestión de los recursos pesqueros. De esta manera, el objetivo inicial de lograr una mejor autogestión de la pesca por parte de la comunidad y las autoridades locales del resguardo, no se cumple, pues las ONG's terminan asumiendo la

responsabilidad de gestión de las autoridades tanto locales, como estatales.

Este proceso evidencia la relevancia de buscar sistemas alternativos de gestión territorial complementarios a la política de control de la autoridad pesquera nacional, y la importancia de fortalecer las capacidades de auto-gobernanza en las comunidades que buscan administrar sus territorios bajo parámetros propios. Durante la evolución del mismo, la sobrevivencia y evolución de los acuerdos de pesca evidenció la tendencia de la comunidad para adoptar sistemas híbridos de manejo del territorio, que, si bien fueron construidos de manera participativa, también presentan un alto contenido de pensamiento occidental basado en la planeación, el control, la supervisión y la sanción externa; elementos ajenos al sistema de manejo propio de la población local. La experiencia del proceso enseña que los acuerdos comunitarios pueden ser una estrategia para el uso sostenible del territorio, pero requieren de recursos financieros externos para garantizar los costos del monitoreo, las actividades de educación y la formación de capacidades de gestión; esto debido a que el cumplimiento de los acuerdos depende de supervisión constante, la cual es financiada con fondos externos generalmente gestionados por ONG's, lo que a través del tiempo va generando una dependencia de elementos externos al funcionamiento y el manejo tradicional del territorio.

Recomendaciones para la gestión del recurso pesquero

Se resalta la necesidad de un sistema de monitoreo con presencia local, pues la ausencia de una institución que se encargue de realizar funciones de control, es una dificultad que pone en riesgo la eficiencia de los acuerdos y del programa en general a pesar de su formalización como decreto nacional. Con este reconocimiento los acuerdos pasan a ser de obligatorio cumplimiento, tanto para la población local como para cualquier otro actor que quiera acceder al sistema de lagos, reforzando la capacidad de control y la eficiencia del sistema. Dado que los acuerdos no son solo reglas de pesca, sino que se entienden como todo un sistema de conservación del modo de vida tradicional indígena, el programa necesita de permanente acompañamiento y asesoría en diversos temas de educación ambiental y administración. Adicionalmente demanda estrategias de control y monitoreo directo de los lagos; por lo que no es posible concebirlo como un programa auto sostenible, pues requiere de recursos financiaros para su funcionamiento y no cuenta con ningún sistema para la generación de recursos propios.

Respecto al proceso de seguimiento y evaluación, aunque se encuentran resultados positivos, reflejados en la recuperación de especies, y mejora en las condiciones del ecosistema, se requiere la aplicación de seguimientos y análisis periódicos, que permitan identificar las fortalezas y dificultades del proceso y direccionarlo objetivamente. Finalmente, se requiere articular estas estrategias con las acciones, políticas y programas de manejo ambiental del municipio y el departamento, pues no hay una articulación con los planes de desarrollo municipal o departamental, no se cuenta con apoyo presupuestal de estas actores, y no hay integración entre el programa y otras líneas de gestión territorial en la región. Esta integración y articulación con el ente gubernamental local es clave para facilitar y mejorar el funcionamiento y control del programa y para el desarrollo futuro de los acuerdos de pesca.

Agradecimientos

Este artículo fue desarrollado dentro del marco del proyecto "Pensando, pescando y cuidando juntos; construcción de acuerdos colectivos para el manejo del recurso pesquero en territorios indígenas", desarrollado por la Fundación Omacha. Los autores agradecen a las diversas instituciones que apoyaron su realización; a los pescadores y sabedores que participaron en talleres y reuniones, a los vigías comunitarios de pesca, a las autoridades del resguardo Ticoya que han acompañado el proceso, y al equipo de la fundación Omacha por su apoyo y asesoría permanente. También se extiende un especial agradecimiento a las instituciones que financiaron las diversas etapas del proyecto: la Fundación Omacha, el INCODER, el ICA, la AUNAP, Corpoamazonia, la UNAL sede Amazonia, entre otros colaboradores.

Literatura citada

1. Asociación de Autoridades Indígenas - ATICOYA (2007). Actualización del plan de vida de los Tikuna, Cocama y Yagua – Documento Síntesis – Plan de Vida 2007 -2017. 62 p. Recuperado de: *http://bit.ly/2y0jHx9*
2. Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca - UNAP (2017). Resolución 1225 de 2017, Reglamentación de la actividad pesquera en los lagos de Tarapoto, departamento de Amazonas. Recuperado *de http://bit.ly/2y0QFNM*
3. Barreto, C. & Borda, C. (2008). Evaluación de los recursos pesqueros colombianos. Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 131p.
4. Caballero, G. & Garza, M. (2010). La nueva economía institucional y la economía delos recursos naturales: comunes, instituciones, gobernanza y cambio institucional. *Economía Agraria y Recursos Naturales, 10,* 61-91.
5. Camacho, K. A. (2013). Tejiendo Sueños, atrapando peces: Hilando historias y conocimientos sobre el medio ambiente de la pesca en áreas de la Cuenca. Colombia. 255 p.
6. Castello, L. (2013). Perspectivas sobre el manejo comunitario de las pesquerías en la Amazonía. En Hacia el manejo de las pesquerías en la cuenca amazónica. Lima, Perú, Seminario Internacional Manejo Comunitario y Gobernanza Colaborativa de las Pesquerías en la Cuenca Amazónica, 2011. 94-100.
7. Duque, S. R., Trujillo Osorio, C., Huérfano, A., López Casas, S. & Trujillo, F. (2009). Humedales amazónicos: experiencias de concertación para el manejo sostenible de territorios indígenas. En U. d. Zaragoza, Amazonia y agua. España: Servicio editorial de la Unesco.
8. Durrance, M. L. (2003). La naturaleza acuática en la vida social y cultural de los indígenas Ticuna del municipio de Puerto Nariño Amazonas. Bogotá, Colombia.
9. Fundación Omacha; ICA. (2009). Proyecto pensando, pescando y cuidando juntos: Propuesta para construir acuerdos colectivos para el manejo de recursos pesqueros en territorios indígenas. Leticia.
10. Gobernación del Amazonas. (2012). Plan de desarrollo del departamento del Amazonas (2012-2015). Recuperado de: *http://bit.ly/1KUXc1V*
11. Gutiérrez, F. D. (2010). Recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Colombia: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 118 p.
12. Lara, H. A. (2002). Reseña de "El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de la acción colectiva" de Elinor Ostrom. *Región y Sociedad, 3*.
13. Lasso, C., de Paula Gutiérrez, F., Morales, M. & Agudelo, E. (2011). Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Colombia: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 304 p.
14. Moreno, M. (2014). Contexto geográfico y social de los humedales de Tarapoto. En F. Trujillo, & S. Duque, Los humedales de Tarapoto aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso.
15. Olson, M. (1992). La lógica de la acción colectiva: bienes públicos y la teoría de grupos. México: Limusa. 75p.
16. Ostrom, E. (2000). El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva. México: Fondo de Cultura Económica de México. 65p.
17. Palma, L. (2014). Manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos transfronterizos en la cuenca del Amazonas considerando la variabilidad y el cambio climático. Organización del Tratado de Cooperación Amazónica OTCA, Leticia. Recuperado de: *http://bit.ly/2xmt0uf*
18. Pantevis Girón, Y. (2013). Construyendo la historia ambiental de Leticia a través de la pesca. (Tesis Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Leticia, Amazonas.
19. Piraquive, E. P. (2000). Estudio ictiológico de un caño de aguas negras de la amazonia colombiana, Leticia-Amazonas. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Leticia, Amazonas.
20. ProVarzea. (2005). A pesca na região Amazonica. Projeto Manejo do recursos Naturales da Varzea. Brasil: Ibama-Brasil.
21. Trujillo, C. (2008). Selva y mercado: exploración cuantitativa de los ingresos en hogares indígenas. Tesis de Maestría. Leticia, Amazonas, Colombia.
22. Trujillo, C. (2014). Humedales de Tarapoto: Pesca, economía y seguridad alimentaria para el pueblo indígena de Puerto Nariño, Amazonas. En F. Trujillo, & D. Santiago, Los humedales de Tarapoto: aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso, 276-277.
23. Trujillo, C. & Escobar, A. (2015). Restricciones conceptuales del ordenamiento territorial colombiano; usos del territorio y formas de propiedad. *Entramado Vol 11,* 2; 20-36.
24. Trujillo, C. & Flórez, A. M. (2016). Contribución económica de la pesca artesanal a la economía de las comunidades ribereñas al Amazonas colombiano. *Revista de Investigaci*ón Agraria y Ambiental RIAA, 7(1), 105-121.
25. Trujillo, C. & Trujillo, F. (2009). acuerdos de pesca responsable para el buen uso de los lagos de tarapoto. Recuperado de*: http://bit.ly/2xmsoor*

26. Trujillo, F. & Duque, S. (2014). Los humedales de Tarapoto: aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso. Recuperado de: *http://bit.ly/2xlnUOG*

27. Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia. (2011). Desarrollo propio, co-manejo y sostenibilidad en los lagos de Yahuarcaca. Informe final, USAID del pueblo de los Estados Unidos de América, Leticia.

28. Universidad Nacional de Colombia, Corpoamazonia, Fundación Omacha. (2007). Formulación del Plan de Manejo de Humedales. Leticia.

29. WWF- Fundación Omacha. (2017). Estudio Técnico para la designación del nuevo sitio Ramsar complejo de humedales de Tarapoto. Recuperado de: *http://bit.ly/2xztjTg*

30. Zuluaga, P. A. & Franco, M. (2014). Comportamiento de Pescadores frente a distintos arreglos institucionales en la Estrella Fluvial del Inírida. USAID del Pueblo de los Estados Unidos de América. Recuperado de: *http://bit.ly/2xlIKP4*

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Enero 26 de 2017
Aceptado: Marzo 13 de 2017

Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofiticas

Resistance induced to blight disease of rice panicle by inoculating endofiticas bacteria

Resistência induzida à doença da panela do panicol por inoculação de bactérias endofiticas

Manuel José Peláez Pelaez[1] & Sandra Ximena Vivas Londoño[2]

[1]Ingeniero Agrónomo, Magister en Fitopatología, Doctor en Protección de Cultivos.
[2]Ingeniera Agrónoma, Candidata a Magister en Ciencias Agrarias

[1,2] Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia

[1]mjpelaez@unal.edu.co, [2]svivasl@unal.edu.co

Resumen

Se evaluó el efecto antagónico de las bacterias endófitas aisladas de porciones de hojas, tallos y raíces de plantas de arroz completamente sanas, contra la bacteria patogénica *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei, 1967), agente causal de la enfermedad del añublo bacterial de la panícula. Se obtuvieron 24 aislamientos en total de bacterias endófitas que fueron evaluadas mediante la técnica de enfrentamiento de cultivos duales, en condiciones de laboratorio, posteriormente se realizaron las inoculaciones de la solución bacteriana en condiciones de campo para evaluar el efecto antagónico. Los resultados obtenidos indican que sólo dos cepas bacterianas presentaron actividad antagónica contra *B. glumae* las cuales fueron identificadas mediante caracterización bioquímica, de los bioensayos realizados a nivel de laboratorio y en campo. Por tanto, hubo una mejor expresión de las bacterias antagónicas bajo condiciones controladas en el laboratorio comparado con los ensayos realizados en campo.

Palabras clave: añublo bacterial, bacterias endófitas, bioensayos, biopelículas.

Abstract

The antagonistic effect of the bacteria endófitas isolated from portions of leaves, stems and roots of completely healthy rice plants, against the bacterium pathogenic *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei, 1967), causal agent of the disease of blight bacterial panicle it was evaluated. 24 isolates in total of endófitas bacteria that were evaluated by the technique of confrontation of dual cultures they were obtained, under laboratory conditions, then the inoculations of the bacterial solution were carried out in conditions of field to evaluate the antagonistic effect. The results obtained indicate that only two bacterial strains showed antagonistic activity against *B. glumae* which were identified by biochemical characterization of the bioassays performed at the laboratory and field level. Therefore, there was a better expression of antagonistic bacteria under controlled conditions in the laboratory compared to field trials.

Key-words: blast bacterial, endófitas bacteria, bioassays, biofilms.

Resumo

O efeito antagônico das bactérias endofíticas isoladas de porções de folhas, hastes e raízes de plantas de arroz completamente saudáveis foi avaliado contra a bactéria patogênica *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei, 1967), agente causal da doença bacteriana da praga bacteriana. Um total de 24 isolados de bactérias endofíticas foram obtidos, que foram avaliados utilizando a técnica de desafio de culturas duplas, em condições laboratoriais, e as inoculações da solução bacteriana foram realizadas em condições de campo para avaliar o efeito antagonista. Os resultados obtidos indicam que apenas duas cepas bacterianas mostraram atividade antagonista contra *B. glumae*, que foram identificados por caracterização bioquímica de bioensaios realizados em laboratório e campo. Assim, houve uma melhor expressão da bactéria antagonista em condições controladas no laboratório em comparação com ensaios de campo.

Palavras chave: bactéria bacteriana, bactérias endofíticas, bioensaios, biofilmes.

Introducción

La enfermedad del añublo de la panícula del arroz fue reportada por primera vez en el distrito de Kyushu en Japón por (Goto & Ohata, 1956). Hoy en día este patosistema (*Burkholderia glumae-Oryza sativa)* (Shajahan *et al*., 2000), es el principal problema epidémico en diferentes partes del mundo Taiwán (Chien *et al*., 1984), Vietnam (Trung *et al*., 1993), Sri Lanka, Malasia, Las Filipinas (Cottyn *et al*., 1996), Nepal (Nieves,1999), Korea (Jeong *et al*., 2003), en Estados Unidos en los estados de Louisiana, Arkansas y Texas, (Nandakumar *et al.,* 2005), Panamá (Nandakumar *et al.,* 2007), Indonesia, Tailandia, Tanzania (Zhu *et al.,* 2008), Cambodia (Cother *et al*., 2010), Venezuela (González *et al*., 2011) y Colombia (Zeigler & Álvarez,1989).

En Colombia, hay reportes en el año 2009, que, durante el fenómeno del niño en el Pacífico, esta enfermedad causo estragos económicos en diferentes zonas arroceras ocasionando disminución en rendimiento tanto en volumen y producción, en los departamentos de Tolima y los Llanos orientales (León & Aristizábal, 2011). La sintomatología del añublo de la panícula se presenta al iniciar el momento de la floración en la antesis, provocando espiguillas vanas (Cho *et al*., 2007), generando una decoloración en la parte basal de la vaina, la cual avanza rápidamente, hasta afectar la totalidad de la misma (Nieves, 1999), se presentan lesiones alargadas y verticales de color grisáceo, rodeadas por un margen de color marrón rojizo oscuro (Nandakumar *et al*., 2009). Los granos infectados en ocasiones se observan dispersos en la panícula, presentando síntomas severos como vaneamiento (Ou, 1985) y decoloración acentuada (Mogi, 1988). Una de las características más notorias de la enfermedad se observa en el raquis el cual presenta un color verde más intenso que el color normal de la planta, el raquis permanece erecto, no se produce llenado de los granos y por lo general presentan un color marrón, cuando se presenta un estado avanzado de la enfermedad se observa que la panícula se mantiene erecta (Yang, 2004; Sayler & Yang, 2006). La enfermedad es de gran impacto económico, generando pérdidas de alrededor del 40% de la producción de los cultivos de arroz, en diversas partes del mundo (Iwai *et al*., 2002).

Hasta el momento se han adoptado diferentes estrategias de manejo, para el control de la enfermedad, como: resistencia genética, utilizando variedades resistentes, pero los cultivos comerciales son susceptibles al ataque de *B. glumae*, en diferentes grados (Shajahan *et al*., 2000; Saichuck *et al*., 2011). Control químico, se ha demostrado que algunas cepas bacterianas pueden llegar a obtener resistencia con el uso frecuente de estos productos en las plantaciones de arroz. Por tanto, se hace necesario adoptar nuevas técnicas de control que estén encaminadas a reducir el crecimiento y desarrollo de la

enfermedad y así mismo minimizar el impacto ambiental generado por las actividades de control convencionales. Existen dos tipos de control alternativos como son: control cultural mediante el manejo óptimo del cultivo reduciendo el uso de aplicaciones de productos químicos, realizando siembras en épocas del año que no favorezcan la aparición del patógeno y el manejo adecuado de los residuos de cosecha. Otra técnica utilizada es el control biológico, que se encuentra como una de las alternativas más viables, y abarca la utilización de las bacterias endófitas como agentes de control benéfico contra la aparición de plagas y enfermedades, estas bacterias presentan una asociación biológica y se ubican en los tejidos internos vivos de las plantas, sin ocasionar ningún daño fitopatológico (Hallman *et al.,* 1997) Trabajan como reguladoras promoviendo el desarrollo y crecimiento vegetal, les proporcionan a las plantas resistencia mediante la liberación de sideróforos, los cuales le permiten asimilar ciertos elementos mayores y menores, como el fosforo. Son capaces de inhibir el crecimiento y ataque de ciertos agentes fitopatógenos (Hernández *et al.,* 2004). Los géneros más destacados en el cultivo de arroz son: *Azospirillum* (Thakuria, 2004), *Herbaspirillum* (Elbeltagy *et al*., 2001).

Algunas son formadoras de biofilms, y ayudan a la planta a regular los cambios de pH, estrés osmótico, y la perdida de agua (Fleming *et al*, 1993; Gilbert 1997). Las biopelículas forman una alta acidez, generando una gran producción de IASD, importante para el control de patógenos. Algunas de estas son utilizadas para la introducción de algunos microorganismos benéficos en las plantas para el biocontrol de muchas enfermedades (Jayasinghearachchi *et al*., 2006). Con el fin de determinar si algunas bacterias endófitas tienen efecto antagónico sobre el crecimiento de un agente fitopatógeno, es necesario realizar bioensayos a nivel de laboratorio, para luego ser evaluadas en campo, una de las técnicas más utilizadas son los cultivos duales, técnica que ha sido utilizada en la presente investigación para evaluar la capacidad antagónica de algunas cepas contra *B. glumae.* El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto que tienen las bacterias endófitas para el control de la enfermedad, permitiendo así generar nuevas técnicas que sean rápidas y confiables y que se puedan adoptar fácilmente en el manejo integrado de las enfermedades sin causar impacto ambiental.

Materiales y métodos

Localización:
El material obtenido para la realización del análisis, se colecto de la arrocera las Esmeralda S.A.S ubicada en el municipio de Jamundí, Valle del Cauca, Colombia, situado a 3°15'39 N 76°32'22'' O 3.2608333333333. Con una altitud media de 869 msnm temperatura promedio de 28°C, humedad relativa del 82% y una precipitación anual de 1706 mm.

Cepa *Burkholderia glumae* Kurita & Tabel, 1967:
Para la realización del proyecto se utilizó una cepa de *B. glumae*, proveniente de un trabajo de investigación (datos sin publicar).

Material para aislamiento de bacterias endófitas:
Se colectaron alrededor de 30 plantas al azar en varios estadios vegetativos, después de haber sido colectadas se llevaron al laboratorio donde se almacenaron en un refrigerador a una temperatura de 4° C, para ser procesadas al día siguiente.

Procesamiento de las muestras (Bacterias endófitas):
Se realizaron cortes de tejido de las muestras para el proceso de desinfestación se tomaron porciones de (hojas, tallo y raíces) utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 1.5 % por un (1) minuto, lavado con agua destilada estéril por un (1) minuto, alcohol al 70% por un (1) minuto y finalmente dos lavados con agua destilada estéril por un (1) minuto.

Después de haber realizado el proceso de desinfección de las muestras, posteriormente se procedió a la siembra del material de estudio. En morteros completamente estériles se colocaron los tejidos y se maceraron con 10 ml de agua destilada estéril, para garantizar la salida de las bacterias del tejido vegetal, hasta obtener una suspensión bacteriana,

previamente se realizaron diluciones de 10^{-1} en tubos de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril y se le aplico vortex para homogenizar la solución bacteriana. Se tomaron 50 ul y se sembraron por agotamiento en cajas de Petri con medio Agar Nutriente. Luego se incubaron a una temperatura de 28°C por 24 horas. Posteriormente se seleccionaron las colonias independientes y se sembraron nuevamente en medio Agar Nutriente por 24 horas hasta obtener colonias puras.

Enfrentamientos duales

Se realizaron dos técnicas de enfrentamiento dual con el fin de determinar, cuál de las bacterias endófitas obtenidas presentaban actividad antagónica sobre *B. glumae* realizando mediciones cada 48 horas.

Número 1: el primer ensayo se realizó, en cajas de Petri con medio Agar Nutriente y Agar King B, se realizó una siembra directa y por cada bacteria obtenida se llevaron a cabo tres repeticiones, trazando dos estrías perpendiculares en las cajas, en el extremo izquierdo se sembraron las bacterias endófitas y en el extremo derecho la bacteria patogénica. Luego se incubaron por un tiempo de 48 horas, a una temperatura de 28°C. Comparado con el crecimiento del testigo de *B. glumae***.**

Número 2: el segundo ensayo se realizó en cajas de Petri con medio Agar Nutriente y Agar King B, a una concentración de 1.0 x 10^{-7}, de acuerdo a la metodología establecida por Caldera (2011), se tomaron 100 microL de la solución bacteriana de *B. glumae* esparcidas en todas las cajas de Petri en ambos medios, después se ubicaron los inóculos de las bacterias endófitas en el centro de las cajas y se incubaron por un tiempo de 48 horas, a una temperatura de 28°C, realizando constantemente observaciones. Comparado con el crecimiento del testigo de *B. glumae*.

Perfil

Morfología: para la realización de la caracterización morfológica, se tuvieron en cuenta las siguientes características como el tamaño (grandes, medianas o pequeñas) forma (Cocos, bacilos o espirilos), bordes (lisos o rugosos), elevación, consistencia (seca, cremosa, pegajosa), pigmentación y olor. Observadas al microscopio.

Perfil bioquímico: se llevaron a cabo las Tinciones de Gram, realizando siembras por agotamiento de las colonias individuales y puras, se incubarán por un periodo de 24 horas, a una temperatura de 28°C. Previamente después de su crecimiento, se tomó una colonia y se realizó un frotis en una lámina portaobjetos, posteriormente se realizó la tinción, y cuando ya estuvieron completamente secas, se visualizaron en el microscopio para determinar si son bacterias Gram Positivas o Gram negativas. Después de haber determinado el tipo de pared celular de las bacterias, realizó la identificación de las bacterias mediante la utilización de las tiras API 50CHB con base en la colorimetría o cambio de color del medio de inoculación.

Ensayo en campo

El ensayo experimental se realizó en el lote de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. Por lo cual se prepararon eras, para la siembra del cultivo de arroz. Se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con dos repeticiones por cada estadio fenológico del cultivo de arroz. Como se indica en la Tabla 1.

Para realizar las inoculaciones de las bacterias endófitas se siguió la metodología establecida por (Pérez & Chamorro, 2013) aplicadas a una concentración de 10^{-8} UFC/ml. y para la aplicación de *B. glumae* se realizó basado en la metodología establecida por (Flórez & Uribe, 2011) donde se utilizaron concentraciones de 1.0 x 10^{-5}.

El método de inoculación para las bacterias endófitas se realizó por aspersión aplicada en la lámina foliar y se prepararon 200 ml de la solución bacteriana. Mientras para la inoculación de *B. glumae***,** se realizó por inyección en la base del tallo.

Tabla 1. *BBCH Escala Extendida del cultivo de arroz.*

Código	Descripción
Estadio principal 0. Germinación	
0	Semilla seca
1	Comienza la imbibición de la semilla
2	Una hoja imperfecta (enrollada) emerge en la punta del coleóptilo
3	Radícula (raíz embrional), emergencia de la semilla
4	Radícula alargada, formando pelos radiculares y raíces secundarias
5	Coleóptilo, emergido de la semilla
6	Imbibición completa de la semilla
Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas	
7	Hoja imperfecta desenrollada, visible la punta de la primera hoja verdadera
8	Primera hoja, desplegada
9	Novena hoja desplegadas
10	Tercera Hoja desplegada
11	Los estadios continúan
12	Segundas hojas, desplegadas
Estadio principal 5. Salida de la panícula	
13	Inicio de la emergencia de la panícula
14	20 % de las panículas, emergidas
15	30 % de las panículas, emergidas
16	40 % de las panículas, emergidas
17	Mitad de la emergencia de las panículas
18	60 % de las panículas, emergidas
19	70 % de las panículas, emergidas
20	80 % de las panículas, emergidas
21	Fin de la emergencia de las panículas
Estadio principal 6. Floración (tallo principal)	
22	Comienzo de la floración: anteras, visibles en lo alto de la panícula
23	Plena floración: anteras, visibles en la mayoría de las espiguillas
24	Fin de la floración: todas las espiguillas han terminado la floración
25	La floración puede comenzar antes del estadio 55
Estadio principal 7. Formación del fruto	
26	Madurez acuosa: los primeros granos han alcanzado la mitad de su tamaño final
27	Lechoso temprano
28	Lechoso medio: contenido del grano es lechoso
29	Lechoso tardío

continuación Tabla 1

Estadio principal 8. Maduración de frutos y semillas	
30	Pastoso temprano
31	Pastoso blando: contenido del grano, blando, pero seco; granos y glumas, todavía verdes
32	Pastoso duro: contenido del grano sólido
33	Madurez completa: grano duro
Estadio principal 9. Senescencia	
34	Sobre madurez: granos muy duros
35	Planta muerta, tallos se quiebran
36	Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos de postcosecha)

Fuente. *www.tecnoagricola.es.*

Resultados y discusión

Con el material colectado en campo se realizó el proceso de desinfección y siembra de las muestras para realizar el aislamiento de las bacterias endófitas, de todas las muestras procesadas se obtuvieron alrededor de 24 colonias bacterianas totalmente purificadas. Posteriormente se llevó a cabo la evaluación a nivel del laboratorio, para determinar su potencial antagónico sobre *B. glumae*, utilizando la técnica de cultivo dual.

Enfrentamiento Dual N°1: de acuerdo con los resultados obtenidos, de las 24 cepas bacterianas evaluadas contra *B. glumae* no se observó ningún halo de inhibición generado sobre el crecimiento de la bacteria patogénica. Por lo tanto, la actividad antagónica fue nula.

Enfrentamiento Dual Nª2: de acuerdo con los resultados obtenidos de las 24 cepas analizadas solo dos cepas presentaron efecto antagónico sobre *B. glumae***.** En la cepa Numero 4 se observó un efecto antagónico sobre la bacteria patogénica, mostrando un halo de inhibición muy reducido, mientras que en la cepa Numero 18, se observa como la bacteria endófita parasita rápidamente a *B. glumae* deteniendo completamente su crecimiento**.**

Ensayo en campo: previo a las inoculaciones de las dos bacterias endófitas antagónicas y la bacteria patogénica *B. glumae.* Se realizaron evaluaciones semanalmente, donde no se visualizó ningún síntoma que pudiera estar asociado a la aparición de la enfermedad en las plantas, para los dos tratamientos evaluados. Las plántulas en estado de germinación, plántula y embuchamiento presentaron un buen desarrollo y crecimiento optimo asociado a la acción ejercida de las bacterias endófitas.

Caracterización Bioquímica: mediante el uso de la herramienta API web, se pudo calcular el porcentaje de aproximación de las especies del genero Bacillus, como se indica en la Tabla 2. Obteniendo como resultado con un porcentaje de aproximación del 99 %, el sistema índico que la Cepa C8 y C14, pertenecen a la especie *Bacillus subtilis/amiloliquenfaciens* – 99% ID, como se observa en la Tabla 3. De acuerdo con lo descrito por los autores Manu y Morisaki, 2008, la especie *Bacillus subtilis* se encuentra reportada como bacteria endófita presente en los tejidos internos de las plantas de arroz, alojadas en las semillas y los tallos. Se caracterizan por poseer propiedades que ayudan al crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, además de que actúan como control biológico de algunas enfermedades, entre ella, al control de *B. glumae*.

Caracterización Morfológica: Cepa Numero 8: Poseen forma cilíndrica, son de color blanco, formando colonias grandes e irregulares, presentan el centro elevado en forma de un anillo, son de bordes ondulados, planas y una presentan consistencia cremosa. Cepa Numero 14: Poseen forma cilíndrica, son de color opaco, formando colonias grandes de bordes irregulares presentan el centro elevado en forma de un anillo, son de bordes ondulados, planas y una presentan consistencia seca.

Tabla 2. *Identificación de Bacterias endófitas.*

Cepa	Especie	% identificación
C8	*Bacillussubtilis/amiloliquenfaciens*	99 %
C14	*Bacillus subtilis/amiloliquenfaciens*	99 %

Tabla 3. *Resultados de la caracterización bioquímica de los aislados antagonistas mediante tiras API 50CHB*

Prueba Bioquímica	C8	C14	Prueba bioquímica	C8	C14	Prueba bioquímica	C8	C14	Prueba bioquímica	C8	C14
0	+	+	INO	+	+	INO	+	+	INU	+	-
GLY	+	+	MAN	+	+	MAN	+	+	MLZ	-	-
ERY	-	-	SOR	+	+	SOR	+	+	RAF	+	+
DARA	-	-	MDM	-	-	MDM	-	-	AMD	+	+
LARA	+	+	MDG	+	+	MDG	+	+	GLYG	+	+
RIB	+	+	NAG	-	-	NAG	-	-	XLT	-	-
DXYL	+	+	AMY	+	-	AMY	+	-	GEN	-	+
LXYL	-	-	ARB	+	+	ARB	+	+	TUR	-	-
ADO	-	-	ESC	+	+	ESC	+	+	LYX	-	-
MDX	-	-	SAL	+	+	SAL	+	+	TAG	-	-
GAL	-	-	CEL	+	+	CEL	+	+	DFUC	-	-
GLU	+	+	MAL	+	+	MAL	+	+	LFUC	-	-
FRU	+	+	LAC	-	+	LAC	-	+	DARL	-	-
MNE	+	+	MEL	+	+	MEL	+	+	LARL	-	-
SBE	-	-	SAC	+	+	SAC	+	+	GNT	-	-
RHA	-	-	TRE	+	+	TRE	+	+			
DUL	-	-	2KG	-	-	5KG	-	-			

Control (0), Glycerol (GLY), Eritritol (ERY), D- Arabinosa (DARA), L- Arabinosa (LARA), Ribosa (RIB), D- Xylosa (DXYL), L-Xylosa (LXYL), Adonitol (ADO), ß-Metil-D-Xylosida (MDX), Galactosa (GAL), Glucosa (GLU), Fructosa (FRU), Manosa (MNE), Sorbosa (SBE), Ramnosa (RHA), Dulcitol (DUL), Inositol (INO), Manitol (MAN), Sorbitol (SOR), 1-Metil-D-Manósido (MDM), 1-Metil-D-Glucósido (MDG), N-Acetol-Glucosamina (NAG), Amygdalina (AMY), Arbutin (ARB), Esculin (ESC), Salicin (SAL), Celobiosa (CEL), Maltosa (MAL), Lactosa (LAC), Melobiosa (MEL), Sucrosa (SAC), Trehalosa (TRE), Inulin (INU), Melecitosa (MLZ), Rafinosa (RAF), Almidon (AMD), Glucógeno (GLYG), Xylitol (XLT), Gentiobiosa (GEN), D-turanosa (TUR), D-lyxosa (LYX), D-tagatosa (TAG), D-fucosa (DFUC), L-fucosa (LFUC), D-arabitol (DARL), L-arabitol (LARL), Gluconato (GNT), 2-Keto-Gluconato (2KG), 5-Keto-Gluconate (5KG).

Conclusiones

De las 24 colonias de bacterias endófitas aisladas del material vegetal, se encontraron en mayor proporción en tallos y semillas, de las cuales solo dos de ellas pertenecientes al género Bacillus, presentaron efecto antagónico contra *B. glumae*. Los ensayos realizados en campo para evaluar el efecto antagónico de las bacterias endofiticas sobre *B. glumae*, lograron demostrar que no hubo expresión de la bacteria patogénica en los diferentes estadios fenológicos de las plantas de arroz evaluadas, lo cual indica que las bacterias antagónicas en cierto modo ejercieron una barrera en la expresión de la enfermedad. Las bacterias endófitas presentes en las plantas desempeñan un papel importante para el buen crecimiento y desarrollo de un cultivo, permiten la fijación y asimilación de nutrientes esenciales para las plantas como *Bacillussubtilis/amiloliquenfaciens.*

Literatura citada

1. Cother, E. J., Noble D. H., Van de Ven R. J., Lanoiselet V., Ash G., Vuthy N., Visarto P. & Stodart B. (2010). Bacterial pathogens of rice in the Kingdom of Cambodia and description of a new pathogen causing a serious sheath rot disease. *Plant Pathology* 59, 944–953.
2. Cottyn, B., Cerez, M. T., Van Outryve, M. F., Barroga, J., Swings, J. & Mew, T. W. (1996). Bacterial diseases of rice. I. Pathogenic bacteria associated with sheath rot complex and grain discoloration of rice in The Philippines. *Plant Dis*. 80, 429-437.
3. Chien, C. C., Chang, Y. C., Liao, Y. M. & Ou, S. H. (1983). Bacterial grain rot of rice–a new disease in Taiwam. *Journal of Agricultural Research of China.* 32(4), 360-366.
4. Cho, H.S., S.Y. Park, C.M. Ryu, J.F. Kim, J.G. Kim & S.H. Park. (2007). Interference of quorum sensing and virulence of the rice pathogen Burkholderia glumae by an engineered endophytic bacterium. *FEMS Microbiology Ecology* 60(1), 14-23.
5. Elbeltagy, A.; Nishioka, K.; Sato, T.; Suzuki, H.; Ye, B.; Hamada, T.; Isawa, T.; Mitsui, H. & Minamisawa, K. (2001). Endophytic colonization and in plant nitrogen fixation by a *Herbaspirillum sp*. isolated from wild rice species. *Appl Environ Microbiol.* 67, 5285- 5293.
6. Flemming, H.C. (1993). Biofilms and environmental protection. *Water Sci.Technol.* 27, 1–10.
7. Flórez, Z.N.M.V. & Uribe, V.D. (2011). Determinación de la infección de *Burkholderia glumae* en semillas de variedades comerciales colombianas de arroz. *Rev Fac Nac Agron* 64(2), 6093-6104.
8. Gilbert, P.; Das, J. & Foley, I. (1997). Biofilms susceptibility to antimicrobials. *Adv. Dent. Res.* 11, 160–167.
9. González, A., Graterol, E., Arnao, E., Torres, E., Acevedo, M. & Mosquera, G. (2011). Primer reporte de *Burkholderia glumae* causante de la pudrición bacteriana de la panícula del arroz en Venezuela. *Fitopatología Colombiana* 35(1), 81.
10. Goto K. & Ohata K. (1956) New bacterial diseases of rice (brown stripe and grain rot). *Ann Phytophathol Soc Jpn* 21, 46–47.
11. Hallman J., Quadt-Hallman A., Mahaffee W.F. & Kloepper J.W., (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology* 43, 895-914.
12. Hernandez, A.; Rives, N. & Heydrich, Y.M. (2004). Caracterización de la comunidad microbiana y endófita asociada al cultivo del arroz variedad J- 104. En: Congreso Científico del INCA (14:2004, nov 9-12, La Habana).
13. Iwai, T., Kaku, H., Honkura, R., Nakamura, S., Ochiai, H., Sasaki, T. & Ohashi, Y. (2002). Enhanced resistance to seed-transmitted bacterial diseases in transgenic rice plants overproducing an oat cell-wall-bound thionin. Mol. *Plant–Microbe Interact.* 15, 515-521.
14. Jayasinghearachchi H.S. & Seneviratne G. (2006). Fungal solubilization of rock phosphate is enhanced by forming fungal-rhizobial biofilms. *Soil Biol Biochem* 38, 405–408.
15. Jeon, Y., Kim, J., Kim, S., Kang, Y., Nagamatsu, T. & Hwang, I. (2003). Toxoflavin produced by *Burkholderia glumae* causing rice grain rot is responsible for inducing bacterial wilt in many field crops. *Plant Dis.* 87, 890-895.
16. León-Aristizábal, G. (2011). Aspectos de la circulación atmosférica de gran escala sobre el noroccidente de Suramérica asociada al ciclo ENOS 2009-2010 y sus consecuencias en el régimen de precipitación en Colombia. In *Boletín Meteorologico IDEAM ENOS 2009-2010*. 20 p.
17. Mogi, S. (1988). Detection and diagnosis of pathogen for bacterial grain rot (*Pseudomonas glumae*) on rice. 5th Int. Congress of Plant Pathology. Section XIII, 3-3. p.403
18. Nandakumar, R., Rush, M., Shahjahan, A.; O'Reilly, K. & Groth, D. (2005). Bacterial panicle blight of rice in the southern United States caused by *Burkholderia glumae* and *B. gladioli*. *Phytopathology* 95 (suppl.), S73.
19. Nandakumar, R., Rush, M. C. & Correa, F. (2007). Association of *Burkholderia glumae* and *B. gladioli* with panicle blight symptoms on rice in Panama. *Plant Dis.* 91, 767.
20. Nandakumar, R., A.K.M. Shahjahan, X.L. Yuan, E.R. Dickstein, D.E. Groth, C.A. Clark, R.D. Cartwright & M.C. Rush. (2009). Burkholderia glumae and B. gladioli cause bacterial panicle blight in rice in the southern United States. *Plant Dis*. 93(9), 896-905.
21. Nieves, C. (1999). Bacterial grain rot. In: Seed-Borne Bacterial Diseases. 8th Revised Edition. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. pp. 108-113.

22. Ou, S.H. (1985). Rice diseases. CAB Commonwealth Mycological Institute, Kew Surrey, England. 380p.

23. Pérez, A.F., Pérez, C.R. & Chamorro, C.M. (2013). Bacterias endófitas asociadas a cultivo de arroz con actividad antimicrobiana sobre *Burkholderia glumae. Rev. Asoc. Col. Cienc*. (Col.), 25, 31-40.

24. Pérez, C.A. & Chamorro, A.L. (2013). Bacterias endófitas: Un nuevo campo de investigación para el desarrollo del sector agropecuario. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 5(2), 439-462.

25. Shahjahan, A. K., Rush, M. C., Groth, D. & Clark, C. (2000). Panicle blight research points to a bacterial cause. *Rice J.* 103, 26-28.

26. Saichuk, J., Harrel, D., Fontenot, K., Groth, D., Hollier, C., Hummel, N., Linscombe, S., Sha, X.; Stout, M.: Webster, E. & White, L. (2011). Rice varieties and management tips. LSU AgCenter Research & Extension. Recuperado de: *www.lsuagcenter.com/en/crops_livestock/Crops/rice/Publications/*

27. Sayler, R., R. Cartwright, & Y. Yang. (2006). Genetic characterization and Real time PCR detection de *B.glumae* a newly emerging bacterial pathogen of rice in USA. *Plant Dis*. 90, 603-610.

28. Thakuria, D.; Talukdar, N. C.; Goswami, C.; Hazarika, S.; Boro, R. C. & Khan, M. R. (2004). Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Current Science* 86(7), 978-985.

29. Trung, H. M., Van, N. V., Vien, N. V., Lam, D. T. & Lien, M. (1993). Occurrence of rice grain rots disease in Vietnam. Int. Rice Res. Notes 18:30.

30. Yang, X. (2004). Identification of bacterial pathogens causing panicle blight of rice in Louisiana. Thesis M.Sc. The Department of Plant Pathology and Crop Physiology, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, USA.

31. Zhu B., Lou M., Huai Y., Xie G., Luo J. & Xu L. (2008). Isolation and identification of *Burkholderia glumae* from symptomless rice seeds. *Rice Science* 15(2), 145–149.

32. Zeigler, R. S. & Álvarez, E. (1989). Grain discoloration of rice caused by *Pseudomonas glumae* in Latin America. *Plant Dis.* 73, 368.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 02 de 2017
Aceptado: Abril 21 de 2017

Technological, economic and environmental evaluation of rice husk gasification in a biorefinery context to produce indirect energy as jet fuel

Evaluación tecnológica, económica y medioambiental de la gasificación de la cascarilla de arroz en un contexto de biorefinería para producir energía indirecta como combustible de jet

Avaliação tecnológica, econômica e ambiental da gaseificação da casca de arroz em um contexto de biorrefinagem para produzir energia indireta como combustível para jatos

Juan Jacobo Jaramillo Obando[1] & Angie Vanessa Arias Suns[2]

[1]Ingeniero Químico, Magister en Ingeniería Química.
[2]Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Ambiental – Área Sanitaria.

[1]Compañía Nacional de Levaduras Levapan. Tuluá, Colombia.
[2]Corporación Universitaria Minuto de Dios. Buga, Colombia.

[1] jjaramillo@levapan.com; [2]aariassuns@uniminuto.edu.co

Abstract

Higher alcohol 1-octanol was evaluated as jet fuel potential. The synthesis of the 1-octanol was modeled and the technological, economic and environmental evaluation of the global production process of the rice husk gasification was performed. The best operating conditions to 1-octanol synthesis were obtained in packed bed reactor PBR using Matlab software. Mass and energy balances were calculated using Aspen Plus Software. Economic assessment was developed using Aspen Process Economic Analyzer Software. Environmental impact evaluation was carried out using the waste reduction algorithm WAR. Process yield was 0.83 kg of 1-Octanol by kg of rice husk. Total production cost obtained was USD 0.957 per kg of 1-octanol and the total PEI of product leave the system is 0.08142 PEI/kg with a PEI mitigated of 12.97 PEI/kg. Production process of high alcohols from rice husk shows a high potential technological, economical and environmental as a sustainable industry at take advantage of an agroindustrial residue and transformed in products with added value and energy. 1-octanol as jet fuel has a potential but need to be more studied for direct use in jet motors.

Key-words: higher alcohols, 1-octanol, jet fuel, technological evaluation, economic evaluation, environmental evaluation.

Resumen

El presente artículo evaluó el potencial del 1-octanol como combustible jet. Se modeló la síntesis del 1-octanol y se realizó la evaluación tecnológica, económica y ambiental del proceso de producción

de 1-octanol a partir de la gasificación de la cascarilla de arroz. Las mejores condiciones de funcionamiento para la síntesis de 1-octanol, se obtuvieron en un reactor de lecho empacado (PBR) utilizando el software Matlab. Se calcularon los balances de masa y energía empleando el software Aspen Plus. La evaluación económica se desarrolló utilizando Aspen Process Economic Analyzer Software. La evaluación del impacto ambiental se llevó a cabo utilizando el algoritmo de reducción de residuos WAR. El rendimiento del proceso fue de 0,83 kg de 1-octanol por kg de cascarilla de arroz. El costo total de producción obtenido fue de USD 0.957 por kg de 1-octanol y el PEI total del producto es de 0.08142 PEI / kg con un PEI atenuado de 12.97 PEI / kg. El proceso de producción de alcoholes altos a partir de cascarilla de arroz muestra un alto potencial tecnológico, económico y ambiental, como una industria sostenible en aprovechar un residuo agroindustrial y transformarlo en productos con valor agregado y energía. El 1-octanol tiene potencial como combustible jet, pero necesita ser más estudiado para su uso directo en motores de avión.

Palabras clave: alcoholes altos, 1-octanol, combustible de jet, evaluación tecnológica, evaluación económica, evaluación ambiental.

Resumo

O maior álcool 1-octanol foi classificado como potencial de combustível de jato. A síntese de 1-octanol foi modelada e a avaliação tecnológica, econômica e ambiental do processo de produção global da gaseificação do escudo de arroz foi realizada. As melhores condições operacionais para a síntese de 1-octanol foram obtidas no reator embalado no leito, usando o software MATLAB. Os balanços de massa e energia foram calculados usando o software Aspen Plus. A avaliação econômica foi desenvolvida usando o software Aspen Economic Process Analyzer. A avaliação do impacto ambiental foi realizada utilizando o algoritmo de redução de guerra. O rendimento do processo foi de 0,83 kg de 1-octanol por kg de casca de arroz. O custo total da produção foi de USD 0,957 por kg de 1 octanol e o PEI total do sistema de licença do produto é de 0,08142 IEP / kg com IEP mitigado de 12,97 IEP / kg. O processo de produção de álcoois de casca de arroz mostra um alto potencial tecnológico, econômico e ambiental como uma indústria sustentável que aproveita um resíduo agroindustrial e é transformado em produtos com valor agregado e energia. O 1-octanol como combustível para jatos tem potencial mas precisa ser estudado para uso direto em motores a jato.

Palavras chave: álcoois superiores, 1 octanol, combustível para jatos, avaliação tecnológica, avaliação econômica, avaliação ambiental.

Introduction

The jet fuel demand in the United States is about three billion gallons annually that represent 10% of the U.S market for aviation fuel (Balster *et al*., 2008). The characteristics of jet fuel must do a dual role of fuel and coolant over ranges of combustion chambers in terms of temperature and pressure. The recent research is focused on the production hydrocarbons with jet fuel characteristics (Kumar & Sung, 2010). The higher alcohols synthesis is a basic point in the C_1 chemistry. The works in this area are focused on the production of octane booster for cleaner jet fuels and gasoline (Herman, 2000).

From the thermodynamic point of view, the reactions of high alcohols formation are profitable to lower temperatures and higher pressures because these reactions are exothermic. From the kinetic point of view, temperatures about 600 ^{o}K improves the reactions (Herman, 2000). The reactions require a special catalyst to determine operation conditions containing alkali species (Breman, Beenackers, & Oesterholt, 1994; Calverley, 1989; Kulawska & Skrzypek, 2001; Surisetty, Dalai, & Kozinski, 2010; Surisetty, Dalai, & Kozinski, 2011). The reaction mechanisms depending on the process conditions

and catalyst used, alcohols are synthesized using iso-synthesis, variants of Fisher–Tropsch synthesis, oxo-synthesis involving the hydroformylation of olefins, and homologation of methanol and low molecular weight alcohols to make higher alcohols (Surisetty, Dalai, & Kozinski, 2010). The following are the chemistry reactions involved in the higher alcohols synthesis from syngas:

$$CO + 2H_2 \longleftrightarrow CH_3OH \quad (1)$$
$$CO + H_2O \longleftrightarrow CO_2 + H_2 \quad (2)$$
$$CH_3OH + CO + 2H_2 \longleftrightarrow CH_3CH_2OH + H_2O \quad (3)$$
$$C_nH_{2n+1}OH + CO + 2H_2 \longleftrightarrow CH_3(CH_2)_n OH + H_2O \quad (4)$$
$$2CH_3OH \longleftrightarrow CH_3CH_2OH + H_2O \quad (5)$$
$$2CH_3OH \longleftrightarrow (CH_3)_2 CO + H_2O \quad (6)$$
$$CH_3OH + CO \longleftrightarrow CH_3CHO + H_2O \quad (7)$$
$$(CH_3)_2 CO + H_2 \longleftrightarrow (CH_3)_2 CHOH + H_2O \quad (8)$$
$$2CH_3CHO \longleftrightarrow CH_3COOCH_2CH_3 \quad (9)$$

The reactions schemes for higher alcohols synthesis from methanol are:

$$CH_3OH + s \rightarrow CH_3OH_s \quad (10)$$
$$CH_3OH_s + s \rightarrow CH_3O_s + H_s \quad (11)$$
$$CH_3O_s + s \rightarrow CH_3CH_2O_s + O_s \quad (12)$$
$$CH_3O_s + CH_2O_s \rightarrow CH_3CH_2O_s + O_s \quad (13)$$
$$CH_3CH_2O_s + Hs \rightarrow CH_3CH_2OH_s + s \quad (14)$$
$$CH_3CH_2OH_s \rightarrow CH_3CH_2OH + s \quad (15)$$
$$CO_s + O_s \rightarrow CO_{2,s} + s \quad (16)$$
$$CO_{2,s} \rightarrow CO_2 + s \quad (17)$$
$$CO + s \rightarrow CO_s \quad (18)$$
$$H_2 + s \rightarrow H_{2,s} \quad (19)$$

Alcohols can be used as an alternative jet or components fuels for many reasons, such as:

- Reduction of fuel cost
- Reduction of toxic exhaust emissions
- To enhanced of overall energy efficiency
- Reduction of greenhouse gas emissions
- Social reasons

In this paper, the higher alcohol 1-octanol is evaluated as jet fuel potential. 1-octanol synthesis is modeled and the technological, economic and environmental evaluation of the production process is performed from rice husk gasification.

Synthesis of the 1-octanol

The high alcohols production was modeling according to the kinetic expression proposed by Calverley,1989. This kinetic model assumes the production of higher alcohols from CO, H2 and methanol promoted by copper/zinc-oxide/chromia catalysts. These catalysts suggest to inhibition for CO_2 in the gas are because a catalyst poisoning. The global chemical reactions and the kinetic rates are shown below:

Global Reactions:

$$nCO + 2nH_2 \rightarrow C_nH_{2n+1}OH + (n-1)H_2O \quad (20)$$
$$(2n-1)CO + (n+1)H_2 \rightarrow C_nH_{2n+1}OH + (n-1)CO_2 \quad (21)$$
$$(n-1)CO + (n-1)H_2O \longleftrightarrow (n-1)CO_2 + (n-1)H_2 \quad (22)$$
$$nCH_3OH \rightarrow C_nH_{2n+1}OH + (n-1)H_2O \quad (23)$$

Kinetic Expression:

$$r_{HA} = \left[\frac{P_{CO}P_{H_2}^{\frac{1}{2}}}{A + BP_M + F\left(\frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}\right)} + CP_M\left(P_{H_2}\right)^{\frac{-3}{2}} + \frac{P_{CO_2}P_{H_2}^{\frac{1}{2}}}{D + E\left(\frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}\right)} \right]^2 \quad (24)$$

Where A=4578, B=2794, C=0.338, D=35.62, E=8228, F=2.44x10^6. P_{CO}, P_{H2}, P_M, P_{CO2} are the partial pressure of CO, H_2, methanol, CO_2 in atm respectively. The kinetic expression (r_{HA}) is in mmol h^{-1} kg^{-1}.

All reactions were performed in the gas state therefore a packed bed reactor PBR was modeled by the high alcohol 1-Octanol (n=8 in the reactions). The molar balances in the PBR are:

Molar Balances PBR:

$$\frac{dF_{CO}}{dW} = -\left(\frac{16}{3}\right) r_{HA} \quad (25)$$

$$\frac{dF_{H_2}}{dW} = -\left(\frac{32}{3}\right) r_{HA} \quad (26)$$

$$\frac{dF_{CH_3OH}}{dW} = -\left(\frac{8}{3}\right) r_{HA} \quad (27)$$

$$\frac{dF_{C_8H_{17}OH}}{dW} = r_{HA} \quad (28)$$

$$\frac{dF_{H_2O}}{dW} = \left(\frac{21}{3}\right) r_{HA} \quad (29)$$

F is the molar flow of CO, H_2, methanol (CH_3OH), 1-octanol ($C_8H_{17}OH$) and H_2O. W is the catalyst charge in kg.

Methodology

The 1-octanol synthesis was simulated and modeling in the software commercial Matlab R2008b using the toolbox ode23s and a sensitivity analysis to solve the molar balances and the best operating conditions of the reaction zone PBR. These operation conditions were: the yield of 1-octanol to CO, the reaction pressure, the CO_2/CO feed ratio, the H_2/CO feed ratio, the CH_3OH feed ratio.

Aspen Plus software (AspenTech: Cambridge, MA) was used to simulate the 1-octanol production global process. The physicochemical properties were obtained from the National Institute of Standards of Technology NIST (NIST, 2005) and the group-contribution method developed by Gani *et al.* (Marrero, 2001) at three different levels. The on random two-liquid NRTL thermodynamic model was utilized to calculate the activity coefficients in the liquid phase, and the Hayden–O'Connell equation of state was used to model the vapor phase. Mass and energy balances were calculated by simulation.

Economic evaluations were performed using Aspen Process Economic Analyzer in the Colombian context -with an annual interest rate of 17% and a tax rate of 33%-. A straight-line depreciation method was used over a 12-year period of analysis. For feedstock prices, the international reports from ICIS pricing were employed; operating charges such as operator and supervisor labor costs were defined for Colombia at 2.14 and 4.29 USD/h, respectively. Electricity, potable water, low and high steam pressure costs were 0.1 USD/kWh, 1.252 USD/m^3, and 8.18 USD/ton, respectively.

The environmental impact was assessed with the waste reduction WAR algorithm -developed by the U.S. Environmental Protection Agency-, to estimate the potential environmental impact PEI generated in the process considering eight environmental impact categories: human toxicity potential by ingestion HTPI, human toxicity potential by dermal and inhalation exposure HTPE, terrestrial toxicity potential TTP, aquatic toxicity potential ATP, global warming potential GWP, ozone depletion potential ODP, photochemical oxidation potential PCOP, and acidification potential AP. The mass flow rate of each component in the process streams was multiplied by its chemical potential to determine its contribution to the potential environmental impact categories (Cabezas, Bare, & Mallick, 1999; Cardona, Marulanda & Young, 2004).

Results

The results of modeling and simulated the PBR to produce 1-octanol are shown in the Figures 1-5 in order to view the influence of reaction pressure, the CO_2/CO feed ratio, the H_2/CO feed ratio, the CH_3OH feed ratio on the yield of 1-octanol to CO and the CO, H_2 and methanol conversions. Table 1 summarizes the best operating conditions in the 1-octanol synthesis.

The global process to produce 1-octanol from rice husk is described in the Figure 6. Rice husk is fed to dryer tunnel with air to reduce the moisture content. The free water rice husk is crushed to reduce the particle diameter and ensure a superficial area suitable to gasification. The water in the air output

is condensed to use in the global process as fluid service. The rice husk dust is fed to gasification unit to produce syngas -CO and H_2 mainly-, with which is generated high pressure vapor HPV in a heat exchanger and the rice husk ash is collected. The exhausted syngas is the reactive in 1-octanol synthesis with methanol promoted copper/zinc-oxide/chromia catalysts. The reaction is performed in a PBR to produce 1-octanol and water mainly with a yield of 0.3 mole of 1-octanol per mole of CO.

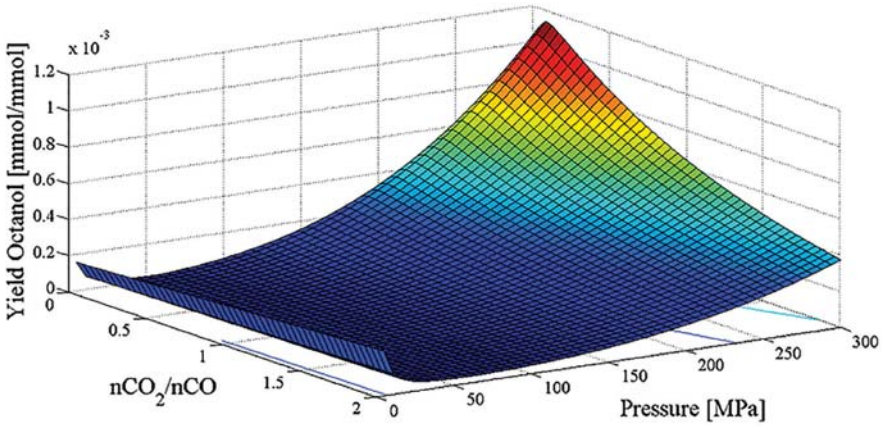

Figure 1. Influence of reaction pressure, the CO_2/CO feed ratio on the 1-Octanol Yield.

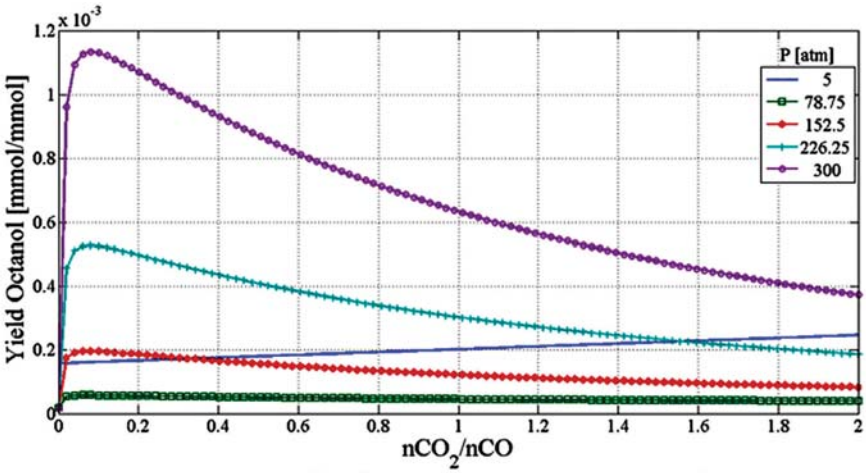

Figure 2. Influence of CO_2/CO feed ratio on the 1-Octanol Yield to different pressures.

The methanol excess is fed to other PBR to make the condensation methanol reaction to convert in 1-octanol. The unreacted gas and methanol traces are separated in an evaporator flash unit and these are sent to furnace to produce hot gas. The CO_2 and H_2O vapor bulk is fed to heat exchanger to produce other streams with HPV which is mixed and sent to a turbine to generate electricity. The 1-octanol-water bulk is separated in extraction and distillation stages to take advantage of liquid-liquid vapor equilibrium of the system water-methanol-1-octanol.

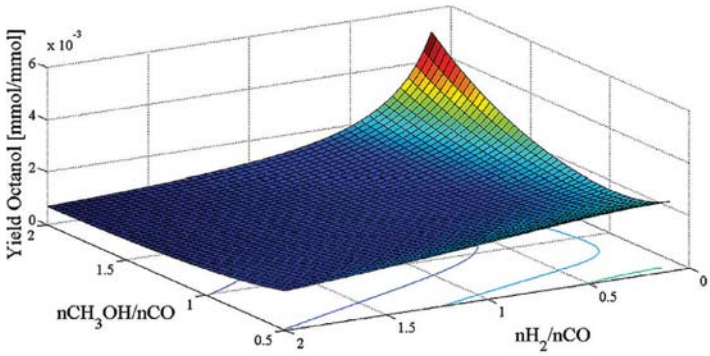

Figure 3. Influence of H_2/CO and CH_3OH/CO feed ratio on the 1-Octanol Yield.

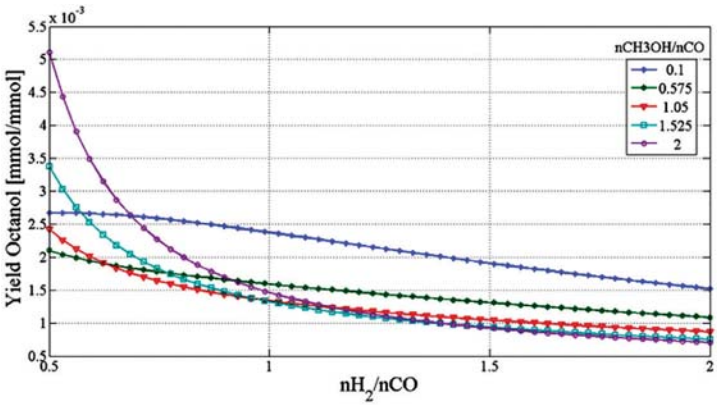

Figure 4. Influence of H_2/CO on the 1-Octanol Yield to differences CH_3OH/CO feed ratios

Mass and energy balances of the process structure are shown in the Table 2. The result of the Process Yield to 1-Octanol is: 0.83 kg of 1-Octanol by kg of Rice husk and Process Yield to Rice husk Ash: 0.12 kg of Ash by kg of Rice husk.

Economic evaluation is shown in the Table 3. The total production cost obtained was USD 0.957 per kg of 1-octanol with a Total Capital Cost: USD 9'571,280. The distribution of the total production cost is observed in the Figure 7.

The environmental evaluation is illustrated in the Figure 8. The total PEI of product leave the system is 0.08142 PEI/kg with a PEI mitigated of 12.97 PEI/kg.

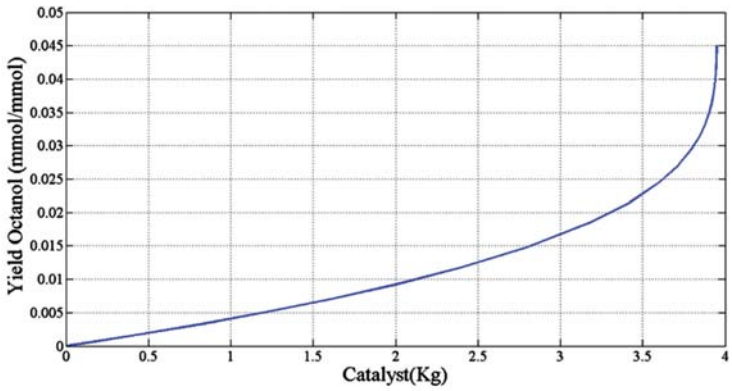

Figure 5. Profile 1-Octanol Yield vs Catalyst charge.

Table 1. *Best operation conditions found in the 1-octanol synthesis.*

Operation conditions	Value
Yield: 1-octanol to CO	0.043 (mol)
CO conversion	22.91%
H_2 conversion	85.92%
Methanol conversion	5.73%
CO_2/CO feed ratio	0.081 (mol)
H_2/CO feed ratio	0.50 (mol)
CH_3OH/CO feed ratio	2.00 (mol)
Pressure	300 atm

Table 2. *Mass and Energy Balances for 1-octanol production from rice husk.*

Feedstock	Flow (kg h^{-1})
Rice husk	914
Water	1549.3
Air	4000
Methanol	1550.3
Products	**Flow (kg h^{-1})**
1-Octanol @99.9%	757.9
Rice husk Ash	116.1
Waste water	2379.1
Exhausted Gas	4744.6
Energy	**Flow (kW)**
Energy Demand	386.75
Power Generated	227.2

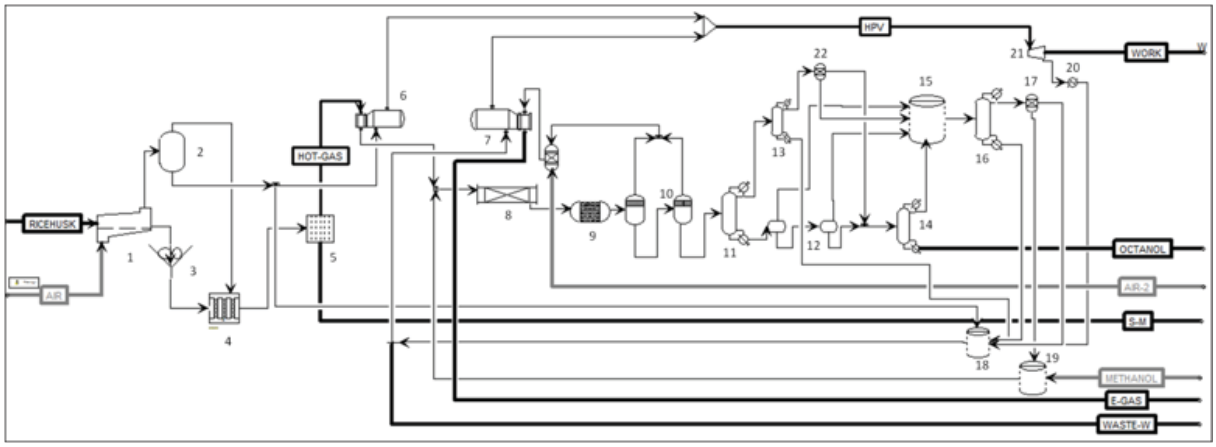

Figure 6. Process Diagram Flow of 1-octanol production Captions: 1: dryer, 2: dehumidifier, 3: crusher, 4: gasification unit, 5: gas-solid filter, 6 and 7: heat exchanger, 8: 1-octanol synthesis from syngas and methanol PBR, 9: 1-octanol synthesis from methanol only PBR, 10: flash units, 11: distillation tower, 12: extraction tanks, 13: distillation tower, 14: distillation tower, 15: methanol aqueous tank, 16: distillation tower, 17: absorber, 18: water tank, 19: methanol tank, 20: cooler, 21: turbine, 22: split.

Table 3. *Economic Evaluation for 1-octanol production from rice husk*

Cost	Value USD kg^{-1} of 1-Octanol produced
Raw Materials	0.745
Operating Labor and Maintenance	0.015
Utilities	0.056
Operating	0.026
Depreciation expenses	0.115
Total Production Cost	**0.957**

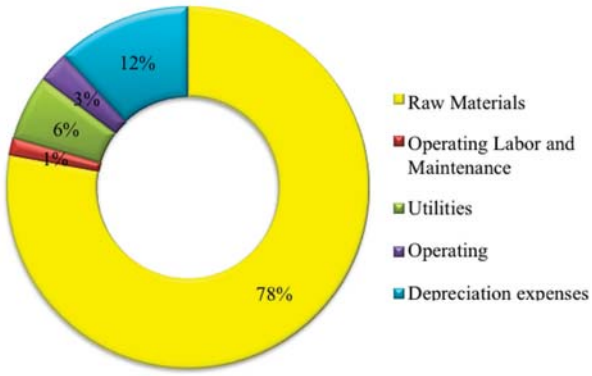

Figure 7. Production Cost Distribution by 1-octanol from rice husk

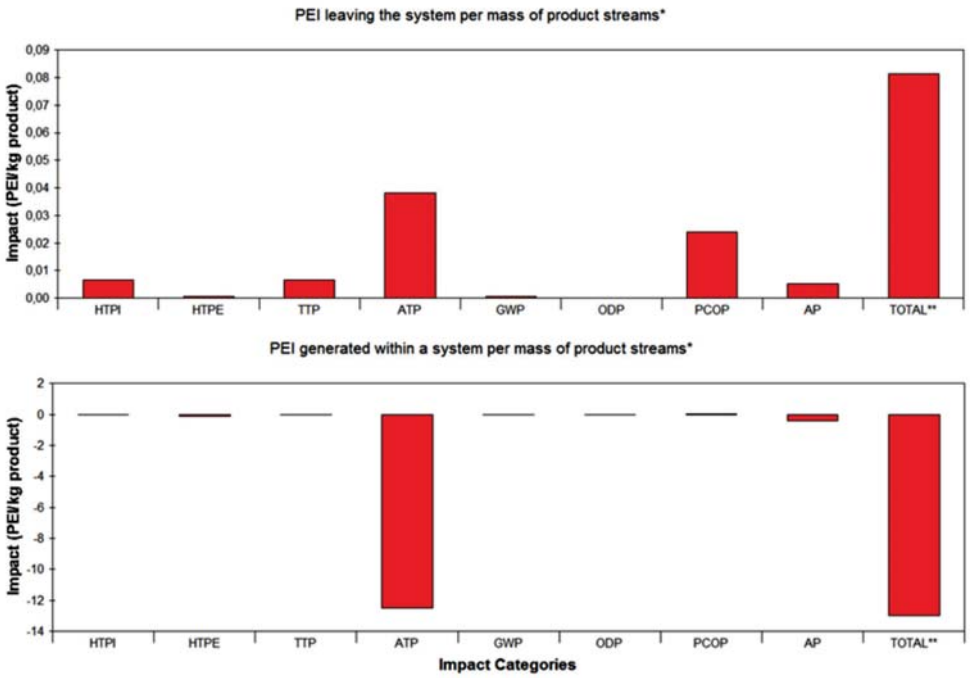

Figure 8. Environmental evaluation to 1-octanol production process.

Discussion

The simulation and modeling of 1-octanol synthesis left a conversion of CO, H_2 and methanol according the reported for Surisetty *et al*., 2011, Tien-Thao *et al.,* 2007, Hilmen *et al*., 1998 and other authors (Epling, Hoflund, Hart, & Minahan, 1997; Liu, Shi, Wu, Zhao, & Ren, 2008; Nieskens, Ferrari, Liu, & Kolonko Jr, 2011). It is observed that the 1-octanol yield is influenced for the CO_2 concentration and the pressure (Figures 1 and 2). Higher pressures and low CO_2/CO feed ratio increase the 1-octanol yield. The influence of hydrogen and methanol concentration sees in the Figures 3 and 4 shows that high CH_3OH/CO feed ratio and low H_2/CO feed ratio increase the yield to 1-octanol. If it takes the best operating conditions and design the PBR, results a catalyst charge of 3.9 kg for a yield of 0.043 mole of 1-octanol per mole of CO feeding (Figure 5). This operation condition was taken in the design of the 1-octanol production global process.

The global process was designed from rice husk due to overproduction of rice in Colombia (2'543,161 t per year) (Agronet, 2012) which leaves as residue the rice husk. This residue is transformed in 1-octanol, rice husk ash and electricity with high add value. The yield to 1-octanol is very promising because having potential as jet fuel (see Table 4). However, this potential as jet fuel needs to be evaluated due to high viscosity at -20°C and low freezing point that prevents its direct use in jet motors.

The rice husk ash obtained as subproduct has a good application in the construction industry as biocomposite for its high content of silica that increases the brickwork resistance in the constructions.

Table 4. *Jet fuel physical properties: comparison between Jet A and 1-octanol*

Physical Properties	Jet-A 4658 (Hui, Kumar, Sung, Edwards, & Gardner, 2012)	1-Octanol
Net heat of combustion (MJ/kg)	42.8	38.15
Density at 15°C (kg/L)	0.806	0.834
Viscosity at -20°C (mm^2/s)	4.1	58.16
Flash Point (°C)	47	81
Freezing Point (°C)	-49	-15.5
Mean Boiling Point (°C)	211	193.95
API gravity at 60°F	-	39.1
H/C ratio by mole	1.957	2.25
Molecular weight (g/mol)	142	130.23

The power generation in the process (see Table 2) supplies the 58.75% of energy demand. This result is obtained because the syngas and the combustion gas are used to produce HPV and electricity for the global process. Electricity used reduces the energy requirements and it shows that cogenerated in the process is a good technological option.

The total production cost of a 1kg of 1-octanol obtained was USD 0.957 (Table 3) which in comparison with the sale price (USD 1.46 per kg (Scavage, 2010)) shows profit margin of 34.45% calculated as follows:

$$\text{Profit Margin} = \left(\frac{\text{Sale Price} - \text{Total production cost}}{\text{Sale Price}}\right) * 100 \quad (30)$$

The total production cost distribution (Figure 7) shows that the raw material has the highest impact (78%) due to the methanol need in the 1-octanol synthesis followed the depreciation expenses with a 12% of the total. The mass and energy integration show a considerable influence in the total production cost because to use of recirculation and the fluid distribution around process structure make up for the needs of heating and cooling.

The environmental evaluation shows the total PEI of product leave the system is 0.08142 PEI/kg with a PEI mitigated of 12.97 PEI/kg. This result is very important due to the mass and energy integration in the process mitigates the negative environmental charge of the raw material due to the methanol toxicity and the transform in added value products. The wasted streams have a low environmental impact with an Aquatic Toxicity Potential ATP impact mitigated for aquatic animals if this stream is discharged to the rivers. In the streams leaving at system are observed that HTPI, TTP, PCOP and AP have a low contribution to total environmental impact because for the presence of 1-octanol and H2S traces in the wasted water. The 1-octanol process may be considered environmentally friendly and clean.

Conclusion

The 1-octanol production as a molecule suitable to jet fuel is in discussion because for some properties as the viscosity and the freezing point are not in minimum requirements to jet motor. However, the global production process from rice husk shows a high potential technological, economical and environmental as a sustainable industry at take advantage of an agroindustrial residue and converted in added values products and energy.

Cited Literature

1. Agronet (2012). La cadena de arroz en Colombia. Retrieved from: *http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112141728_caracterizacion_arroz.pdf*
2. Balster, L. M., Corporan, E., DeWitt, M. J., Edwards, J. T., Ervin, J. S., Graham, J. L. & Zabarnick, S. (2008). Development of an advanced, thermally stable, coal-based jet fuel. *Fuel Processing Technology*, 89(4), 364-378.
3. Breman, B. B., Beenackers, A. C. C. M., & Oesterholt, E. (1994). A kinetic model for the methanol-higher alcohol synthesis from CO/CO2/H2 over Cu/ZnO-based catalysts including simultaneous formation of methyl esters and hydrocarbons. *Chemical Engineering Science*, 49(24, Part A), 4409-4428.
4. Cabezas, H., Bare, J. C. & Mallick, S. K. (1999). Pollution prevention with chemical process simulators: the generalized waste reduction (WAR) algorithm-full version. *Computers & Chemical Engineering*, 23(4-5), 623-634.
5. Calverley, E. M. (1989). A Study of the Mechanism and Kinetics of the Synthesis of Methanol and Higher Alcohols Over Alkali Promoted Copper/Zinc-Oxide/Chromia Catalysts. Open Access Dissertations and Theses, Paper 1913, 1-223.
6. Cardona, C. A., Marulanda, V. F. & Young, D. (2004). Analysis of the environmental impact of butylacetate process through the WAR algorithm. *Chemical Engineering Science*, 59(24), 5839-5845.
7. Epling, W. S., Hoflund, G. B., Hart, W. M. & Minahan, D. M. (1997). Reaction and Surface Characterization Study of Higher Alcohol Synthesis Catalysts. *Journal of Catalysis,* 172(1), 13-23.
8. Herman, R. G. (2000). Advances in catalytic synthesis and utilization of higher alcohols. Catalysis Today, 55(3), 233-245.
9. Hilmen, A.-M., Xu, M., Gines, M. J. L. & Iglesia, E. (1998). Synthesis of higher alcohols on copper catalysts supported on alkali-promoted basic oxides. *Applied Catalysis* A: General, 169(2), 355-372.
10. Kulawska, M. & Skrzypek, J. (2001). Kinetics of the synthesis of higher aliphatic alcohols from syngas over a modified methanol synthesis catalyst. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 40(1), 33-40.
11. Kumar, K. & Sung, C.-J. (2010). A comparative experimental study of the autoignition characteristics of alternative and conventional jet fuel/oxidizer mixtures. *Fuel*, 89(10), 2853-2863.
12. Liu, X.-w., Shi, Y., Wu, Y.-n., Zhao, X.-t., & Ren, N.-q. (2008). The investigation of high concentration organic alkalinous wastewater (HCOAW) from octanol production by biodegradation process. *Journal of Biotechnology*, 136, S707.
13. Marrero, R. G. (2001). Group-contribution based estimation of pure component properties. *Fluid Phase Equilibria*, 183-184, 183-208.
14. Nieskens, D. L. S., Ferrari, D., Liu, Y., & Kolonko Jr, R. (2011). The conversion of carbon dioxide and hydrogen into methanol and higher alcohols. *Catalysis Communications*, 14(1), 111-113.
15. NIST – National Institute of Standards and Technology. (2005). Libro del Web de Quimica del NIST. Retrieved from*: http://webbook.nist.gov/chemistry/*
16. Scavage, (2010). Base de datos. Retrieved from: *http://www.scavage.com*
17. Surisetty, V. R., Dalai, A. K., & Kozinski, J. (2010). Effect of Rh promoter on MWCNT-supported alkali-modified MoS2 catalysts for higher alcohols synthesis from CO hydrogenation. *Applied Catalysis A: General*, 381(1-2), 282-288.
18. Surisetty, V. R., Dalai, A. K., & Kozinski, J. (2010). Intrinsic Reaction Kinetics of Higher Alcohol Synthesis from Synthesis Gas over a Sulfided Alkali-Promoted Co-Rh-Mo Trimetallic Catalyst Supported on Multiwalled Carbon Nanotubes (MWCNTs). *Energy & Fuels*, 24(8), 4130-4137. *https://doi.org/10.1021/ef1007227*
19. Surisetty, V. R., Dalai, A. K., & Kozinski, J. (2011). Alcohols as alternative fuels: An overview. *Applied Catalysis A: General,* 404(1-2), 1-11.
20. Tien-Thao, N., Zahedi-Niaki, M. H., Alamdari, H., & Kaliaguine, S. (2007). Conversion of syngas to higher alcohols over nanosized LaCo0.7Cu0.3O3 perovskite precursors. *Applied Catalysis A: General*, 326(2), 152-163.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Abril 07 de 2017
Aceptado: Mayo 31 de 2017

Identificación de ácidos grasos y compuestos fenólicos de los aceites extraídos a partir de semillas de *Ulex europaeus*

Identification of fatty acids and phenolic compounds of the oils extracted from seeds of *Ulex europaeus*

Identificação de ácidos graxos e fenólicos dos óleos extraídos de sementes de Ulex europaeus

José Camilo Torres Romero[1], Myriam Janeth Ortega Torres[2], Diana Marcela Rojas Pinzón[3], Jhon Infante-Betancour[4] & Leslie Yaneth Leal Mejía[5]

[1]Licenciado en Biología, Magister en Ciencias – Bioquímica, Doctor en Bioquímica. [2]Licenciada en Biología. Magister en Producción Animal- Genética Molecular Animal. Estudiante Doctorado en Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. [3]Estudiante Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá. Colombia. [4]Biólogo, Magister en Ciencias –Biología. [5]Bióloga, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Ciencias –Biología.

[1, 2, 3, 5]Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente –ECAPMA. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá. Colombia. [4] Yoluka Ong Fundación de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Bogotá. Colombia.

[1]jose.torres@unad.edu.co, [2]myriam.ortega@unad.edu.co, [3]dianamarcelarojaspinzon@gmail.com, [4]jhon.infante@yoluka.org.co, [5]leslie.leal@unad.edu.co

Resumen

Ulex europaeus es una planta de origen mediterráneo, introducida en Colombia como cerca viva que ha adquirido gran importancia debido a su carácter invasor principalmente en las zonas de alta montaña. El conocimiento de su biología es una herramienta fundamental para la implementación de medidas de manejo que permitan su control y minimicen su impacto sobre los ecosistemas. El estudio de las moléculas y principios activos podría generar información valiosa a este respecto. La investigación reporta algunos ácidos grasos y compuestos fenólicos conseguidos de la extracción oleosa de las semillas e identificados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Dentro de los resultados destaca la presencia de ácido linoleico y también la presencia de tocoferoles que podrían ser útiles para aplicaciones alimentarias e industriales. Se concluye que la especie podría ser utilizada con fines industriales.

Palabras clave: ácido linoleico, cromatografía, tocoferoles, especie invasora.

Abstract

Ulex europaeus is a plant of Mediterranean origin, introduced in Colombia as a living fence that has acquired great importance due to its invasive character mainly in high mountain areas. Knowledge of their biology is a fundamental tool for the construction of management measures that allow their control and minimize their

impact on ecosystems. The study of molecules and active principles could generate valuable information in this regard. The work reports some fatty acids and phenolic compounds obtained from the oily extraction of the seeds and identified by gas chromatography coupled to mass spectrometry. The results highlight the presence of Linoleic acid and also the presence of Tocopherols that could be useful for food and industrial applications**.** It is concluded that the species could be used for industrial purposes.

Key-words: Linoleic acid, chromatography, Tocopherols, invasive species.

Resumo

Ulex europaeus é uma planta de origem mediterrânea, introduzida na Colômbia como uma cerca viva que adquiriu grande importância devido ao seu caráter invasivo principalmente em áreas de alta montanha. O conhecimento de sua biologia é uma ferramenta fundamental para a implementação de medidas de manejo que permitem seu controle e minimizem seu impacto nos ecossistemas. O estudo de moléculas e ingredientes ativos poderia gerar informações valiosas a esse respeito. A pesquisa relata alguns ácidos gordurosos e compostos fenólicos obtidos a partir da extração oleosa das sementes e identificados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. Os resultados destacam a presença de ácido linoleico e também a presença de tocoferóis que podem ser úteis para aplicações industriais e alimentares. Conclui-se que as espécies podem ser usadas para fins industriais.

Palavras chave: ácido linoléico, cromatografia, tocoferóis, espécies invasivas.

Introducción

Las especies invasoras han sido identificadas como uno de los principales motores de perdida de la biodiversidad del planeta (Genovesi & Shine, 2004). En Colombia se han registrado 274 especies de plantas introducidas con antecedentes de invasión en el mundo (Cárdenas-López *et al.,* 2010). Una de las especies que genera más alarmas en el país es *Ulex europaeus* Fabaceae una especie nativa de Europa (Kaufman, 2012), e introducida a Colombia en los años setenta para la construcción de cercas vivas en algunos páramos (Beltrán-G & Barrera-Cataño, 2014; Guio *et al.,* 2015) que esta categorizada a nivel nacional como una especie de alto riesgo de invasión (Cárdenas-López *et al.,* 2010). Amaya & Rengifo (2010) con base en la información de varios autores atribuyen su carácter invasivo a su forma de crecimiento a manera de matorral denso, su crecimiento perenne a largo plazo, la gran resistencia de su banco de semillas y su reproducción de tipo asexual.

En Colombia no se han realizado estudios de la fotoquímica de esta especie que puedan contribuir con información para generar medidas de manejo. En el mundo, las moléculas de esta especie han sido reportadas por presentar actividad con diversos efectos farmacológicos tales como hipolipemiante, hipoglicémico, hipotensor, antiinflamatorio, gastroprotector, hepatoprotector, antioxidante, antiosteoartrítico, antiasmático; entre otros, sin que ello se acompañe de toxicidad relevante (Rivera & Obón, 1995; Spínola *et al.,* 2016). Los principales compuestos que contiene -polifenoles, esteroles, glicósidosisotiocianatos y carbamatos- están en toda la planta, y presenta aceite en las semillas, constituido por ácidos grasos entre 8 a 26 átomos de carbono, además de compuestos fenólicos (Tighe-Neira *et al*., 2014). Esta planta se distribuye en Colombia en la región andina entre los 2000 y 3180 msnm (Bernal *et al.,* 2016). Sin embargo, no se encontraron trabajos

que describan los ácidos grasos provenientes, aceite obtenido de las semillas de dicha especie que crece en nuestro país, así como de los compuestos fenólicos. Teniendo en cuenta las posibles aplicaciones en las industrias farmacéuticas y alimentarias de *U. europeaus* y la necesidad de su control como especie invasora en el contexto colombiano, se procedió a determinar el contenido de ácidos grasos y compuestos fenólicos de dicho aceite por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas CG-MS. Este artículo de investigación constituye una contribución al estudio químico de este aceite, pues permite profundizar en el conocimiento de sus componentes y visualizar posibles aplicaciones.

Métodos

Recolección de Semillas

Para la recolección de las muestras se procedió a recolectar semillas en los cerros orientales (04° 31' 26,0'' N / 074° 05' 05,3'') en la localidad de San Cristóbal de Bogotá, Colombia. La colecta fue manual tomando muestras aleatoriamente en un área de 20 m^2 de invadida por retamo, 4 kg de semillas fueron embaladas en bolsas ziploc para su almacenamiento y posterior transporte al laboratorio.

Preparación de la muestra

Las muestras fueron preparadas por el laboratorio del Grupo de Investigación en Substancias Bioactivas (GISB) de la Universidad de Antioquia. Brevemente; para la obtención los ácidos grasos, se tomaron aproximadamente 50 mg de muestra, se diluyeron en cloroformo y a una alícuota de 50 µL se le evaporó el solvente, posteriormente, la muestra fue derivatizada con una solución de ácido sulfúrico y metanol, seguida de una micro extracción líquido-líquido con hexano. La fase orgánica resultante fue dispuesta para el análisis.

Para la determinación de compuestos fenólicos, 50 mg del aceite fueron diluidos en cloroformo, posteriormente una alícuota de 50 µL fue llevada a sequedad y se agregó reactivo derivatizante N,O-Bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA) dando un tiempo de reacción de 12 h, después del cual se dispuso la muestra para su análisis cromatográfico.

Determinación de ácidos grasos y compuestos fenólicos mediante GC/MS: Las muestras fueron analizadas por el laboratorio del Grupo de Investigación en Substancias Bioactivas (GISB) de la Universidad de Antioquia. En general, previo al análisis por GC-MS de las muestras de aceite, se aplicaron técnicas de derivatización utilizando agentes metilantes y sililantes para el tratamiento de los ácidos grasos y compuestos fenólicos, respectivamente. Posteriormente las sustancias de interés fueron separadas por cromatografía de gases y analizados por espectrometría de masas. Para la identificación de los compuestos, se realizó la comparación de los patrones de fragmentación de las sustancias detectadas con la base de datos espectral NIST tal como lo indica Marriott & Shellie (2002).

Resultados

Determinación de ácidos grasos en el aceite

En las muestras analizadas se encontraron los picos correspondientes a los estándares de metil ésteres de ácidos grasos a diferentes tiempos de retención, identificando los siguientes: láurico, mirístico, palmítico, linoleico, oleico, eláidico, esteárico, cis-11-eicosanoico, eicosanoico y docosanoico (Tabla 1 y Figura 1). En la Tabla 1 se muestran los tiempos de retención y el porcentaje del ácido graso con respecto a la fracción oleica de la semilla y en la Figura 1 se muestra el perfil cromatográfico de los ácidos grasos presentes en la muestra.

Tabla 1. *Ácidos grasos presentes en aceite de semillas de Ulex europaeus.*

Compuesto	Tiempo de retención	Porcentaje (%)
Ácido láurico	10,350	0,55
Ácido mirístico	15,432	0,54
Ácido palmítico	20,439	13,24
Ácido linoleico	24,452	60,48
Ácido oleico	24,552	18,18
Ácido eláidico	24,637	2,34
Ácido esteárico	25,084	3,74
Ácido cis-11-eicosanoico	28,837	0,42
Ácido eicosanoico	29,388	0,35
Ácido docosanoico	33,396	0,15

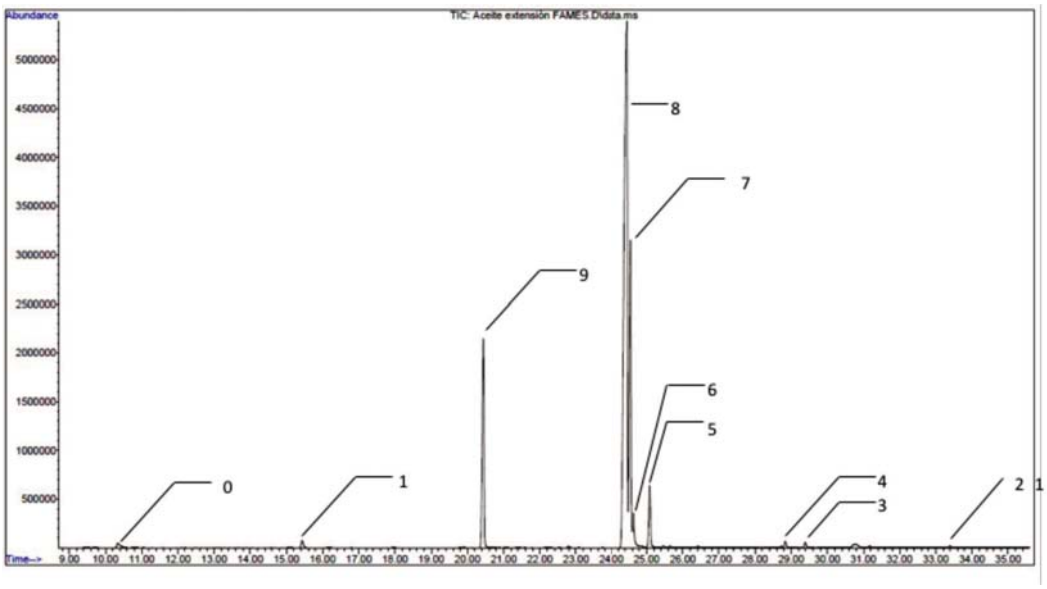

Figura 1. Perfil cromatográfico de ácidos grasos del aceite extraído: 1: ácido laúrico. 2: ácido mirístico. 3: ácido palmítico. 4: ácido linoleico. 5: ácido oleico. 6: ácido eláidico. 7: ácido esteárico. 8: ácido cis-11eicosanoico. 9: ácido eicosanoico. 10: ácido docosanoico.

Determinación de compuestos fenólicos en el aceite

Se realizó el análisis de compuestos fenólicos en el aceite mediante cromatografía gaseosa acoplada a masas, obteniendo como resultado la ausencia de este tipo de compuestos de acuerdo a la comparación con la biblioteca espectral NIST. Sin embargo, en este análisis se logró detectar la presencia de tocoferoles (terpenos de tipo fenólico). Las demás señales representativas de este cromatograma corresponden a los ácidos grasos propios del aceite. La Figura 2 muestra el cromatograma obtenido según la metodología utilizada y la Tabla 2 muestra los tocoferoles encontrados.

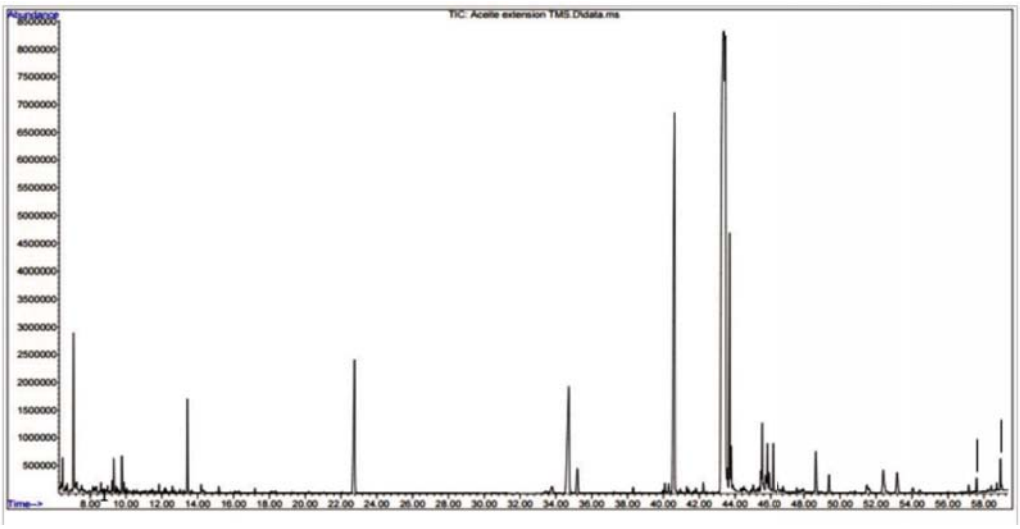

Figura 2. Perfil cromatográfico de trimetilsilil éster (TMS). 1: β-tocoferol. 2: α-tocoferol

Tabla 2. *Tocoferoles presentes en aceite de semillas de Ulex europaeus.*

Compuesto	Tiempo de retención (min)	Porcentaje (%)
β-tocoferol	57,59	1,02%
α-tocoferol	58,91	0,65%

Resultados y discusión

Se empleó el método de extracción con hexano como solvente orgánico para solubilizar y aislar los ácidos grasos, el cual ha sido ampliamente utilizado para propósitos similares en otras plantas (Carrapiso & García, 2000; Tian *et al.,* 2013). De manera general, las características organolépticas y químicas de las fracciones lipídicas obtenidas a partir de las semillas de *U. europaeus* resultaron similares a lo informado por otros autores para la familia (Jobson & Brynmor, 1964). El rendimiento promedio determinado (7,33%) se encuentra en el promedio de los rendimientos reportados por otros autores para la familia (1,5 - 18 %) (Kirbride *et al.,* 2003) según el método de extracción empleado. No obstante, los hallazgos en la presente investigación son preliminares por lo que se requiere estudios posteriores.

Se obtuvo un aceite con un 7,33 % de rendimiento promedio. El análisis de dicho aceite por cromatografía de gases (GC) acoplado a espectrometría de masas (MS), mostró la presencia de 10 tipos de ácidos grasos (Tabla 1). Los ácidos grasos mayoritarios fueron: Linoleico 60,48%, Oleico con 18,18 % y palmítico con 5,8 %. De manera general los resultados confirman los conseguidos por Jobson & Brynmor (1964) quienes realizaron las descripciones de cantidad de lípidos, proteínas y fibra, sin discriminar los diferentes tipos de ácidos grasos que componía la fracción lipídica de la semilla.

El ácido graso más abundante en las semillas fue el linoleico (60,48%). Este ácido es esencial para los humanos, debido a la carencia de las enzimas necesarias para asociar dobles enlaces en los átomos de carbono que están más allá del carbono 9 (Ronayne de Ferrer, 2000; Sanhueza *et al.,* 2002; Galgani, 2004; Tapia, 2005; Ceron *et al.,* 2012), su importancia radica fundamentalmente en que es un precursor de ácidos grasos de mayor longitud de cadena, entre ellos, el araquidónico que es un ácido

graso esencial poli-insaturado de la serie omega-6, presente en membranas celulares, importante en la producción de prostaglandinas y otras interacciones de ácidos esenciales (Cerón *et al.,* 2012). El ácido graso poli-insaturado linoleico y los demás ácidos grasos identificados en las semillas evaluadas, tienen diferentes usos industriales, en el caso del oleico, 18,18%, es útil en la formulación cosmética y en mezclas con aceites minerales (Cerón *et al.,* 2012), el palmítico, 13,24 %, con frecuencia se utiliza como acidificante en emulsiones (Martini, 2005), y también, los ácidos grasos linoleico y oleico son compuestos utilizables como emolientes en productos cosméticos (Benaiges, 2008).

En los resultados conseguidos se puede apreciar la existencia de dos especies de tocoferoles en las muestras de las semillas evaluadas. Los Tocoferoles son el nombre genérico para una familia formada por 8 compuestos conformados por varios fenoles metilados con actividad de vitamina E (Burton & Ingold, 1981). La forma más común es el tocoferol alfa y usualmente este compuesto se añade a suplementos vitamínicos y se utiliza también como antioxidante para la conservación de alimentos (Rigotti, 2007). Los tocoferoles son los antioxidantes más ampliamente distribuidos en la naturaleza y los más importantes que contienen naturalmente los aceites vegetales, su importancia radica en que ejercen su actividad antioxidante a concentraciones relativamente bajas que van desde 0,2% al 1% de la fracción oleosa (Burton and Ingold, 1984; Schuler, 1990). El β-tocoferol (beta-tocoferol) es otra de las 4 formas naturales de tocoferol además de la alfa, tiene menor actividad antioxidante que el alfa-tocoferol debido a que carece de un grupo metilo en el esterocentro. En el estudio se reporta el 0,65% de la fracción oleosa de la semilla para ⊠-tocoferol contra un 1,02% del β-tocoferol. lo cual se confirma la actividad antioxidante para semillas de retamo espinoso debido a las concentraciones del grupo de tocoferoles en este trabajo.

Conclusiones

El *Ulex europeaus* -retamo espinoso- es una especie invasora en Colombia, en este caso se reporta su presencia en los cerros orientales de Bogotá. De acuerdo al perfil lipídico encontrado hay ácidos grasos con aplicaciones para la nutrición animal y la presencia de importantes antioxidantes –tocoferoles- en sus semillas. Teniendo en cuenta estos aspectos y que el retamo espinoso se considera como una especie invasora en el territorio colombiano, podría ser utilizado con fines industriales dado que, aunque se reporta poca cantidad oleosa en la semilla, la cantidad de semilla disponible es grande debido a su alta tasa de crecimiento y dispersión. Así entonces la utilización de la semilla cosechada de áreas invadidas, para ser usada con fines industriales podría contribuir como una estrategia eficaz y rentable para el manejo biológico de la especie. Sin embargo, se necesitan estudios sobre la factibilidad económica, análisis de costo beneficio, investigaciones sobre el impacto que tendría el uso de las semillas sobre las poblaciones de esta especie con el fin de medir la efectividad de esta medida y evaluaciones del riesgo de incorporar esta esta especie en cadenas de valor sobre el aumento de las áreas invadidas actualmente y su dispersión en nuevas regiones.

Agradecimientos

La información presentada en este artículo es resultado del proyecto de investigación: “Estudio de las características del retamo espinoso (*Ulex eropaeus*) localizado en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá para su aprovechamiento como medida de minimización del impacto ambiental causado por su presencia”, aprobado en convocatoria interna de la UNAD.

Literatura Citada

1. Amaya, V. & Rengifo, L. (2010). Efecto del retamo espinoso (*Ulex europaeus*) sobre las aves de borde en un bosque altoandino. *Ornitología Colombiana,* 10, 11-25.
2. Beltrán-G, H. & Barrera-Cataño, J. (2014). Caracterización de invasiones de *Ulex europaeus L.* de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques altoandinos, Colombia. *Biota Colombiana,* 15(2), 3-26.
3. Benaiges, A. (2008). Aceite de rosa mosqueta: composición y aplicaciones dermocosméticas. *Offarm,* 27(6):94 - 97.
4. Bernal, R., Gradstein R. & Celis, M. (2016). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. *http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/*
5. Burton, G. & Ingold, K. (1981). Antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. *J. Am. Chem. Soc,* 103, 6472-6477.
6. Burton, G. & Ingold, K. (1984). B-Carotene: an usual type of lípid antioxidants. *Science,* 224, 569-573.
7. Cárdenas-López, D., Castaño Arboleda, N. & Cárdenas-Toro, J. (2010). Análisis de riesgo de especies de plantas introducidas para Colombia. En: Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas-López, D., Gutiérrez, F. Gil, D., Lasso, C. (Eds.). Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt.
8. Carrapiso, A. & García, C. (2000). Development in lipid analysis: some new extraction techniques and in situ transesterification. *Lipids,* 35(11), 1167-1176.
9. Cerón, A., Osorio, O. & Hurtado, A. (2012). Identificación de ácidos grasos contenidos en los aceites extraídos a partir de semillas de tres diferentes especies de frutas. *Acta Agron*, 61 (2), 117-123.
10. Galgani, E. (2004). Evaluación de la situación de ácidos grasos esenciales y derivados de cadena larga en la dieta de lactantes menores de un año. *Rev. chil. Nutr,* 31(1), 154 - 160.
11. Genovesi, P. & Shine, C. (2004). European strategy on invasive alien species. Strasbourg. Francia: Council of Europe Publishing, Nature and Environment. 68 p.
12. Guio, L., Solorza, J & Leal, L. (2015). Restauración ecológica en plantaciones forestales de Eucalyptus globulus Labill y Acacia melanoxylon R. Br. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental,* 6 (2), 145-156. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1412/1737*
13. Jobson, H. & Brynmor, T. (1964). The composition of gorse (*Ulex europaeus*). *Journal of the science of food and agriculture.* 15(9), 652–656.
14. Kaufman, S. (2012). Guide to Identification and the impacts and control of North American species Sylvan. Estados Unidos: Stackpole Books. 517 p.
15. Kirbride, J., Gunn, C. & Weitzman, A. (2003). Fruits and seeds of genera in the subfamily Faboideae (Fabaceae). *Tech. Bull,* 1890, 1-1208.
16. Marriott, P. & Shellie, R. (2002). Principles and applications of comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Trends Anal. Chem,* 21 (9-10), 573–583.
17. Martini, M. (2005). Introducción a la dermofarmacia y a la cosmetología. Zaragoza España: Acribia S.A. 300 p.
18. Rigotti, A. (2007). Absorption, transport, and tissue delivery of vitamin E. *Mol. Aspects Med,* 28(5-6), 423-436.
19. Rivera, D. & Obón, C. (1995). The ethnopharmacology of Madeira and Porto Santo Islands, a review. J. *Ethnopharmacol*, 46, 73–93.
20. Ronayne de Ferrer, P. (2000). Importancia de los ácidos grasos poli-insaturados en la alimentación del lactante. *Arch Argent Ped,* 98, 231 - 238.
21. Sanhueza, J., Nieto, S. & Valenzuela, A. (2002). Ácido Linoleico Conjugado: Un ácido graso con isomeria trans potencialmente beneficioso. *Rev. chil. Nutr,* 29(2), 98-105.
22. Schuler, P. (1990). Natural Antioxidants exploited commercially. In Food Antioxidants, Ámsterdam: El Sevier. 99 p.
23. Spínola, V., Llorent-Martínez, E., Gouveia-Figueirac, S. & Castilhoa, P. (2016). *Ulex europaeus*: from noxious weed to source of valuable isoflavones and flavanones. *Industrial Crops and Products,* 90, 9–27.
24. Tapia, A. (2005). La suplementación con ácidos grasos omega-3 disminuye la agresividad, hostilidad y el comportamiento antisocial. *Rev. chil. Nutr,* 32(2), 95 – 101.
25. Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B. & Martin, L. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punicagranatum* L.) seed oil. *Ultrason Sonochem,* 20(1), 202-208.
26. Tighe-Neira, R., Leonelli-Cantergiani, G., Montalba-Navarro, R., Cavieres-Acuña, C. & Morales-Ulloa, D. (2014). Caracterización de Compost a Base de Espinillo en Relación a la norma chilena nº28801. *Agron. Mesoam,* 25(2), 347-355.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Febrero 15 de 2017
Aceptado: Abril 03 de 2017

Caracterización metálica de material particulado PM_{10} en la atmósfera de Fonseca, La Guajira, Colombia

Metallic characterization of PM_{10} particulate material in the atmosphere of Fonseca, La Guajira, Colombia

Caracterização de metal de partículas PM_{10} na atmosfera de Fonseca, La Guajira, Colômbia

Carlos Doria Argumedo

Licenciado en Química, Magister en Química.

Facultad de Ingeniería. Universidad de La Guajira. Riohacha, Colombia.

cdoria@uniguajira.edu.co

Resumen

Teniendo en cuenta la importancia del efecto sobre la salud de las partículas inhalables PM_{10} y los metales asociados a ellas, se evaluaron los niveles de metales: Al, Cr, V, As, Se, Na, K, Mg, Ca, Bi, Fe, Hg y Pb, generados por fuentes naturales como el aerosol marino y la re-suspensión del suelo; y de fuentes antropogénicas como las actividades mineras de carbón y la circulación vehicular, en Fonseca, La Guajira, Colombia, Las muestras fueron colectadas en dos sitios cercanos al complejo carbonífero, durante las épocas de sequía y de lluvia, empleando un muestreador de alto volumen con filtros de fibra de cuarzo, con una frecuencia mensual para un total de 20. Las muestras fueron sometidas a un proceso de digestión ácida, y analizadas por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS). Los niveles de PM_{10} reportados superaron el estándar anual de 20 µg/m^3 establecido por la OMS. Los metales de mayor concentración corresponden a Na (2,4 µg/m^3 + 1,49 µg/m^3), Al (0,52 µg/m^3 + 1.78 µg/m^3), Ca (0,49 µg/m^3 + 0,60 µg/m^3) y Cr (0,40 µg/m^3 + 0,18 µg/m^3). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los sitios de muestreo. El V, Hg y Pb no excedieron el estándar de calidad del aire establecido para Colombia y la OMS; por su parte, el As sobrepasó ampliamente el límite permisible de Colombia y la OMS. Adicionalmente, el análisis estadístico permite concluir que los metales pueden provenir de una misma fuente, tanto natural como antropogénica.

Palabras clave: minería, carbón, Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente, metales, partículas inhalables PM_{10}.

Abstract

Taking into account the importance of the effect on the health of PM_{10} inhalable particles and the metals associated with them, the levels of metals were assessed: Al, Cr, V, As, Se, Na, K, Mg, Ca, Bi, Fe, Hg and Pb, generated by natural sources such as marine aerosol and re-suspension of the soil and anthropogenic sources such as coal mining and vehicular circulation, in Fonseca, La Guajira,

Colombia, samples were collected at two sites near the carboniferous complex, during drought and rainfall periods, using a high volume sampler with quartz fiber filters, with a monthly frequency for a total of 20. The samples were subjected to a process of acid digestion, and analyzed by mass spectrometry with inductively coupled Plasma (ICP-MS). The reported PM_{10} levels exceeded the WHO-established 20 µg/m³ annual standard. The most concentrated metals correspond to Na (2.4 µg/m_3 1.49 µg/m³), Al (0.52 µg/m³ 1.78 µg/m³), Ca (0.49 µg/m³ 0.60 µg/m³) and Cr (0.40 Mg/m³ 0.18 µg/m³). There were no statistically significant differences between the sampling sites. V, Hg and Pb did not exceed the air quality standard established for Colombia and who; As such, the As has largely exceeded the permissible limit of Colombia and OMS. In addition, the statistical analysis allows to conclude that metals can come from the same source, both natural and anthropogenic.

Key-words: mining, coal, mass spectrometry with inductively coupled plasma, metals, inhalable particles $PM_{10.}$

Resumo

Considerando a importância dos efeitos para a saúde das partículas inaláveis PM10 e dos metais associados, os níveis de metais: Al, Cr, V, As, Se, Na, K, Mg, Ca, Bi, Fe , Hg e Pb, gerados por fontes naturais, como aerossóis marinhos e re-suspensão do solo; e de fontes antropogênicas, como atividades de mineração de carvão e circulação de veículos, em Fonseca, La Guajira, Colômbia. As amostras foram coletadas em dois locais próximos ao complexo carbonífero durante a seca e as estações chuvosas, usando um amostrador de alto volume com filtros de fibra de quartzo, com uma freqüência mensal de um total de 20. As amostras foram submetidas a um processo de digestão ácida e analisadas por Espectrometria de massa plasmática acoplada indutivamente (ICP-MS). Os níveis reportados de PM10 excederam o padrão anual da OMS de 20 µg / m³. Os metais com maior concentração correspondem a Na (2,4 µg / m³ + 1,49 µg / m³), Al (0,52 µg / m³ + 1,78 µg / m³), Ca (0,49 µg / m³ + 0, 60 µg / m ³) e Cr (0,40 µg / m ³ + 0,18 µg / m ³). Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os locais de amostragem. V, Hg e Pb não excederam o padrão de qualidade do ar estabelecido para a Colômbia e a OMS; Por sua vez, o As ultrapassou o límite permitido da Colômbia e da OMS. Além disso, a análise estatística permite concluir que os metais podem vir da mesma fonte, tanto natural como antropogênica.

Palavras-chave: mineração, carvão, espectrometria de massa plasmática acoplada indutivamente, metais, partículas inaláveis de PM_{10}.

Introducción

La contaminación ambiental por material particulado fracción respirable (PM_{10}) es uno de los mayores problemas presentes en la atmósfera de nuestras ciudades (Quijano *et al.,* 2010). Las partículas menores a 10 µm (PM_{10}) son partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera, en su mayoría de pH básico, producto de la combustión no controlada (Samet, 2000). La contaminación de estas partículas es causada por diferentes fuentes de origen natural o antropogénico como por ejemplo, polvo proveniente de la erosión de los suelos o de la actividad volcánica, polen, residuos de combustión incompleta, procesos industriales, tala de árboles, incineradores de residuos tanto sólidos como hospitalarios y la combustión vehicular. (Molina & Molina, 2004). Los efectos de las partículas dependen fuertemente de su distribución de tamaño, composición química, la concentración de masa; que están relacionados con las fuentes de origen, incluyendo las primarias locales, y las

transportadas a distancia de otros lugares (Deng *et al*., 2015). Los aerosoles atmosféricos contienen compuestos inorgánicos hidrosolubles, carbono orgánico, carbono elemental y metales. Entre los componentes hidrosolubles se encuentran el sulfato, nitrato, amonio y cloruro, que son de gran importancia en el ambiente urbano porque controlan el grado de acidez de las partículas y el impacto en la acidificación ambiental (Du *et al*., 2011).

A pesar de que en la actualidad aún existe incertidumbre acerca de los efectos provocados por las diferentes especies químicas, la mayoría de los estudios apuntan a que el mayor impacto en la salud es causado por las partículas de carbono elemental (CE), compuestos orgánicos (CO), especialmente hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), sulfatos y nitratos, y determinados metales como As, Cd, Fe, Zn, Cr, Cu, Al, V, Ni y Pb (Machado *et al.,* 2008). Entre los principales mecanismos de toxicidad de los metales se encuentran: el bloqueo de grupos funcionales esenciales en biomoléculas (Peralta-Videa *et al*., 2009), el desplazamiento de centros catiónicos en enzimas importantes, como es el caso de la ribulosa 1-5 bisfosfato carboxilasa-oxigenasa (Smeets *et al*., 2005) y la autooxidación de metales (Fe^{2+} o Cu^{+}), facilita la formación de H_2O_2 y del radical OH (Schützendübel & Polle 2002). Las emisiones de metales pesados a la atmósfera se asocian con fuentes naturales, p.ej., tormentas de arena e incendios forestales, y fuentes antropogénicas fijas y móviles (García, 2007). La re-suspensión de partículas del suelo ha sido señalada como fuente principal de K, Mg y Mn presente en polvo urbano de sedimento. Junto con la combustión de carbón, debe aportar también, la mayor parte del Al, Ca, Ce, Cr, Fe, La, Sc, Sr, Ti y Th (Boni *et al*., 1988).

Teniendo en cuenta que entre las principales fuentes de contaminación se encuentran la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos automotores (Covarrubias & Peña, 2017); y que en La Guajira colombiana la minería del carbón constituye una de las actividades económicas de mayor tradición; este estudio tuvo como objetivo el revelar la composición de ciertos metales en las partículas respirables (PM_{10}) en la atmósfera de la localidad de Fonseca ubicada en su zona de influencia del complejo minero de carbón El Cerrejón; teniendo en cuenta la evaluación de la composición química de las partículas determina no solo su potencial toxicológico y su comportamiento en el ambiente (Herrera & Rodríguez, 2010), sino que resulta una ayuda muy valiosa para evaluar la contribución de las distintas fuentes, sobre todo a la hora de desarrollar estrategias para controlar y abatir la contaminación atmosférica (Bessagnet *et al*., 2004).

Materiales y métodos

Área de estudio y ubicación de sitios de muestreo. Para determinar la composición de metales en las partículas, se colectaron 20 muestras de PM_{10} en la localidad de Fonseca ubicada al norte de Colombia (10° 53′ 9″ N, 72° 50′ 53″ O) (Figura 1); con una frecuencia mensual durante el período de marzo a diciembre de 2015, teniendo en cuenta lo establecido en el protocolo y seguimiento de la calidad del aire (MAVDT, 2008). Para la ubicación de las estaciones de muestreo se consideraron dos puntos localizados estratégicamente, teniendo en cuenta el área de influencia directa de la mina de carbón a cielo abierto y la zona agrícola y pecuaria: El punto 1= Conejo y el punto 2 =Sitio Nuevo (Figura 2).

Las muestras de partículas atmosféricas se recolectaron por medio de filtros de cuarzo de 23,3 x 25,4 cm mediante muestreadores de alto volumen PM10 (Hi-Vol VFC) (Figura 3). Estos filtros cuentan con un pH ligeramente mayor a 7,5 y una eficiencia de colección del 99% de partículas >0,3 micrómetros de diámetro (MAVDT, 2008). Los filtros fueron acondicionados 24 horas antes de pesarlos a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 45 %. El tiempo de muestreo fue 24 horas continuas con flujo entre 1,10 y 1,34 m^3/min.

Figura 1. Ubicación de la población de Fonseca, La Guajira, Colombia. Fuente: Corpoguajira (2015)

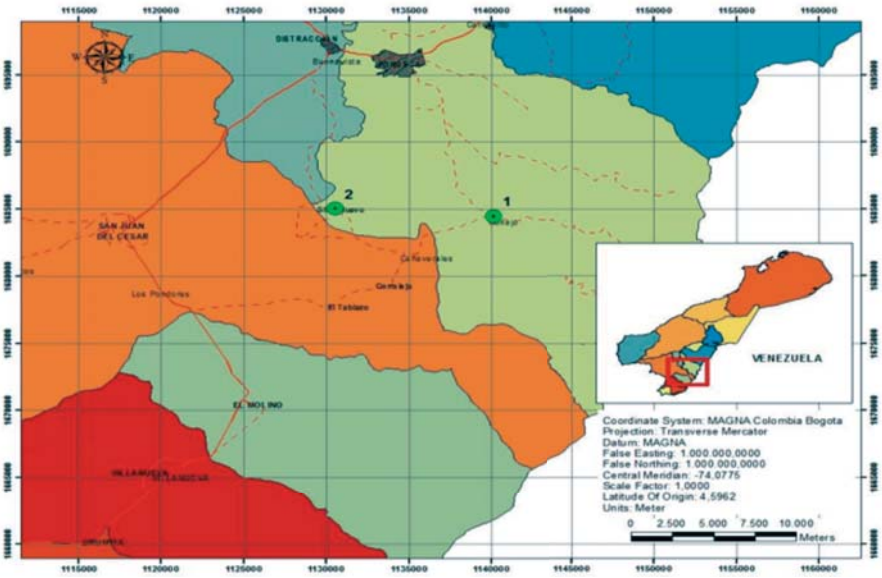

Figura 2. Ubicación de sitios de muestreo de partículas PM_{10} en Fonseca, La Guajira, Colombia.

Análisis químico de filtros. Después de colectadas las muestras de PM_{10}, del acondicionamiento de los filtros y determinada la concentración de partículas mediante el método gravimétrico, se realizó la digestión en medio ácido de los filtros. Para tal fin a 1/4 del filtro se le realizó una extracción ácida con 40 ml de agua regia (65 mL de HNO_3 + 182 mL de HCl, a un volumen total de 500 mL) y 3 mL de $HClO_4$ en vaso de precipitado. Pasadas las 24 horas, el contenido del vaso de precipitado se somete a calentamiento (plancha de calentamiento) por una hora de 60 a 80°C hasta quedar un pequeño extracto, se agrega aproximadamente 20 ml de agua desionizada recién hervida, se agita y se filtra al vacío (filtro Whatman de fibra de vidrio 0,45 µm, 0,47mmØ). El filtrado final se afora a 250 mL. Se refrigera a 4°C hasta su posterior análisis (Doria, 2002). Los metales (Na, K, Ca , Mg, Bi, V, Al, Cr, Fe,

As, Se, Hg y Pb) fueron analizados por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) (APHA, 2012) mediante el equipo ICP-MS Agilent Technologies 7000 series, utilizando Argón 5,0 como gas de arrastre a 0.9 L/min, bomba de nebulización a 0,4 rps, tiempo de retención de 0,3 s. y la utilización de solución patrón multielemental ICP: Solutions Plus Inc. (5% HNO_3).

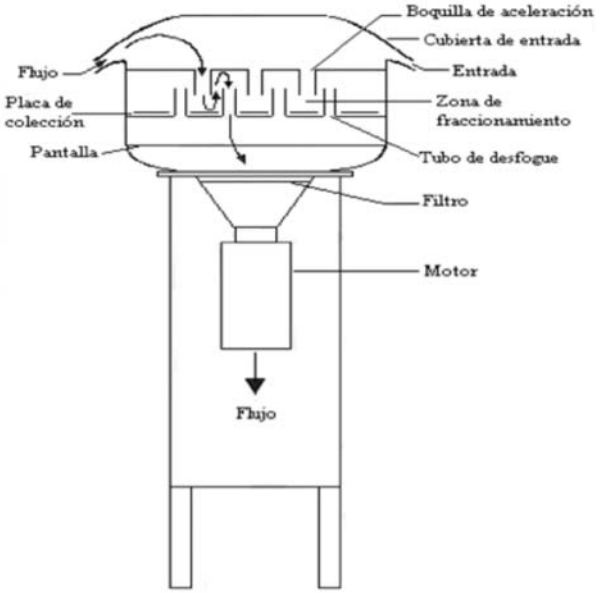

Figura 3. Equipo muestreador de alto volumen PM_{10}

Fuente: REDAIRE (2012)

Los análisis fueron realizados por triplicado. El procesamiento de los datos se llevó a cabo con el programa estadístico PASW Statistics Versión 21 IBM en Windows 10. A través de este programa, se corroboró estadísticamente la existencia de diferencias en cada uno de los iones a través de una prueba de análisis de varianzas y comparaciones múltiples con la prueba de diferencia significativa honesta (HSD, por sus siglas en inglés) de Tukey, con un nivel de significancia del 5% (α = 0,05), el análisis de correlación (entre concentración de iones) y análisis de componentes principales para las concentraciones en los sitios de monitoreo con el objeto de determinar posibles asociaciones (procedimiento de rotación Varimax).

Teniendo en cuenta que durante los procesos de extracción y análisis de las muestras se pierde cantidad de masa de cada ion, se procedió a determinar los respectivos porcentajes de recuperación en muestra preparada de concentración conocida y el respectivo análisis de un filtro de cuarzo en blanco. La sensibilidad del método utilizado fue definida a través del límite de detección (LD) y de cuantificación (LC) que fueron estimados en 0,017-0,040 µg/m³ para Na, 0,005-0,028 µg/m³ para K, 0,030-0,053 µg/m³ para Ca, 0,012-0,035 µg/m³ para Mg, 0,0008 -0,0011 µg/m³ para Al, 0,0009-0,0012 µg/m³ para Cr, 0,0002 – 0,0006 µg/m³ para V, 0,0026 – 0,0029 µg/m³ para Fe, 0,0012-0,0016 µg/m³ para Se, 0,0011-0,0013 µg/m³ para As, 0,0009 – 0,0014 µg/m³ para Hg, 0,0032-0,0036 µg/m³ para Bi y 0,0003-0,0005 µg/m³ para Pb.

Resultados y discusión

Es importante resaltar, que los niveles y composición de las partículas atmosféricas generadas en la zona de estudio están influenciados por la geología local y la dinámica de las operaciones mineras, y actividades agrícolas y pecuarias; con consideraciones adicionales que incluyen la topografía, la efectividad de las medidas de control de emisiones de material particulado y las condiciones meteorológicas y el aerosol marino impulsado por las corrientes de aire; lo que explica una concentración media anual de 30,1 µg/m³ (Tabla 1). Como se observa este valor supera el límite máximo permitido de 20 µg/m³ propuesto por la OMS (OMS, 2005) pero se encuentra por debajo de 50 µg/m³ de acuerdo con la Norma Oficial Colombiana (MAVDT, 2010). En cuanto a su contenido químico, los metales de mayor concentración corresponden a Na (2,40 µg/m³), Al (0,52 µg/m³), Ca (0,49 µg/m³) y Cr (0,40 µg/m³) (Tabla 1). De manera general las concentraciones de los sitios de muestreo presentan poca variación (Figura 4) y no se observaron diferencias significativas durante el tiempo de estudio ($p>0,05$).

Tabla 1. *Concentraciones partículas PM_{10} (µg/m³) y del contenido químico (µg/m³) en Fonseca, La Guajira, Colombia*

	Conejo	Sitio Nuevo	Promedio
Concentración PM_{10}	30,2	30	30,1
Na	2,83	1,96	2,40
K	0,049	0,057	0,053
Ca	0,41	0,57	0,49
Mg	0,24	0,17	0,21
Cr	0,47	0,32	0,40
Al	0,90	0,13	0,52
V	0,37	0,29	0,33
Bi	0,31	0,24	0,28
Fe	0,37	0,27	0,32
As	0,12	0,10	0,12
Se	0,092	0,055	0,073
Hg	0.035	0,035	0,035
Pb	0,053	0,00	0.026

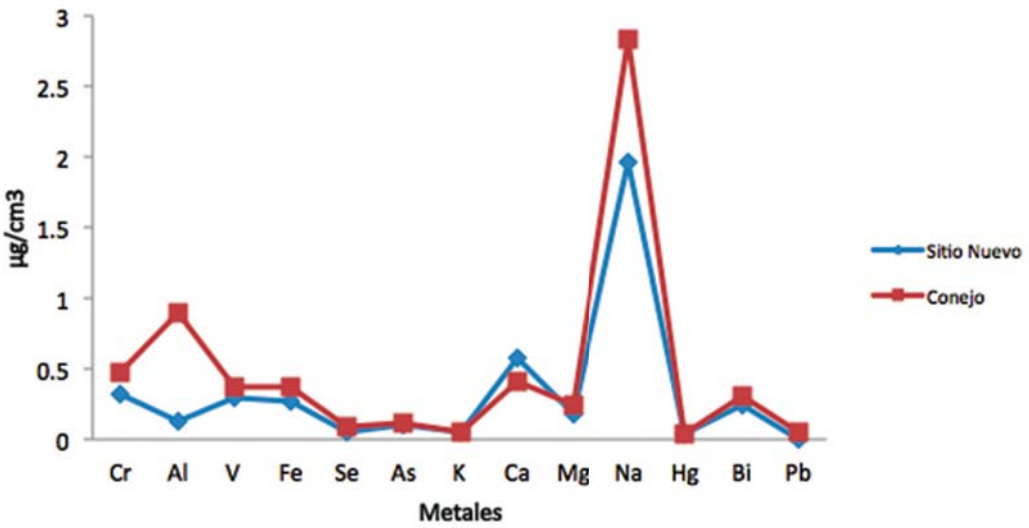

Figura 4. Variación de las concentraciones (µg/m³) de metales en los sitios de muestreo de Fonseca, La Guajira, Colombia

Las correlaciones significativas positivas entre Al y K (p=0,01 r= 0,625), Al y Hg (p=0,01 r= 0,995), Cr y V (p=0,01 r= 0,808), Cr y As (p=0,01 r= 0,967), Cr y Se (p=0,01 r= 0,783), Cr y Bi (p=0,01 r= 0,728), V y As (p=0,01 r= 0,822), V y Se (p=0,01 r= 0,886), V y Bi (p=0,01 r= 0,947), As y Se (p=0,01 r= 0,855), As y Bi (p=0,01 r=769), Se y Bi (p=0,01 r=0,690) K y Mg (p=0,01 r=0,709), K y Fe (p=0,01 r=0,717) Fe y Ca (p=0,01 r=0,705), Fe y Mg (p=0,01 r=0,753), y Ca y Mg (p=0,01 r=0,608) (Tabla 2); indican que de manera natural el Al, Cr, K, Mg, Ca, Fe, V, As, Se y Hg pueden derivarse de la re-suspensión del suelo. El Na presente en el material particulado proviene del aerosol marino que es impulsado por las corrientes de aire provenientes de la Costa Atlántica. La composición química del aerosol marino deriva de su fuente de origen: el agua de los mares y océanos y su fracción primaria está principalmente compuesta por cloruro sódico (NaCl) aunque otras formas de cloruros y sulfatos (ej. $MgSO_4$ o K_2SO_4) también se encuentran presentes (Harrison & Pio 1983).

Tabla 2. *Matriz de correlaciones entre los metales de las partículas atmosféricas*

	Al	Cr	V	As	Se	Fe	Na	K	Ca	Mg	Bi	Hg
Al	1											
Cr	0,065	1										
V	0,077	**0,808***	1									
As	0,079	**0,967***	**0,822***	1								
Se	0,189	**0,783***	**0,886***	**0,855***	1							
Fe	0,380	0,515	0,484	0,572	0,453	1						
Na	0,301	0,407	0,584	0,476	0,469	0,449	1					
K	**0,625***	0,036	0,288	0,091	0,086	**0,717***	0,530	1				
Ca	0,131	0,279	0,346	0,302	0,095	**0,705***	0,320	0,573	1			
Mg	0,423	0,348	0,405	0,412	0,289	**0,753***	0,520	**0,709***	**0,608***	1		
Bi	0,123	**0,728***	**0,947***	**0,769***	**0,690***	0,419	0,555	0,236	0,279	0,331	1	
Hg	**0,995***	0,036	0,042	0,039	0,168	0,297	0,268	0,566	0,069	0,355	0,100	1

*La correlación es significativa al nivel 0,01

Al tener en cuenta las concentraciones de los iones en exceso (*) respecto al aerosol marino, calculadas a partir de la ecuación 1: (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000)

$$X^* = X_{total} - Na_{total}$$
(X agua de mar/ Na agua de mar) (1)

En donde X es el ión considerado, y que para el cálculo se usó como referencia el Na por ser este un componente mayoritario de los aerosoles marinos y no se conoce otra fuente importante de este elemento en la zona de estudio, lo que implicó las relaciones de la composición química del agua de mar para los metales K, Mg y Ca: X/Na(μN/ μN): 0,021(K); 0,044 (Ca); y 0,25(Mg), exceptuando los demás, debido a que los aportes del aerosol marino no son significativos. Se evidencia que el Mg al no presentar concentración en exceso y que las concentraciones de K (0,05 μg/m^3) y de Ca (0,10 μg/m^3) representadas en un 0,26% y 36,4% respectivamente, no existe contribución de otras fuentes importantes diferentes a la del aerosol marino en la atmósfera de Fonseca, que como

se indicó anteriormente pueden corresponder a la re-suspensión del suelo principalmente. De manera general se observó que las concentraciones de Al, Cr, Fe, Ca, Mg, K y Na tendieron a aumentar durante los meses de mayo y junio, adicionalmente, las concentraciones de estos metales tendieron a disminuir durante los meses de octubre y noviembre; indicando esta situación el aumento en las concentraciones de los elementos metálicos en estudio en tiempo de sequía y una disminución en época de lluvia (Figura 5). El aumento en la concentraciones de los durante el verano, puede proponerse que se debe a factores como la re-suspensión de partículas al suelo y el transporte de aerosoles marinos influenciados por los vientos de mayor intensidad, con predominancia en la dirección noreste y que durante la época de invierno el lavado de las partículas solubles disminuye su concentración atmosférica total (Galloway *et al.*, 1982). Por su parte el Hg y Bi presentaron concentraciones constantes en los diferentes tiempos. El Pb sólo se detectó su concentración durante los meses de junio y julio.

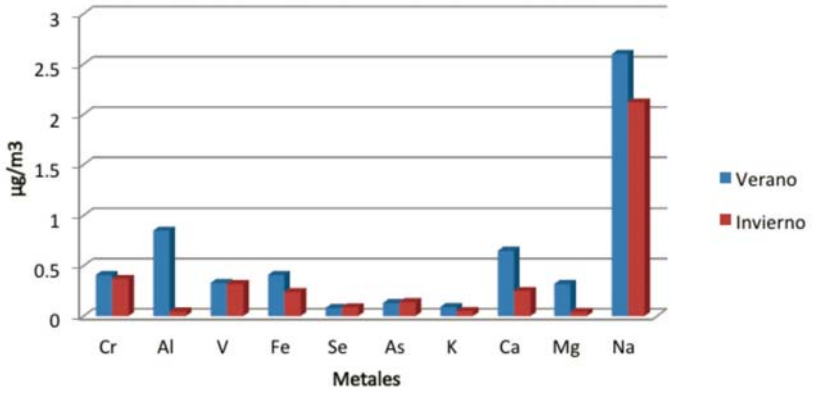

Figura 5. Variación de las concentraciones (µg/m³) de metales en los sitios de muestreo de Fonseca durante los períodos de verano e invierno

Con relación a la asociación de los metales en la Figura 6 que corresponde a los análisis de rotación, se indica que en el factor 1 las variables corresponden estadísticamente a metales asociados similarmente; lo que podría corresponder a que estas especies provienen de las mismas fuentes naturales como el aerosol marino y el suelo.

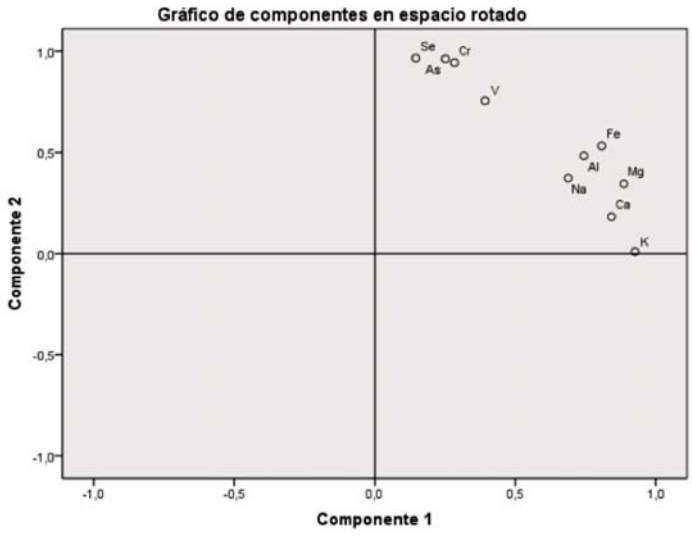

Figura 6. Matriz de factores rotados correspondientes a los metales

El territorio de la zona de Fonseca tiene importantes recursos de caliza asociados a unidades sedimentarias con edades desde el Pérmico hasta el Cenozoico, entre los que se encuentra las Formaciones Sianamá del Oligoceno, Hatonuevo edad cretácica – poliocena, el Grupo Cogollo y las rocas del Pérmico y de Pensilvanio del cerro Cerrejón, entre otros (Corpoguajira, 2012). El material de caliza se forma por la simple aglomeración de cristales de calcita. La deterioración de los materiales calcáreos se produce por disolución de la calcita a través de un ataque ácido superficial, según el proceso mostrado en la ecuación 2:

$$CaCO_3 + H^+ Ca^{2+} + HCO_3^- \quad (2)$$

En el que la calcita se disuelve para dar iones calcio y bicarbonato. Por otro lado, la exposición al medio circundante de rocas ígneas que contienen ion calcio, abundantes en la corteza terrestre, como por ejemplo el diópsido ($CaMgSi_2O_6$), dan lugar a la producción de carbonato de calcio ($CaCO_3$), silicato de magnesio ($MgSiO_3$) y dióxido de silicio (SiO_2), consumiendo al mismo tiempo CO_2, según el proceso de la ecuación 3:

$$CaMgSi_2O_6 + CO_2\ MgSiO_3 + CaCO_3 + SiO_2 \quad (3)$$

Hay además otros procesos en los que intervienen las rocas calcáreas, liberando iones Ca^{2+}, que corresponden a la influencia del CO_2 disuelto en el agua lluvia o de los flujos acuíferos, favoreciendo la disolución del carbonato de calcio que constituye la caliza, dando lugar al ión bicarbonato (HCO_3^-), por medio del proceso químico de la ecuación 4 (Brown *et al*., 1978.)

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2\ Ca^{2+} + 2HCO_3^- \quad (4)$$

En el suelo una fracción del magnesio es intercambiable al encontrase electrostáticamente fijada a la materia orgánica o minerales arcillosos, específicamente estos últimos, abundan sobre todo en el territorio norte de La Guajira, de tipo limoso de las capas superiores de sedimentos cuaternarios de origen fluvial, el cual es liberado por procesos de meteorización de los silicatos. La fracción no intercambiable del magnesio en el suelo corresponde al que se encuentra haciendo parte de las rocas ígneas, que similar a como se indicó anteriormente para el caso del Ca^{2+} este tipo de rocas, especialmente el diópsido ($CaMgSi_2O_6$) da lugar a la producción del silicato de magnesio ($MgSiO_3$). Otro constituyente del Mg^{2+} en el suelo corresponde a las olivinas como minerales de las rocas ígneas que contienen fosterita (Mg_2SiO_4).

El Al se utiliza como elemento indicador de partículas procedentes de la combustión del carbón y/o de la re-suspensión de suelo por su composición aluminio-silicatada. El Al tiene relación con partículas procedentes de la combustión del carbón mayoritariamente que las producidas por la re-suspensión del suelo (Tomza, 1984). El cromo puede existir en diferentes formas, dependiendo de su estado de oxidación, puede encontrarse en estado líquido, sólido o gaseoso. Las formas químicas más comunes son el Cr (0), Cr (III) y Cr (VI), siendo este último su forma más tóxica (ASTDR, 2012). El V se ha utilizado como indicador de combustión de crudos de petróleo y gasoil en la composición química de partículas aerotransportadas. Los combustibles crudos contienen trazas detectables de V (desde menos de 1 a 1600 mg V/kg) y las cenizas de la combustión del petróleo contienen más de un 80% de V_2O_5 (García, 2006). Algunos autores también han atribuido la presencia de V a la re-suspensión de partículas de suelo aerotransportadas desde zonas árido-desérticas (Cornille *et al*., 1990). El petróleo crudo también se considera como fuente de elementos en concentraciones menores como el Al, Fe, Zn, Cu y Pb (Sadiq & Mian, 1994).

En la naturaleza, el As se encuentra principalmente en formas inorgánicas como el arsenato [As (V)] y la arsenita [As (III)] (Prohaska & Stingeder, 2005). Bajo condiciones aeróbicas el arsenato tiene una alta afinidad por oxihidróxidos de hierro [FeO(OH)] y óxidos de manganeso (MnO_2), lo que lo vuelve una forma relativamente inmóvil en suelos (Meharg & Zhao, 2012). La especie química de Pb más abundante en el polvo atmosférico urbano es el $PbSO_4$. El mayor aporte del Hg a la atmósfera proviene de las actividades antrópicas, principalmente la minería y la combustión

industrial. A diferencia de otros metales el mercurio se encuentra presente en la atmósfera en estado gaseoso, lo cual facilita su transporte a través de la biósfera (Li & Tse, 2015). Otras especies mayoritarias son el PbO y Pb_3O_4. Principalmente el $PbSO_4$ está presente en atmosferas urbanas contaminadas por emisiones de vehículos, y proceden de la relación del PbBrCl con sulfatos de carácter ácido y neutro respectivamente (Biggins & Harrison, 1980). El Pb también se encuentra como componente mayoritario en muestras tomadas en aparcamientos, gasolineras, etc…. es decir en lugares en donde los motores de los vehículos arrancan en frio, y su origen, está, muy probablemente en el proceso de deposición en el sistema de escape que se produce en tales situaciones (Olson & Skogerboe, 1975). Entre un 60% y un 75% del Pb añadido a las gasolinas es emitido por el sistema de escape de los vehículos como sales inorgánicas de Pb y alrededor del 1% es emitido como Pb tetralquilo (García, 1995).

Al comparar las concentraciones de los metales con respecto a la legislación colombiana (MAVDT, 2010) y los recomendados por la OMS (OMS, 2005), se puede observar que las concentraciones de Pb, V y Hg no superaron los límites permisibles. Pero el As se encuentra muy por encima (» 10 veces) de lo permitido por la OMS (Tabla 3).

Tabla 3. *Comparación legislativa de las concentraciones de algunos metales pesados en partículas atmosféricas*

Lugar	Pb (µg/m³)	V (µg/m³)	Hg (µg/m³)	As (µg/m³)
Límite. Colombia (anual)	0,5	1,0	1,0	
Límite permisible (OMS)	0,20			0,01
Fonseca	0,026	0,33	0,035	0,12

Las concentraciones de Cr son muy superiores (~ 100 veces) a las registradas en Riohacha en Colombia (Rojano *et al*., 2014) y en zonas de alto tráfico vehicular del estado Zulia (Venezuela) (Machado *et al*., 2008). Los niveles de As y Pb también se encuentra muy por encima de lo registrado en la ciudad de Riohacha (Rojano *et al*., 2014). Por su parte el Fe y Pb se encuentran muy por debajo de las registradas en la zona industrial de Puente Aranda de Bogotá (Machado *et al*., 2008), Pamplona (Quijano *et al*., 2010), Riohacha (Rojano *et al*., 2014) en Colombia y de Potosí en México (Aragón *et al.,* 2006) (Tabla 4).

Tabla 4. *Comparación de concentraciones (µg/m³) de algunos metales en partículas atmosféricas de Fonseca con otras zonas de Colombia y del mundo*

Lugar	Cr	Pb	Fe	As
Fonseca Este estudio	0,40	0,026	0,32	0,12
Riohacha (Colombia) (Rojano *et al*., 2014)	0,0048	0,0066	0,36	0,001
Bogotá (Colombia) (Pérez & Hernández, 2006)	0,25	1,50	2,12	*
Pamplona (Colombia) (Quijano *et al*., 2010)	0,88	1,02	22,97	*
Potosi (México)(Aragón *et al*., 2006)	*	0,26	6,79	0,26
Edo Zulia (Venezuela) (Machado, 2008)	0,05	1,13	*	*

*No hay registro

Conclusiones

Los niveles de PM_{10} reportados en este estudio en la zona de Fonseca, La Guajira, Colombia, superaron el estándar anual de 20 µg/m^3 establecido por la OMS para proteger la salud pública con un buen margen de seguridad. Las concentraciones de metales presentes en las partículas PM_{10} se ven afectadas por las condiciones climatológicas, de forma tal que los niveles más altos se presentan en la época de sequía, cuando la velocidad de los vientos aumenta la re-suspensión del suelo y el aporte de aerosol marino desde la zona de costa. Los metales de mayor concentración corresponden a Na (2,4 µg/m^3 + 1,49 µg/m^3), Al (0,52 µg/m^3 + 1.78 µg/m^3), Ca (0,49 µg/m^3 + 0,60 µg/m^3) y Cr (0,40 µg/m^3 + 0,18 µg/m^3). Los niveles de Pb, V y Hg reportados en este estudio, no superan el estándar anual nacional y los establecidos por la OMS, sin embargo se observa riesgo potencial para la salud por parte del As, debido a que su valor promedio sobrepasa ampliamente el estándar establecido por esta norma internacional.

Los metales evaluados en las partículas pueden ser emitidos a la atmósfera producto de las actividades mineras, relacionadas con las excavaciones (Fe, Se, Ar) y el parque automotor (V, Pb, Hg, Cr); y dese el punto de vista natural por el aerosol marino (Na, K) y la re-suspensión del suelo (Ca, Mg).

Literatura citada

1. APHA-American Public Health Association, American Water Works Association Water Pollution Control Federation. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22ed. New York. 541p.
2. Aragón, A., Campos, A., Layva, R., Hernández, M., Miranda, N. & Luszczewski, K. (2006). Influencia de emisiones industriales en el polvo atmosférico de la ciudad de Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 22(1), 0188-4999.
3. ATSDR. (2012). ToxFAQs for Chromium. Agency for toxic substances and disease registry Recuperado de: *http://www. atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts7.pdf 08/01/2017*
4. Bessagnet, B., Hodzic, A., Vautard, R., Beekmann, M., Cheinet, S., Honore, C., Liousse C. & Rouil, L. (2004). Aerosol modeling with CHIMERE—preliminary evaluation at the continental scale. *Atmospheric Environment*. 38, 2803–2817.
5. Biggins, D. & Harrison, R. (1980). Chemical speciation of lead compounds in street dusts. *Enviromental Science and Technology*. 14, 336-339.
6. Boni, C., Caruso, E., Cereda, E., Lombardo, G., Braga, G. & Redaelli, P. (1988). Particulate matter elemental characterization in urban areas. Pollution and source identification. *Journal of Aerosol Science*. 19, 1271-1274.
7. Brown, G., Newman, J., Rayner, H. & Weir, H. (1978). The Structures and Chemistry of Soil Clay Minerals. En The Chemistry of Soil Constituents. Hayes Ed. Nueva York.
8. Cornille, P., Maenhaut, W. & Pacyna, J. (1990). Sources and Characteristics of the atmospheric aerosol near Damascus, Syria. *Atmospheric and Environment*. 24 (5), 1083-1093. *https://doi.org/10.1016/0960-1686(90)90075-X*
9. Corpoguajira- Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2012). Atlas Ambiental del Departamento de La Guajira. Riohacha. Colombia. Recuperado de: *http://corpoguajira.gov.co/wp/atlas-ambiental-del-departamento-de-la-guajira/*
10. Corpoguajira - Corporación Autónoma Regional de La Guajira. Fortalecimiento y operación del sistema de vigilancia de la calidad del aire (SVCA) de Corpoguajira en todo el departamento de La Guajira. Informe Especial de Avances Técnicos. Riohacha. 2015.
11. Covarrubias, S. & Peña, J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 33, 7-21.
12. Deng, X., Chun, S., Bi, W., Yuan, Y., Qi J., Hong, W., Song, Z. & Cai, Y. (2015). Characteristics of the water-soluble components of aerosol particles in Hefei, China, *J. Environ. Sci*. 1-9.
13. Doria, C. (2002). Estudio sobre la composición química de la lluvia y partículas suspendidas en un sitio del área de influencia de las actividades de explotación del carbón mineral en La Guajira Colombiana. (Tesis de Maestría) Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo.
14. Du, H., Kong, L., Cheng, T., Chen, J., Du, J. & Li, L. (2011). Insights into summertime haze pollution events over Shanghai based on online water-soluble ionic composition of aerosols. *Atmos. Environ*. 45 (29), 5131–5137.
15. Finlayson –Pits B. & Pitts J. (2000). Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Theory, Experiments and Applications. Academic press. 969 p.
16. Galloway, J., Likans, G., Keene, W. & Miller, J. (1982). The composition in remore areas of the world. *Journal Geophysic*. 87, 8771-8786.
17. García, R. (2007). Determinación de metales pesados en la precipitación pluvial de una zona urbana (Ciudad de México) y de una zona rural (Rancho Viejo, Edo. de México. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

18. García, G. (2006). El vanadio, un elemento ambiguo. *Acta Toxicol. Argent*. 14 (2), 32-36

19. García, M. (1995). Geoquímica Urbana de elementos traza. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

20. Harrison, R & Pio, C. (1983). Size differentiated composition of inorganic aerosol of both marine and continental polluted origin. *Atmospheric Environment*. 17, 1733-1738.

21. Herrera, J. & Rodríguez, S. (2010). Validación de un método de análisis para la determinación de metales pesados en partículas pm10 colectadas en aire ambiente *Tecnología en Marcha*. 23(3), 33-46.

22. Li, W. & Tse, H. (2015). Health risk and significance of mercury in the environment. *Environ. Sci. Pollut. Res*. 22, 192-201.

23. Machado, A., García, N., García, C., Acosta., Córdova, A., Linares, M., Giraldoth, D. & Velásquez, H. (2008). Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 24 (4).

24. MAVDT- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución 610 "Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006" la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional. Bogotá. *http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf*

25. MAVDT- Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá. Colombia.

26. MAVDT- Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Protocolo para muestreo de partículas respirables (PM_{10}) utilizando el equipo muestreador de alto volumen PM_{10} de flujo constante. Recuperado de: *http:/www.unalmed.edu.co/redaire/. Acessado en diciembre de 2016*

27. Meharg, A. & Zaho, F. (2012). Arsenic and Rice. Springer Science+Business Media B.V. Dordrecht, Holanda. 166 p.

28. Molina, M. & Molina, L. (2004). Megacities and Atmospheric Pollution. J. *Air & Waste Manage. Assoc*. 54: 644-680.

29. Olson, K. & Skogerboe, R. (1975). Identification of soil lead compounds from automovile sorces. *Environmental Science and Technology*. 9: 227-230.

30. OMS –Organización Mundial de la salud. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial. 25 p.

31. Peralta-Videa J., López, M., Narayan, M., Saupe, G. & Gardea-Torresdey, J. (2009). The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. Int. J. Biochem. *Cell Biol.* 41: 1665-1677.

32. Pérez, L. & Hernández, L. (2006). Determinación de metales pesados en partículas respirables e identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo atmosférico en la localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá. (Tesis de pregrado) Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle. Bogotá.

33. Prohaska, T. & Stingeder, G. (2005). Speciation of arsenic. En: Handbook of elemental speciation II — species in the environment, food, medicine and occupational health. (R. Cornelis, J. Caruso, Eds.). John Wiley and Sons Ltd, Chicester, Reino Unido, p. 69-85.

34. Quijano, A., Quijano, M. & Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable $PM_{2.5}$ en Pamplona-Norte de Santander-Colombia*. Bistua*. 8 (1): 1-20.

35. REDAIRE -Red de Vigilancia de la calidad del aire. Protocolo para muestreo de partículas respirables (PM_{10}) utilizando el equipo muestreador de alto volumen PM_{10} de flujo constante (2012). Recuperado de: *http:/www.unalmed.edu.co/redaire/*

36. Rojano, R., Arregoces, H. & Restrepo, G. (2014). Composición Elemental y Fuentes de Origen de Partículas Respirables (PM_{10}) y Partículas Suspendidas Totales (PST) en el Área Urbana de la Ciudad de Riohacha, Colombia. *Información Tecnológica*. 25(6): 3-12.

37. Sadiq, M. & Mian, A. (1994). Nikel and Vanadium in air particulates at Dharahn (Saudi Arabia) during and after the Kuwait Oil Fires. *Atmospheric and Environment*. 28: 2249-2253.

38. Samet, J. (2000). The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States, *Res.Rep.Health Eff. Inst*. 94 (2): 5-70.

39. Schützendübel, A. & Polle, A. (2002). Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *J. Exp. Bot.* 53: 1351-1365.

40. Smeets, K., Cuypers, A., Lambrechts, A., Semane, B., Hoet, P., Van Laere, A. & Vangronsveld, J. (2005). Induction of oxidative stress and antioxidative mechanisms in Phaseolus vulgaris after Cd application. *Plant Physiol. Biochem*. 43: 437-444.

41. Tomza, U. (1984). Trace elements in the atmospheric aerosol and Katowice, Poland. Technical report Instituut voor Nucleaire Wetenschappen, Rijksuniversiteit Gent. Bélgica.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Abril 03 de 2017
Aceptado: Mayo 17 de 2017

Caracterización y distribución vertical de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y hospederos en ecosistema de selva en sur de Perú

Characterization and vertical distribution of vascular epiphytes -orchids and bromeliads- and hosts in rainforest ecosystem in southern Perú

Caracterização e distribuição vertical de epífitas vasculares -orquídeas e bromélias- e hospedeiros em um ecossistema florestal no sul do Peru

Hilber Ariosto Hurtado Alza[1], Javier Orozco Ávila[2] & Jhon Fredy Betancur Pérez[3]

Ingeniero Forestal, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente;[2] Ingeniero Agrónomo, Magister en Producción vegetal. [3]Licenciado en Biología y Química, Especialista en Biología Molecular y Biotecnología, Doctor en Ciencias Agropecuarias.

[1,2,3]Universidad de Manizales. Manizales, Colombia

[1]argemiroforest@hotmail.com, [2]javierorozcoavila@gmail.com, [3]jbetancur@umanizales.edu.co

Resumen

Las epifitas son plantas que crecen principalmente adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos. En la presente investigación se realizó el inventario de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y sus hospederos, los cuales fueron caracterizados según su clasificación taxonómica; analizando también, el impacto sobre el componente de vegetación. Según los resultados, en las cuatro unidades de vegetación, se registraron 62 géneros, 308 especies epifitas y 15.520 individuos de epífitas. En relación con los forófitos se identificaron en total 266 especies de hospederos y 3.040 individuos arbóreos forófitos. En la familia *Orchidaceae* se identificaron 264 especies y 14.083 individuos; en la familia Bromeliaceae se identificaron 44 especies, agrupadas en 1.437 individuos. En el componente de vegetación el impacto fue negativo, sobre la vegetación arbórea u hospederos, ya que estos individuos serán talados, no obstante la vegetación epífita de orquídeas y bromelias serán trasladadas y monitoreadas, garantizando su sobrevivencia, caso que generará impacto positivo sobre este grupo de especies vegetales.

Palabras clave: epifitas vasculares, bromelias, orquídeas, hospederos.

Abstract

Epiphytes are plants that grow mainly adhered to trunks and branches of trees and shrubs. In this research, the inventory of epiphytes vascular-orchids and bromeliads-and their hosts, which were characterized according to their taxonomic classification, were carried out; Also analyzing the impact on the vegetation component. According to the results, in the four vegetation units, 62 genera, 308 epiphytes and 15,520 individuals were recorded. In relation

to the Forófitos were identified in total 266 species of hosts and 3,040 tree individuals forófitos. In the Orchidaceae family, 264 species and 14,083 individuals were identified; In the Bromeliaceae family, 44 species were identified, grouped in 1,437 individuals. In the vegetation component the impact was negative, on the tree or host vegetation, as these individuals will be felled, notwithstanding the epiphyte vegetation of orchids and bromeliads will be transferred and monitored, guaranteeing their survival, case that will generate positive impact on this group of plant species.

Key-words: vascular epiphytes, bromeliads, orchids, hosts.

Resumo

As epífitas são plantas que crescem principalmente ligadas aos troncos e ramos de árvores e arbustos. Na presente investigação, realizou-se o inventário de epífitas vasculares - oras e bromélias - e seus hospedeiros, caracterizados de acordo com sua classificação taxonômica; também analisando o impacto no componente da vegetação. De acordo com os resultados, nas quatro unidades vegetativas, 62 gêneros, 308 espécies epífitas e 15.520 indivíduos epífitos foram registrados. Em relação aos forófitos, foram identificados 266 espécies hospedeiras e 3.040 árvores forofíteas. Na família Orchidaceae, foram identificadas 264 espécies e 14.083 indivíduos; Na família Bromeliaceae, 44 espécies foram identificadas, agrupadas em 1.437 indivíduos. No componente da vegetação, o impacto foi negativo, na vegetação arbórea ou nos hospedeiros, já que esses indivíduos serão abatidos, porém a vegetação epífita de orquídeas e bromelias será transferida e monitorada, garantindo sua sobrevivência, no caso de gerar um impacto positivo nesse grupo de espécies de plantas.

Palavras chave: epífitas vasculares, bromélias, orquídeas, hospedeiros.

Introducción

El ecosistema selvático de la amazonia del Perú, se caracteriza por poseer árboles de gran tamaño, con un dosel cerrado, dentro del cual se pueden observar diferentes estratos. En un estrato es posible encontrar árboles de tamaños superiores a los 30 m de altura, árboles dentro del sotobosque, plantas rastreras y plantas que crecen alrededor o encima de otras plantas, como es el caso de las epifitas y los musgos (Acuña, 2012). En estos ecosistemas se encuentra una gran diversidad de especies tanto de flora como de fauna en total equilibrio. Dentro de una comunidad vegetal, las plantas epifitas juegan un papel importante desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con su distribución en los diferentes estrados verticales de un ecosistema, sirven de hábitat y nicho para muchos organismos como hormigas, artrópodos, insectos y aves. Las epífitas solo usan a su hospedero como soporte o anclaje pues no toman ningún nutriente de éste para su desarrollo (Granados *et al,* 2003). Estudios realizados muestran que un ecosistema con presencia de plantas epifitas tiene más diversidad de una entomofauna asociada que otro ecosistema donde se han eliminado las epifitas. Algunas epifitas acumulan agua entre sus hojas generando una trama ecológica a su alrededor, mientras que otras pueden acumular cientos nutrientes importantes para sus hospederos. Para la captura de nutrientes los distintos grupos de epífitas presentan distintas estructuras y mecanismos, dependiendo de la fuente de suministro, ya que estos pueden provenir de la atmósfera, de la lixiviación de las hojas y corteza, de la acumulación de hojarasca y de la interacción con otros organismos, entre otros (Zotz & Andrade, 2002).

En el año 2014 mediante Resolución Suprema No 054-2014-EM, se otorga a la Sociedad Concesionaria Gasoducto Sur Peruano S.A. la Concesión del Proyecto “Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano”.

Esto hace necesario adelantar todos los estudios de impacto ambiental y buscar los mecanismos de reducir al máximo estos impactos, buscando formas de reemplazar o trasladar algunos especímenes de plantas a sitios aledaños a los intervenidos con las obras de infraestructura de exploración, extracción, conducción y utilización de éstas fuentes de energía. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la población de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y hospederos y analizar su distribución vertical, en un ecosistema de selva a intervenir con la construcción de la variante de conducción del gasoducto en el sur de Perú. El proyecto se realizó mediante el inventario al 100 % de individuos arbóreos forofitos y los epífitos de las familias orchidiacea y bromeliaceae presentes en las tres zonas hipotéticas, definidas y modificas acorde a la división propuesta por Johansson (1974).

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó entre los KP 60+500m al KP 100+000m, tramo que se ubica en el área rural del centro poblado de Ivochote, que pertenece al distrito de Echarate, provincia de La Convención, región Cusco, Perú, en de la región natural de Selva y zona de vida de Selva Alta.

Inventario de epífitas y sus hospederos

El inventario de la población de especies epífitas y sus hospederos se llevó a cabo en un área total de 99 ha. Esta área está conformada por un derecho de vía (DdV) de 25 m de ancho y 39,5 km de longitud, de la construcción del gasoducto del sur del Perú. Se realizó un barrido en cada una de las unidades de vegetación, registrando los forófitos con diámetro a la altura del pecho igual o superior a 10 cm, la información fue registrada en formatos de campo, donde se consigna información como la *georefenciación*, el nombre común y científico del forófito, y epífitos presentes en cada individuo arbóreo forófitos, teniendo en cuenta que en cada fórofito evaluado se divide en tres (3) zonas hipotéticas, que definen su distribución vertical: zona 1, parte basal del tronco, de 0 a 2 m, zona 2, parte alta del tronco, a partir de los 2 m hasta la primera ramificación y zona 3, el área de dosel o copa, definidas y modificadas de acuerdo con la división propuesta por Johansson (1974).

Caracterización de la población de epífitas y sus hospederos

Realizado el procesamiento de recolección de la información en campo, se determinó la composición florística de los epífitos y fórofitos u hospederos, para ello se analizó la diversidad de los epífitos, la riqueza está dada por el número de especies registradas de las dos familias estudiadas, Orchidacea y Bromeliacea, por unidad de cobertura, la diversidad se determina mediante los índices de Shannon-Weiner y Simpson (Tabla 1).

Tabla 1. *Índices de diversidad*

Índice	Definición	Fórmula y/o Rangos de análisis
Índice de diversidad de Shannon & Wiener	Es igualmente una medida de la diversidad o riqueza en especies de una población dada	$H' = -\sum_{i=1}^{s} (p_i \times \log_2 p_i)$ Dónde: Pi=abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.
Índice de Simpson	La ecuación de D_{Si} se aplica para comunidades 'finitas' donde todos los miembros han sido contados, es decir que n = N. Considerando una comunidad 'extensa', un estimador adecuado de la diversidad calculado a partir de datos provenientes de una muestra de tamaño n sería:	$D'_{Si} = \sum_{i=1}^{s} \frac{n_i (n_i - 1)}{n (n-1)}$

Fuente: Pla (2006).

Resultados y discusión

Caracterización de las unidades de vegetación

Al caracterizar la zona de influencia (99 ha), se identificaron cuatro unidades vegetativas, las cuales, se encuentran agrupadas ecológicamente como yungas orientales (YO), cada unidad presenta características paisajísticas particulares, que se encuentran influenciadas por su ubicación, altura, temperatura, actividad antrópica, (Tabla 2), el patrón de distribución espacial sobre los forófitos depende: de la especie del forófito, su posición, edad, condición y de la presencia de otras epifitas; según Sugden y Robins (1979), c.p Hernández, 2000, las epifitas son más abundantes en aquellos hospederos mus ramificados hacia todos los ángulos, con ramas horizontales y grandes copas.

Tabla 2. *Unidades de vegetación caracterizadas en la zona de influencia*.

Agrupación ecológica	Código de unidad de vegetación	Unidad de vegetación
Yungas orientales	Uv02-yo	Bosque denso montano y basimontano
	UV03-YO	Bosque bajo, Arbustal, Herbazal, densos Basimontanos, en Mesetas y Crestas
	UV04-YO	Bosque denso Sub-Montano
	UV07-YO	Bosques y Matorrales de densidad variada, Sub-Montanos y Basimontanos secundarios

Caracterización florística y diversidad

Composición florística de la población de especies epífitas

En las cuatro unidades de vegetación se registraron 15.520 individuos representados en 308 especies, 62 géneros en las dos familias botánicas estudiadas, la Orchidaceae presenta 55 géneros, representados en 264 especies y 14,083 individuos y la Bromeliaceae con 7 géneros representados 44 especies en 1.437 individuos.

Composición por género: familia Orchidaceae

Las 264 especies de orquídeas identificadas en el área de estudio se agruparon en un total de 55 géneros diferentes, de los cuales 36 se ubicaron en la unidad de vegetación dos (UV02-YO) con 157 especies de orquídeas, el género *Maxillaria*, *Epidendrum* y *Pleurothallis* agruparon el mayor número de especies con un total de 20, 15 y 12 respectivamente; por su parte en la unidad vegetativa tres (UV03-YO) se identificaron 35 géneros con 130 especies, destacándose el género *Maxillaria* con 17 especies, *Pleurothallis* con 14 y *Epidendrum* con 11 especies. En la unidad de vegetación cuatro (UV04-YO) se encontraron 44 géneros con 176 especies, de las cuales, el mayor número se agrupó en el género *Maxillaria* con 24 especies, 17 en el género *Epidendrum* y 14 en el género *Pleurothallis*, en cuanto a la unidad de vegetación siete (UV07-YO), se hallaron 29 géneros los cuales agruparon 89 especies de orquídeas, entre los de mayor abundancia de especies se encuentra el género *Maxillaria* con 13, y *Pleurothallis* y *Epidendrum* con 10 especies cada una (Figura 1).

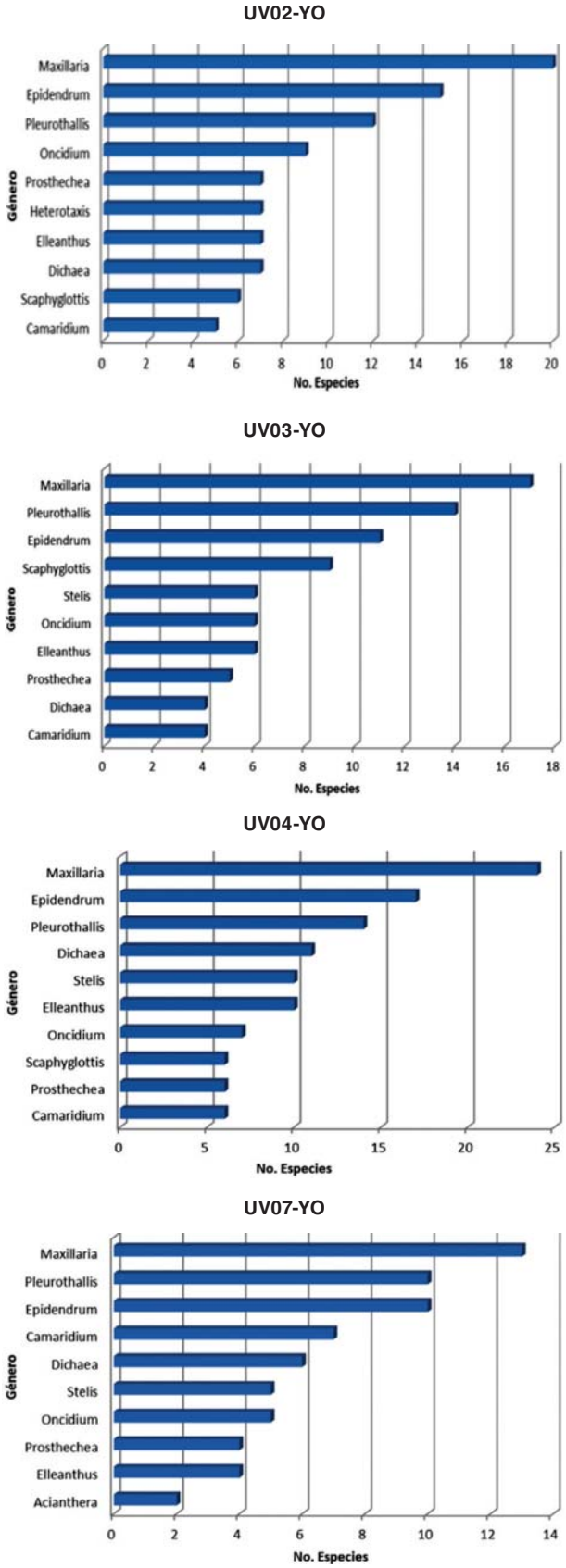

Figura 1. Composición por género: familia Orchidaceae

Composición por género: familia Bromeliaceae

La familia Bromeliaceae ha sido dividida en tres subfamilias bien definidas: Bromelioideae, Pitcairnioideae y Tillandsioideae (Smith y Downs, 1974 c.p Granados, 2005). En las cuatro unidades de vegetación se identificaron 7 géneros, los cuales agruparon en 44 especies de bromelias. En la unidad de vegetación (UV02-YO), se ubicaron cinco géneros con 30 especies diferentes, el género *Guzmania* albergó el mayor número de especies con un total de 12, seguido por *Tillandsia* con 9 y *Aechmea* con 5 especies. Por su parte, en la unidad de vegetación (UV03-YO), se encontraron cinco géneros con 21 especies, siendo el género *Guzmania* el de mayor participación con 9 especies, seguido por *Tillandsia* con 7 especies, los géneros *Catopsis* y Aechmea cuentan con 2 especies cada uno. En la unidad de vegetación (UV04-YO) se identificaron 6 géneros con 33 especies, de los cuales el género *Tillandsia* presentó el mayor número con un total de 13, seguido por el género *Guzmania* con 11 y *Aechmea* con 5 especies de bromelias, Aguirre y Betancur (2008) hallaron tambien una amplia distribución de generos dentro de la familia *Bromeliaceae*, una de las caracteristicas que hace que el género *Guzmania* predomine sobre las otras especies son sus caracteristicas morfologicas, de acuerdo a Vargas (2002), quien describio al género por ser epífitas de bosques andinos, de tamaños variables hasta de un metro de altura, con las infloresencias cubiertas en formas de brácteas en espiral, son encontradas frecuentemente sobre árboles y arbustos a la vez que forman amplias colonias en el piso bajo del bosque, con brácteas de colores vistosos, caracteristica que hace que el género predomine, sobre otras especies de menor tamaño. Finalmente en la unidad (UV07-YO) fue posible identificar 7 géneros con 23 especies, en donde los géneros *Guzmania* y *Tillandsia* se destacaron por albergar el mayor número con 10 y 7 especies respectivamente (Figura 2), se observó una amplia variabilidad y numero de especímenes de la familia bromeliaceae. Estas familias están incluidas dentro las familias reportadas para estudios en bosque premontanos y de selva baja (Huamantupa, 2010; Pitman, 2001; Gentry, 1988; Phillips *et al*., 1994), datos con una alta relación con los reportes realizados por Orozco *et al*. (2017).

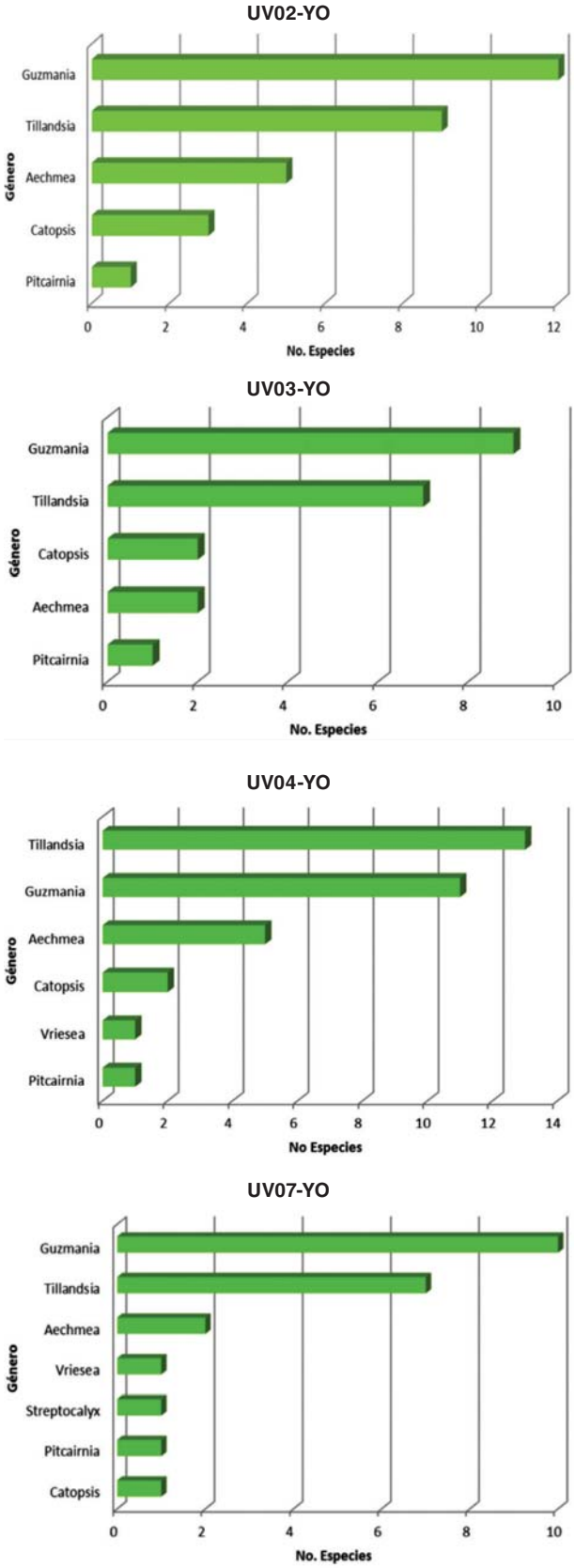

Figura 2. Composición por género: familia Bromeliaceae

Composición florística de la población forofita y sus hospederos

En las cuatro unidades de vegetación se registraron 3.040 individuos arbóreos representados en 266 especies, 171 géneros y 57 familias botánicas estudiadas. Las familias más representativas son Fabaceae con 34 especies, Moraceae con 26 especies, Rubiaceae con 17 especies y Euphorbiaceae con 16 especies, entre otras.

La unidad de vegetación (UV02-YO) conto con 981 individuos arbóreos forófitos, representados por 158 especies, 119 géneros y 51 familias, dentro de las cuales las más representativas son Fabaceae, Moraceae y Rubiaceae, con 18, 13 y 11 especies respectivamente; en la unidad vegetativa (UV03-YO) se identificaron 605 individuos arbóreos forófitos, representados por 146 especies, 99 géneros y 33 familias, de las cuales, las más representativas son Fabaceae y Moraceae con 15 especies y Euphorbiaceae, con 11 especies. En la unidad de vegetación (UV04-YO) se encontraron 965 individuos arbóreos forófitos, representados por 167 especies, 116 géneros y 45 familias, siendo las más representativas Fabaceae, Moraceae y Urticaceae con 26, 18 y 11 especies respectivamente; en cuanto a la unidad de vegetación (UV07-YO), se hallaron 489 individuos arbóreos forófitos, representados por 60 especies, 51 géneros y 25 familias, siendo las más representativas Moraceae con 6 especies Urticaceae y Rubiaceae con 5 especies cada una ((Figura 3).

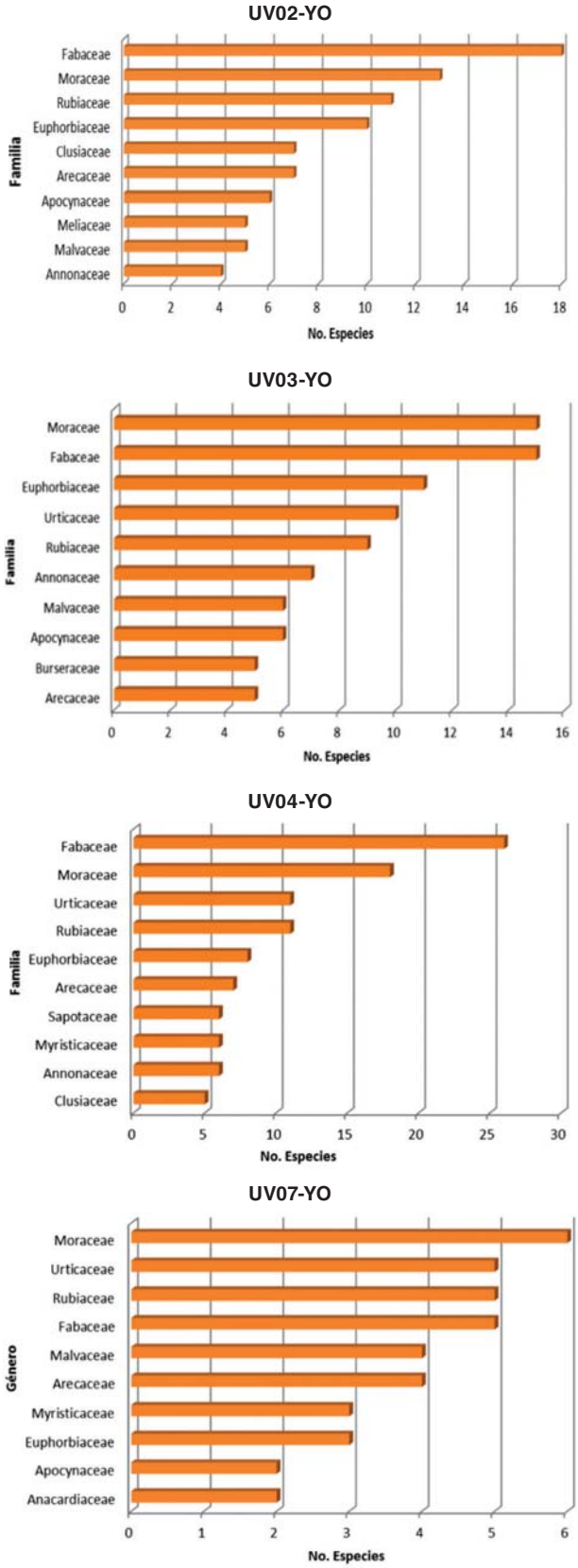

Figura 3. Composición florística de la población forofita u hospederos.

Las especies más abundantes en la unidad de vegetación (UV02-YO) son *Clusia* sp. (Tangariomanaki) perteneciente a la familia Clusiaceae con 48 individuos arbóreos forófitos, *Miconia* sp. (Oroengariki) y *Graffenrieda* sp.1 (Savotaroki 3), de la familia Melastomataceae, con 38 y 36 individuos arbóreos forófitos respectivamente. En la unidad de vegetación (UV03-YO) las especies más abundantes son *Inga nobilis* (Intsipa) de la familia Fabaceae con 48 individuos arbóreos forófitos, *Blakea rosea* (Savotaroki) de la familia Melastomataceae, con 33 individuos arbóreos forófitos y *Himatanthus sucuuba* (Chomisanto; Lagarto caspi) de la familia Apocynaceae, con 22 individuos arbóreos forófitos. Las especies más abundantes de la unidad de vegetación (UV04-YO) son *Inga* sp. 1 (Pacae) de la familia Fabaceae, *Pseudolmedia laevis* (Poshariki; Chimicua) de la familia Moraceae y *Otoba glycycarpa* (Tsonvantoki; Aguanillo) de la familia Myristicaceae, con 41, 40 y 37 individuos arbóreos forófitos respectivamente. Se ha onservado una amplia diversidad genetica y abundaciona de las epifitas, en los bosques mesófilos este tipo de plantas representa el 30% de la plantas vasculares (Viccon, 2009). En la unidad de vegetación (UV07-YO) las especies más abundantes son *Wettinia augusta* (Kepito) de la familia Arecaceae, *Inga nobilis* (Intsipa) de la familia Fabaceae y *Ocotea javitensis* (Inshoviki) de la familia Lauraceae, con 72, 42 y 41 individuos arbóreos forófitos respectivamente, la amplia diversidad genética encontrada está relacionada con los datos encontrados en el inventario realizado por Arévalo (2004), en el oriente de Colombia donde encontró 2.015 epífitas vasculares, pertenecientes a 183 especies, 71 géneros y 27 familias.

Diversidad de epifitas

La diversidad se compone de dos elementos, variedad o riqueza y abundancia relativa de especies, su expresión se logra mediante el registro del número de especies, la descripción de la abundancia relativa o mediante el uso de una medida que combine los dos componentes (Magurran, 2013). La riqueza y diversidad se determinó a nivel de unidades de vegetación, siendo la UV07-YO la que presenta mayor riqueza, y esto puede estar dado a que es la unidad

con mayor área, seguida de la unidad UV02-YO, el índice de Shannon-Weiner (H') mide la heterogeneidad y el valor máximo (5), los resultado muestra una muy alta diversidad para las unidades de vegetación UV02-YO, UV03-YO y UV07-YO, la unidad UV07-YO muestra una diversidad media-alta, lo que puede indicar una intervención antrópica marcada en esta unidad. El índice de Simpson (D_{Si}) es casi similar en las cuatro unidades de vegetación, estando muy cerca a uno, lo que evidencia que no hay una dominancia resaltada de alguna o algunas especies de epífitos en las unidades estudiadas, teniendo en cuenta que cuando el valor del índice se acerca más a uno menor es la dominancia, por lo cual los ecosistemas estudiados tiene muy alta diversidad, esto puede deberse a que existen las riquezas son altas y las especies con mayor abundancia son pocas, situación que impide a las especies más abundantes dominar significativamente en el ecosistema (Tabla 3).

Tabla 3. *Diversidad de epífitos por unidad de vegetación.*

Unidades de Vegetación	Riqueza	Índice de Shannon-Weiner (H')	Índice de Simpson (D_{Si})
UV02-YO	187	4,298	0,961
UV03-YO	131	4,579	0,960
UV04-YO	209	3,291	0,977
UV07-YO	112	4,691	0,954

Análisis de especies epífitas y hospederos

La unidad de vegetación que presenta un mayor número de especies epífitos es la unidad UV04-YO, representada por 50 géneros y 4.035 individuos, estos se ubican en 965 forófitos, de 167 especies; seguidamente por la unidad UV02-YO, cuenta con 187 especies epífitos, representados por 41 géneros y 5.571 individuos, ubicados en 981 forófitos pertenecientes a 158 especies; la unidad UV03-YO cuenta con 151 especies epífitos, constituidos por 40 géneros y 3.690 individuos, ubicados en 605 forófitos pertenecientes a 146 especies y por último la unidad UV07-YO presenta 112 especies epífitos, representados por 36 géneros y 2.224 individuos, ubicados en 489 forófitos pertenecientes a 60 especies. Los forófitos hospedan orquídeas, en otros casos solo bromelias y otros comparten las dos especies (Tabla 4).

Tabla 4. *Especies de epifitos (Orquídeas y Bromelias) y forófitos en las cuatro unidades de vegetación.*

Unidad de vegetación	Género	No. Especies	No. Individuos	No. Especies forófitos	No. individuos forófitos
UV02-YO	41	187	5571	158	981
UV03-YO	40	151	3690	146	605
UV04-YO	50	209	4035	167	965
UV07-YO	36	112	2224	60	489
TOTALES		**659**	**15520**	**-**	**3040**

El mayor número de especies de orquídeas se halló en la unidad de vegetación cuatro (UV04-YO) con 176 especies y un total de 3.576 individuos, cabe recordar que ésta unidad es la de mayor área evaluada con 37.97 ha, aportando así el 66.67 % de la totalidad de especies de orquídeas encontradas. Seguidamente en la unidad de vegetación dos (UV02-YO) se identificaron 157 especies de orquídeas con 5.293 individuos, representando el 59.47% de las especies de orquídeas encontradas en el área de estudiada; por su parte en la unidad vegetativa tres (UV03-YO) fue posible localizar 130 especies para un total de 3.458 individuos con un 49.24%; finalmente en la unidad vegetativa siete (UV-07-YO) se localizaron 89 especies con 1.756 individuos participando con un 33.71% sobre la totalidad de especie de orquídeas encontradas (Tabla 5).

Tabla 5. *Especies de orquídeas epifitas y hospederos en las cuatro unidades de vegetación.*

Unidad de vegetación	Género	No. Especies	No. Individuos	No. Especies forófitos	No. individuos forófitos
UV02-YO	36	157	5293	148	850
UV03-YO	35	130	3458	138	496
UV04-YO	44	176	3576	158	769
UV07-YO	29	89	1756	53	312
TOTALES			**14083**	**-**	**2427**

Las unidades con mayor número de especies bromelias fueron la UV04-YO y UV02-YO, cada una con 33 y 30 especies respectivamente, sin embargo el número de individuos fue variable, en la unidad UV02-YO se hallaron 278 individuos, entre tanto la unidad UV04-Y estuvo conformada por 459 individuos. En la unidad de vegetación UV03-YO se identificaron 21 especies de bromelias con 232 individuos, entre tanto en la unidad UV07-YO se encontraron 23 especies representadas en 468 individuos (Tabla 6).

Tabla 6. *Especies de bromelias epifitas y hospederos en las cuatro unidades de vegetación.*

Unidad de vegetación	Género	No. Especies	No. Individuos	No. Especies forófitos	No. individuos forófitos
UV02-YO	5	30	278	71	177
UV03-YO	5	21	232	59	134
UV04-YO	6	33	459	84	241
UV07-YO	7	23	468	42	203
TOTAL			**1437**	**-**	**755**

Análisis de la población de hospederos en relación a la preferencia de las epífitas -Orquídeas y Bromelias.

Número de hospederos por unidad de vegetación: Familia Orchidaceae

En las cuatro unidades de vegetación se identificaron 259 especies de hospederos y 2427 individuos arbóreos forófitos, con presencia de las especies de la familia Orchidaceae. La amplia diversidad genética de la familia Orchidaceae, ha sido identificada en otras regiones, tal como lo reporta Wolf y Flamenco (2003) en el estado de Chiapas (México) donde realizo el estudio en un bosque mesófilo con una

altitud de entre los 500 y 2000 msnm, encontrando 1.173 especies de epífitas, de las cuales la mitad fueron orquídeas, seguidas por bromelias y helechos. En la unidad de vegetación dos (UV02-YO) se hallaron 5.293 individuos de orquídeas epífitas distribuidas en 850 forófitos los cuales se representan en 178 especies, los de epífitos que presentaron mayor colonización de individuos de forófitos son: *Inti bicallosa* (Rchb.f.) M.A.Blanco con 61 individuos se encuentra colonizando en 48 forofitos, seguida por *Stelis* sp.1 y *Scaphyglottis* prolifera (R.Br.) Cogn., con 684 y 65 individuos respectivamente, colonizando 42 fórofitos cada una, entre otras. En la unidad de vegetación tres (UV03-YO) se registraron 3.458 individuos de orquídeas, los cuales se encontraron colonizando 496 forófitos agrupados en 138 especies diferentes, la especie *Stelis* sp.1 colonizó el mayor número de hospederos con un total de 30 individuos arbóreos y 460 individuos de epífitas, seguida por la especie *Stelis* sp.2 con 21 hospederos colonizados por 331 individuos de epífitas de ésta especie. En la unidad de vegetación cuatro (UV04-YO) se encontraron 3.576 individuos de orquídeas colonizando 769 forófitos representados en 158 especies, la especie con mayor número de forófitos colonizados fue *Pleurothallis revoluta* (Ruiz & Pav.) Garay, con un total de 56 individuos arbóreos y 87 individuos de epífitas; seguida de la especie *Pleurothallis ruscifolia* (Jacq.) R.Br. tuvo una colonización de 25 individuos arbóreos por 33 individuos de epífitas. En la unidad de vegetación siete (UV07-YO) se identificaron en total 312 hospederos agrupados en 53 especies, colonizados por 1.756 individuos de epífitas, la especie *Epidendrum* sp.1 colonizó en total 23 hospederos con 38 individuos de epífitas; por su parte en las especies *Pleurothallis revoluta* (Ruiz & Pav.) Garay y *Camaridium vestitum* (Sw.) Lindl., fueron reportados en 20 y 17 forófitos colonizados por 87 y 24 individuos de epífitas respectivamente (Figura 4); la familia *Orchidaceae* constituye para la flora peruana la familia más diversa, con alrededor de 212 géneros y 2020 especies (León, Pitman & Roque, 2006), aunque se estima que el número real podría oscilar entre 2500 y 3500 especies (Collantes, 2003), la mayoría son hierbas epífitas o terrestres, aunque hay también las que presentan ambos hábitos.

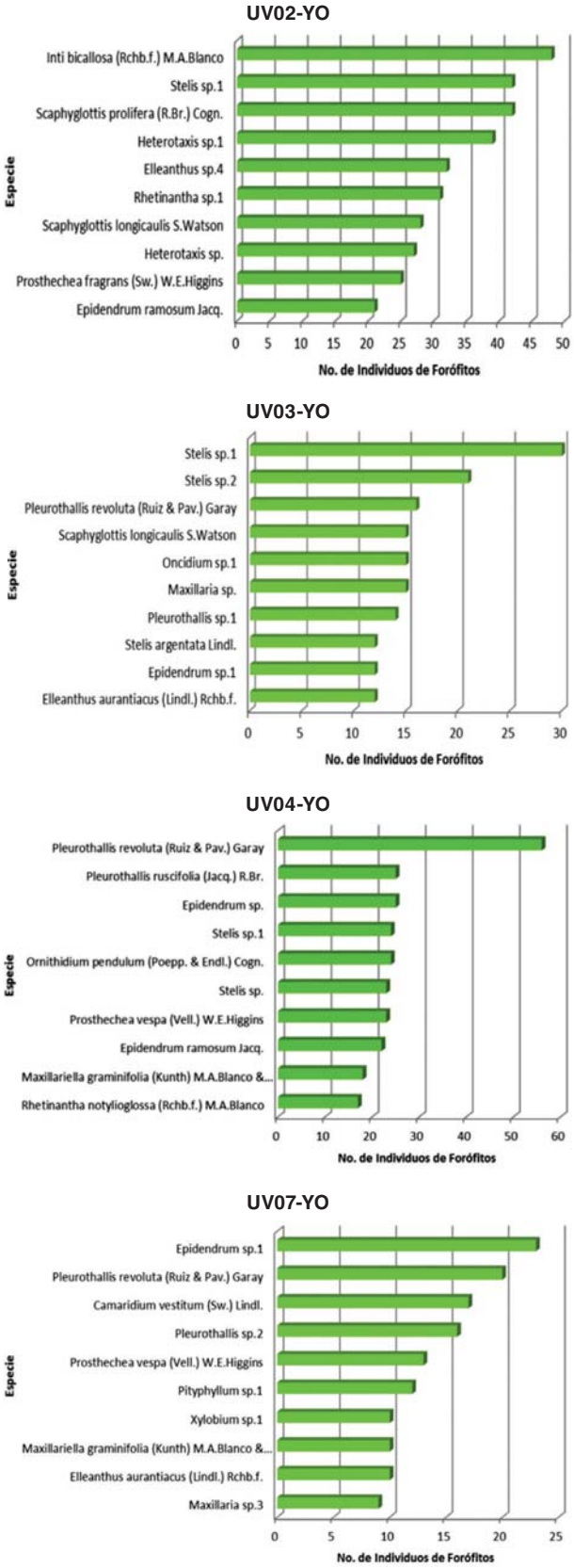

Figura 4. Número de hospederos por unidad de vegetación: Familia Orchidaceae.

Número de hospederos por unidad de vegetación: Familia Bromeliaceae

En las cuatro unidades de vegetación se encontraron 152 especies de hospederos y 755 forófitos, colonizados por especies de la familia Bromeliaceae. En la unidad de vegetación dos (UV02-YO) se registraron 177 hospederos de 71 especies y colonizados por 278 especies de bromelias agrupadas en 30 especies, la especie *Guzmania jaramilloi* H.E.Luther se registró con 78 bromelias epífitas colonizando 61 hospederos; seguidamente la especie *Tillandsia* sp.4 fue registrada con 30 individuos de epífitas colonizando 20 forófitos. En la unidad de vegetación tres (UV03-YO) se encontraron 134 forófitos de en 59 especies, colonizados por 232 bromelias epífitas e en 21 especies, *Guzmania melinonis* Regel con 36 hospederos colonizados por 55 bromelias epífitas; seguidamente se encontró la especie *Tillandsia* sp.2 con 23 individuos de epífitas colonizando 17 forófitos. En la unidad de vegetación cuatro (UV04-YO) se registraron 241 forófitos de 84 especies, los cuales fueron colonizados por 459 bromelias epifitas agrupadas en 33 especies, la especie *Guzmania lingulata* (L.) Mez presentó 52 hospederos colonizados por 65 bromelias epifitas, seguida por *Guzmania melinonis* Regel colonizó 42 hospederos con 57 individuos de epifitas. En La unidad de vegetación siete (UV07-YO) se identificaron 203 individuos arbóres hospederos, de en 42 especies, colonizados por 23 especies de bromelias para un total de 468 individuos, Entre las especies de mayor colonización se encuentran *Guzmania melinonis* Regel con 59 individuos arbóreos forófitos colonizados por 83 bromelias epífitas, *Catopsis* sp.1 con 46 individuos arbóreos forófitos colonizados por 67 bromelias epifitas (Figura 5). En las bromeliáceas epífitas han evolucionado una gran diversidad de estructuras de carácter adaptativo y mecanismos fisiológicos (formación de tanques para la captación de agua, suculencia foliar, tricomas foliares especializados en la absorción de agua y nutrimentos, así como la fotosíntesis CAM), que les han permitido adaptarse con éxito al ambiente epífito caracterizado por pulsos cortos de agua, altas intensidades lumínicas e inestabilidad de las ramas de los forófitos ante los vientos fuertes (Benzing, 1990, 1998).

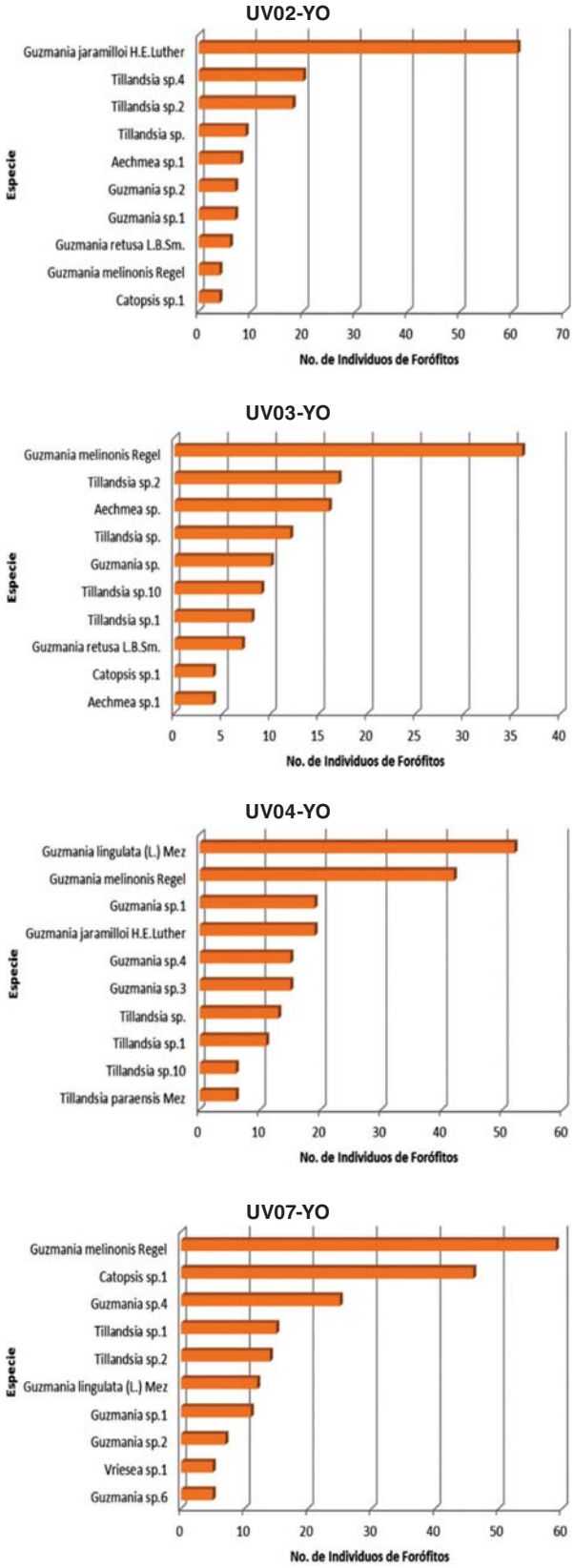

Figura 5. Número de hospederos por unidad de vegetación: Familia Bromeliaceae.

Distribución de vertical: Número de individuos de epífitos por estratos del forófito

De acuerdo con la información registrada en las cuatro unidades de vegetación, para el caso de las orquídeas epifitas, el 58.06% de los individuos se ubicaron en el estrato dos de los individuos arbóreos hospederos, las cuales están más adaptadas a una intensidad lumínica somera, por su parte el 21.27% de las epifitas colonizaron el estrato uno, las cuales se encuentran adaptadas a una intensidad lumínica muy baja y el 20.67% se ubicó en el estrato tres, las cuales se adaptan a una intensidad lumínica alta (Figura 6); Según Hernández (2000), la distribución de las epifitas vasculares a varios niveles dentro del bosque, parece ser el resultado de un balance entre los requerimientos de luz y suministro de agua, debido al gradiente vertical de estos elementos dentro del bosque.

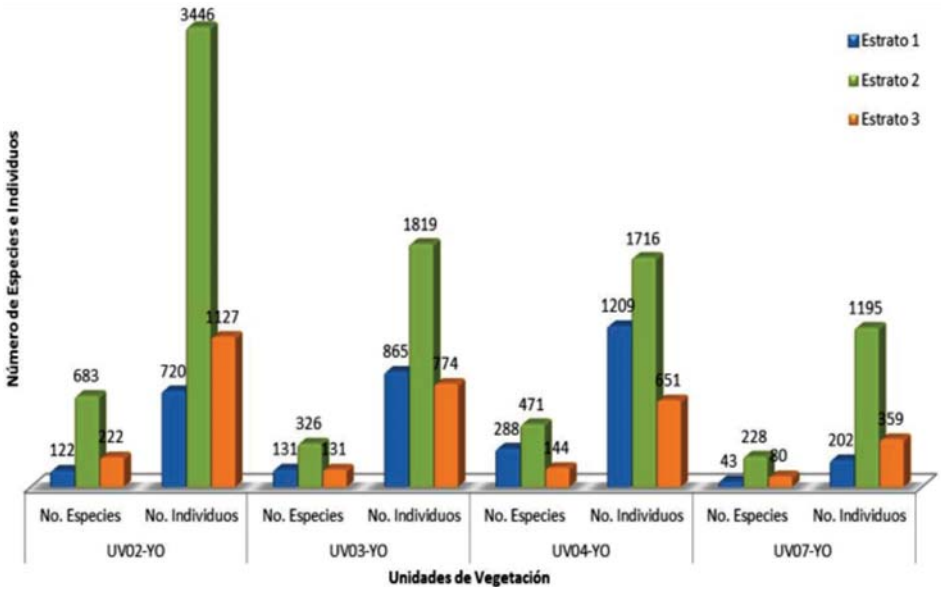

Figura 6. Distribución vertical de especies de Orquídeas epifitas en el hospedero o forófito.

La distribución de las bromelias epífitas en las cuatro unidades de vegetación, fue mayor en el estrato dos con 41.96% de ubicación en ésta área del árbol, por su parte el 38.69% de los individuos se distribuyeron en el primer estrato y el 19.35% en el tercer estrato (Figura 7). La distribución de las plantas se rige por las condiciones climáticas favorables para ellas; es así como, la temperatura influye sobre los rangos metabólicos, la luz condiciona la fotosíntesis, y ambas influyen sobre la apertura estomática que permite la transpiración, de acuerdo a déficits de vapor de agua atmosféricos y del grosor de la capa límite foliar (Benzing, 1998; Lambers, Chapin & Pons 1998, Cach-Pérez, Andrade & Reyes-García 2014). Por lo tanto, si existen cambios en las condiciones climáticas en general, podría esperarse, como consecuencia, que las especies sigan una de tres alternativas: adaptarse, migrar o extinguirse, lo cual dependerá, en gran medida, de la rapidez con los que se presenten los cambios en el clima (Dawson *et al*., 2011, Cach *et al*, 2014).

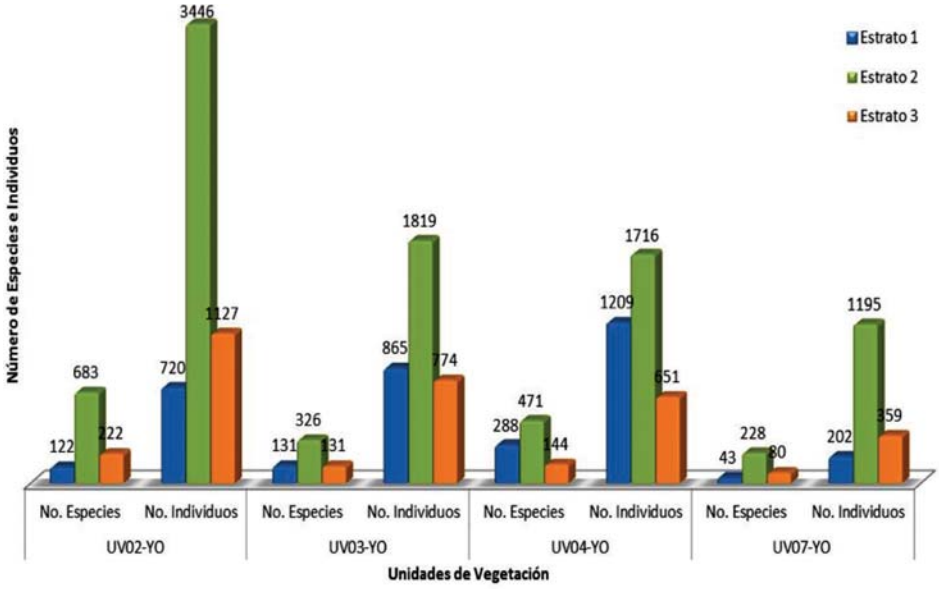

Figura 7. Distribución vertical de especies de Orquídeas epifitas en el hospedero o forófito.

Impacto ambiental sobre la vegetación

El mayor impacto ambiental sobre la vegetación se presenta en la etapa de trabajo preliminar y construcción, ya que se necesitará ejecutar actividades de desbroce y tala para la liberación del derecho de vía (DdV) donde se instalará el gasoducto, así como las instalaciones auxiliares de apoyo para la ejecución del proyecto (campamentos, centros de acopio de tuberías y caminos de acceso, Zona de Disposición de Material Excedente (ZODME).

Los componentes del Proyecto y las instalaciones auxiliares afectarán vegetación de tipo Herbazal arbolado, Bosque y arbustal submontano y basimontano, Matorral submontano. En estas unidades de vegetación se pueden registrar las siguientes especies: *Melinis minutiflora* (Familia Poaceae), *Axonopus elegantulus* (Familia Poaceae) y *Paspalum humboldtianum* (Poaceae); mientras que entre los arbustos se tiene a la *Vernonia sp1* (Familia Asteraceae) y *Baccharis chilco* (Familia Asteraceae), porsnetadas en la unidad de herbazal arbolado. Las especies de una mayor presencia son de uso forestal como *Ocotea sp1 y 2* (Familia Lauraceae) y *Nectandra sp2* (Familia Lauraceae), ubicado en la unidad de Bosque y arbustal submontano y basimontano y por último en la unidad matorreeal submoentamos podemos encontrar especies reportadas localmente como de uso maderable (*Ocotea sp1*) entre las herbáceas destacan especies como *Melinis minutiflora* (Familia Poaceae) y *Cenchrus bambusiformis* (Familia Poaceae).

Conclusiones y recomendaciones

En las cuatro unidades de vegetación en donde se realizó el inventario, las familias más representativas de los forófitos u hospederos fueron Fabaceae, Moraceae, Rubiaceae y Euphorbiaceae, etc.; el inventario en la zona de influencia reveló que dentro de las dos familias botánicas estudiadas Orchidaceae y Bromeliaceae; se registraron 15.520 individuos de epífitas representados por 62 géneros y 308 especies epifitas; se identificaron 264 especies correspondientes a la familia Orchidaceae, para un total de 14.083 individuos; en relación con la familia Bromeliaceae se identificaron 44 especies, agrupadas en 1.437 individuos. La familia con mayor representatividad en las cuatro unidades de vegetación, es Orchidaceae con 55 géneros, 264 especies y 14.083 individuos; los géneros más representativos para la familia Orchidaceae fueron *Maxillaria*, *Epidendrum* y *Pleurothallis*; siendo el género *Maxiliraia*

el que alberga el mayor número de especies diferentes de orquídeas (33). Entre las especies identificadas con mayor representatividad se encontraron *Maxillaria xylobiiflora* Schltr.; *Pleurothallis ruscifolia* (Jacq.) R.Br. y *Epidendrum purum* Lindl. El 61.6% de las especies registradas en el inventario para la familia Orchidaceae se encuentra sin identificar taxonómicamente a nivel de especie; respecto a la riqueza y diversidad por unidad de vegetación, se evidenció que en las cuatro unidades cuentan con una gran riqueza y muy alta diversidad, pero sobresale el Bosque denso sub-montano (UV04-YO), con la riqueza y la diversidad más alta y los Bosques, seguido del Bosque denso Montano y Basimontano (UV02-YO).

El mayor número de especies de orquídeas se halló en la unidad de vegetación cuatro (UV04-YO) con 176 especies y un total de 3.576 individuos, de igual manera registra el mayor número de especies de hospederos con un total de 158 pertenecientes a 769 individuos arbóreos forófitos. La unidad de vegetación dos (UV02-YO) registró el mayor número de orquídeas epifitas con un total 5.293 individuos. igualmente en esta unidad se reportó el mayor número de individuos arbóreos forófitos con 850 individuos agrupados en 148 especies; de estos se registraron especies de las familias Melastomataceae, Poaceae y Urticaceae, las cuales son especies indicadoras de la actividad antrópica.

La familia Bromeliaceae estuvo representada por 7 géneros, 44 especies y 1.437 individuos. Las unidades dos y la cuatro registraron el mayor número de especies bromelias, cada una con 30 y 33 especies, sin embargo el número de individuos fue variable, en la unidad dos se hallaron 278 individuos y en la unidad cuatro 459 individuos. En la unidad siete se registraron el mayor número de bromelias epifitas con un total de 468 individuos agrupados en 23 especies. La distribución vertical de las bromelias epífitas en las cuatro unidades de vegetación, fue mayor en el estrato dos con 41.96% de ubicación en ésta área del árbol, por su parte el 38.69% de los individuos se distribuyeron en el primer estrato y el 19.35% en el tercero; los géneros con mayor representatividad dentro de la familia Bromeliaceae fueron *Tillandsia*, *Guzmania* y *Aechmea*. El género Tillandsia agrupó en las cuatro unidades de vegetación el mayor número de especies con un total de 17. Entre las especies identificadas con mayor representatividad se encontraron *Tillandsia parviflora* Ruiz & Pav.; *Guzmania melinonis* Regel y *Aechmea zebrina* L.B.Sm. El 65.9% de las especies de bromelias registradas en las cuatro unidades de vegetación aún no cuentan con una clasificación taxonómica a nivel de especie.

Existe en el área de influencia del estudio un mayor número de géneros y especies de la familia orquidiaceae, así como un mayor número de individuos, que en la familia bromeliaceae. Los datos registrados en el inventario tanto para orquídeas como para bromelias, se convierten en un posible indicador de la riqueza en biodiversidad que alberga ésta zona del Perú, pero también de la ausencia de investigación orientada a la taxonomía de especies y su posterior reporte como especies nuevas.

El mayor impacto ambiental negativo se presenta sobre la vegetación arbórea la cual debe ser eliminada en la fase de apertura del derecho de vía, la población epífita presenta un impacto positivo dado que previo a las actividades de tala se realiza el rescate y posterior reubicación en ecosistemas similares a lado y lado del derecho de vía a una distancia prudencial, a las cuales se les realizara monitoreo y mantenimiento, con el fin de garantizar la sobrevivencia de un mínimo del 90 % de los epífitos trasladados; en el componente de vegetación el impacto es negativo, de influencia a lo largo del DdV, directo, de intensidad baja a media, acumulativo, sinérgico, temporal, reversible, mitigable, lo que determina un nivel de importancia alta. Una consecuencia grave sobre el ecosistema intervenido es la pérdida que podría llegar a darse sobre el germoplasma en ésta área del país, según los resultados más del 50% de la especies de epífitas no están identificadas taxonómicamente.

Es necesario realizar estudios orientados a la taxonomía de especies, teniendo en cuenta que en ésta investigación fue posible evidenciar el alto porcentaje de especies sin identificar, y las cuales podrían

perderse si al momento del traslado a otro hospedero no presentan una respuesta positiva.

Es conveniente realizar un impacto ambiental de las zonas aledañas (desde el borde de la obra hasta lo profundo del ecosistema) a la obra de infraestructura, ya que una vez realizada la misma todas las condiciones del ecosistema podrían cambiar en relación con los factores climáticos y bióticos. Es importante tener en cuenta las condiciones del ecosistema en las zonas aledañas donde van a ser trasladadas las especies epífitas, ya que, las condiciones climáticas y bióticas cambiarían con el paso de la obra y es necesario garantizar la sobrevivencia de las especies.

Es preciso realizar investigaciones que profundicen en aspectos fisiológicos y ecológicos de las epifitas, ya que estas especies son altamente susceptibles al cambio del clima; los cuales, servirán de orientación para estudios de cambio climático y servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas y de ésta manera generar conocimiento necesario para el desarrollo de estrategias de conservación.

Literatura citada

1. Acuña Tarazona, M. E. (2012). Flora epífita vascular representativa de bosque montano y de llanura amazónica del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (Oxapampa, Pasco).
2. Aguirre, S. & Betancur, J. (2008). Sinopsis del género Aechmea (Bromeliaceae) para Colombia. *Caldasia*, 30, (2) 265-288. Recuperado de: *http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v30n2/v30n2a2.pdf.*
3. Arévalo, R. (2004). Diversidad de epífitas vasculares en cuatro bosques del sector suroriental de la serranía de Chiriboquete, Guayana – Colombiana. *Caldasia 26(*2),359-380.
4. Benzing, D. (1990). Vascular epiphytes. General biology and related biota. Cambridge University Press. New York. 354p.
5. Benzing, D. (1998). Vulnerabilities of tropical forests to climate change: the significance of residents epiphytes. *Climatic change,* 39*,* (2-3), 519-540.
6. Cach-Pérez, M. J., Andrade, J. L. & Reyes-García, C. (2014). La susceptibilidad de las bromeliáceas epífitas al cambio climático. *Botanical Sciences*, 92(2), 157-168.
7. Collantes, B. (2003) Epiifitas del Peru. En: Rumbos Perú. No. 13. 6p. Recuperado de: *http://www.rumbos-peru.com*
8. Dawson, T. P., Jackson, S. T., House, J. I., Prentice, I. C. & Mace, G. M. (2011). Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate*. Science*, 332(6025), 53-58.
9. Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., Hernández-García, M. Á., & Sánchez-González, A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo*. Serie ciencias forestales y del ambiente, 9(2).
10. Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1-34.
11. Huamantupa-Chuquimaco, I. (2010). Inusual riqueza, composición y estructura arbórea en el bosque de tierra firme del Pongo Qoñec, Sur Oriente peruano. *Revista Peruana de Biología, 17*(2), 167-171.
12. Hernández-Rosas, J. I. (2000). Patrones de distribución de las epifitas vasculares y arquitectura de los forofitos de un bosque húmedo tropical del Alto Orinoco, Edo. Amazonas, Venezuela. *Acta Biol. Venez*, 20(3), 41-58.
13. Johansson, D. (1974). Ecology of vascular epiphytes in west African rain forest. *Acta Phytogeograpica Suecica*. 59: 1–136.
14. Lambers, H., Chapin III, F. S. & Pons, T. L. (1998). Photosynthesis, respiration, and long-distance transport. In *Plant physiological ecology* (pp. 10-153). Springer New York.
15. León, B., Pitman, N. & Roque, J. (2006). Introducción a las plantas endémicas del Perú. *Revista peruana de biología*, 13(2), 9-22.
16. Magurran, A. E. (2013). Ecological diversity and its measurement. Springer Science & Business Media.
17. Orozco, A., Valencia, M. & Betancur, P. (2017). Estimation of the transfer of vascular epiphytes, as a conservation strategy in the municipality of Aguazul, Casanare, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* (RIAA) Vol. 8, Núm. 1. *https://doi.org/10.22490/issn.2145-6453.*
18. Phillips, O. L., Hall, P., Gentry, A. H., Sawyer, S. A. & Vasquez, R. (1994). Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(7), 2805-2809.
19. Pitman, N. C., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Núñez, V., Neill, D. A., Cerón, C. E. & Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology*, 82(8), 2101-2117.
20. Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza *Interciencia*, 31, (8), 583-590.
21. Smith, L. B. & Downs, R. J. (1974). *Flora neotropica monograph* no. 14. (Pitcairnioideae) (Bromeliaceae).
22. Sugden, A. M. & Robins, R. J. (1979). Aspects of the ecology of vascular epiphytes in Colombian cloud forests, I. The distribution of the epiphytic flora. *Biotropica*, 173-188.

23. Vargas, W. G. (2002). Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Universidad de Caldas.

24. Viccon Esquivel, J. (2009). Riqueza y composición florística de las epífitas vasculares del Bosque Mesófilo de Montaña de las localidades de Atzalán y Zongolica, Veracruz (Doctoral dissertation).

25. Wolf, J. H. & Alejandro, F. S. (2003). Patterns in species richness and distribution of vascular epiphytes in Chiapas, Mexico. *Journal of Biogeography*, 30(11), 1689-1707.

26. Zotz, G. & Andrade, J. L. (2002). La ecología y la fisiología de las epífitas y las hemiepífitas. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, 271-296.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Febrero 03 de 2017
Aceptado: Marzo 21 de 2017

Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia

Strategic management of the production of sterile wastes of sustainable mining, using eco-efficient mining practices in Colombia

Gestão estratégica da produção de resíduos estéreis de mineração sustentável utilizando práticas de mineração eco-eficientes na Colômbia

Efraín Casadiego Quintero[1], Andrés Giovanni Gutiérrez Bayona[2], Miguel Ángel Herrera Lopez[3] & [4] Martha Liliana Villanueva Paez

[1]Geólogo, Magister en Geología, [2]Ingeniero Civil, Magister en Geotecnia, [3]Ingeniero Civil, [4]Ingeniero Civil.

[1, 2, 3, 4]Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

[1]casadiego.efrain@uniagraria.edu.co, [2]gutierrez.andres@uniagraria.edu.co, [3]herrera.miguel@uniagraria.edu.co, [4]paez.liliana@uniagraria.edu.co

Resumen

La minería es considerada una de las actividades económicas que más produce contaminación a las fuentes hídricas y suelos, además de ser la explotación de un recurso finito en el cual se generan residuos estériles que terminan como escombros o vertidos en ríos. La responsabilidad y conciencia que han tomado las empresas y universidades sobre los daños causados ha hecho que se innove e invierta en tecnología que mejore la extracción y genere un sistema donde se pueda producir materiales sin usar químicos como cianuro y mercurio. En este artículo se presenta un trabajo realizado en la mina "Sociedad Minera la Elsy en Vetas, Santander" en conjunto con un grupo de investigación para diseñar un sistema sustentable efectivo de extracción y se muestra el estudio realizado a los residuos estériles para utilizarlos como agregados para construcción.

Palabras clave: minería sustentable, residuo estéril, sistema sostenible, agregados, oro.

Abstract

Mining is considered one of the economic activities that most produces pollution to water sources and soils, in addition to being the exploitation of a finite resource in which they generate sterile residues that end up as rubble or discharges in rivers. The responsibility and awareness that companies and universities have taken on the damage caused has made it innovate and invest in technology that improves extraction and generates a system where materials can be produced without using chemicals such as cyanide and mercury. This article presents a work carried out in the mine "Sociedad Minera la Elsy en Vetas, Santander" in conjunction with a research group to design a sustainable effective extraction system and shows the study carried out on sterile waste for use them as aggregates for construction.

Key-words: sustainable mining, sterile residue, sustainable system, aggregates, gold.

Resumo

A mineração é considerada uma das atividades econômicas que produz a maior poluição para fontes de água e solos, além de ser a exploração de um recurso finito em que geram resíduos estéreis que acabam por detritos ou descargas em rios. A responsabilidade e a conscientização que as empresas e as universidades assumiram sobre os danos causados fizeram com que ela fosse inovada e investida em tecnologia que melhore a extração e gere um sistema onde você possa produzir materiais sem usar produtos químicos como cianeto e mercúrio. Este artigo apresenta um trabalho realizado na mina "Elsy Mineral Society em Vetas, Santander", em conjunto com um grupo de pesquisa para projetar um sistema efetivo de extração sustentável e mostra o estudo realizado sobre o desperdício estéril a ser usado como agregados para construção.

Palavras chave: mineração sustentável, resíduos estéreis, sistema sustentável, agregados, ouro.

Introducción

La humanidad vive una época donde los cambios rápidos en el clima, la preocupación por la contaminación de las fuentes hídricas y el aumento de su consumo, le sigue el paso al incremento de la población que contrasta con sobre explotación de los recursos naturales. La minería de oro es una de las explotaciones de yacimientos que genera más contaminación, generada por los químicos (cianuro y mercurio) que se utilizan durante el proceso de extracción del mineral de interés de la roca y los ácidos generados, que posteriormente van a parar a las fuentes hídricas (Diaz-Arriaga, 2014).

El manejo de los residuos generados antes, durante y después del proceso de extracción no es controlado y terminan siendo escombro en lugares no adecuados o vertido en ríos (Lébre, Corder & Golev, 2017). Esa clase de manejo puede generar enfermedades a largo plazo en las personas cercanas a estos ríos y los escombros amontonados pueden generar problemas de estabilidad por deslizamiento o volcamiento.

Los autores proponen que los elementos claves para incentivar a las empresas mineras a generar una minería sostenible es con procesos que les genere una mayor extracción del mineral de interés y reutilización de los residuos estériles (Laurence, 2011). También es importante tener en cuenta el aspecto cultural, social y político. El mayor problema para generar innovación en la minería sostenible es la poca inversión en tecnología y la capacitación de las empresas mineras.

El objetivo de este artículo es revisar una metodología para realizar minería de oro sustentable, donde se optimice la producción y se le dé un uso a los residuos estériles (escoria) que algunos casos son abandonados como escombros o vertido en los ríos.

Minería sostenible y uso de nuevas tecnologías

En la minería sostenible de oro y la generación de residuos estériles, son importantes cuatro procesos: la extracción en la mina, la selección del material grueso, el proceso trituración-selección y el procesamiento metalúrgico (Lébre, Corder & Golev, 2017). Durante cada una de estas etapas se revisa la litología, mineralogía y granulometría de la roca. Es importante evaluar la recuperación de los minerales de valor por medio de métodos que no utilicen químicos o aumenten la generación de ácidos como el Cu, Pb, y Zn (Dudka & Adriano, 1997). Las empresas mineras que realizan minería sostenible reemplazaron el cianuro y mercurio para extraer los minerales con innovación en tecnología que funciona a partir de selección eficiente, trituración del material, diferenciación granulométrica, gravedad, propiedades físicas "magnéticas y eléctricas" y un sistema hidráulico (Lottermoser, 2011). Para profundizar en esta metodología se describirá un caso de estudio en Vetas, Santander, con coordenadas X: 1132426; Y: 1300934 donde se aplican los procesos mencionados (Figura 1).

Figura 1. Ubicación del caso de estudio, Vetas, Santander.

Fuente: Gooble Map y modificado de: www.gimnasiovirtual.edu.co

Materiales y métodos

Debido a la variación del tamaño del residuo estéril desde bloques mayores a 20 cm hasta tamaño arcilla es necesario utilizar varias técnicas para medir el tamaño y la composición de la misma. Para la selección del material tamaño bloque, el cual se considera como estéril, se utiliza una malla 20x20 (Figura 2), los bloques están constituidos por el gneis de Bucaramanga, el cual es una roca masiva, tenaz, compacta, bandeada (García Ramírez & Uribe Portilla, E., 2006), con tamaños mayores a 20 cm. Las partículas de oro se encuentran dentro de filones cuarzosos con sulfuros asociados en algunos casos con pirita. Estos filones tienen baja resistencia mecánica y terminan fracturándose en tamaños menores de 20 cm de diámetro en el momento de que la roca se dinamita. Los filones generalmente se encuentran dentro de una roca encajante, la cual está compuesta por la roca gneis (Figura 3) que es un material estéril o con poco porcentaje de oro económicamente viable.

Figura 2. Malla de selección 20x20 cm para el paso del material con mayor porcentaje de oro.

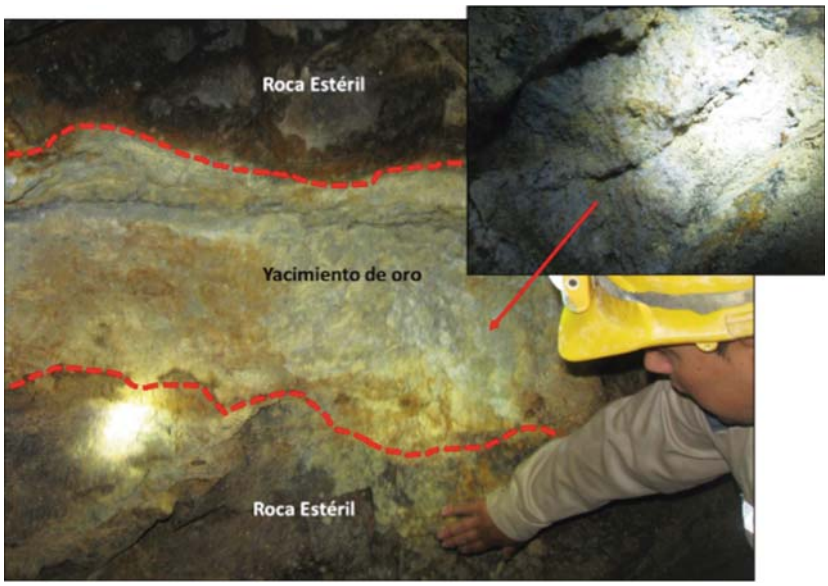

Figura 3. Yacimiento de oro y roca estéril.

En este artículo se proponen cuatro procesos para lograr una minería sustentable con el ejemplo de un estudio de caso. A continuación, nombraremos cada uno de los procesos:

El proceso de extracción en la mina.

Como se indicó anteriormente el proceso de extracción y prospección se trata de acuerdo con la norma del Código de Minas (Decreto - Ley 2655 de 1988) sobre la explotación minera. La roca estéril formada por gneis se encuentra rodeando los filones de cuarzo con sulfuros y principal yacimiento de oro (Figura 3 y 4), se hizo la descripción de cada litología y estructura debido que es importante conocer el contacto entre las dos rocas, la cual algunas veces se acuña o tienen contacto planar (Figura 5). Además, se calculó el volumen del yacimiento y se obtuvo el índice de fractura. Obsérvese en la Figura 4 como la roca estéril presenta una menor intensidad de fractura con respecto a la roca con yacimiento de oro.

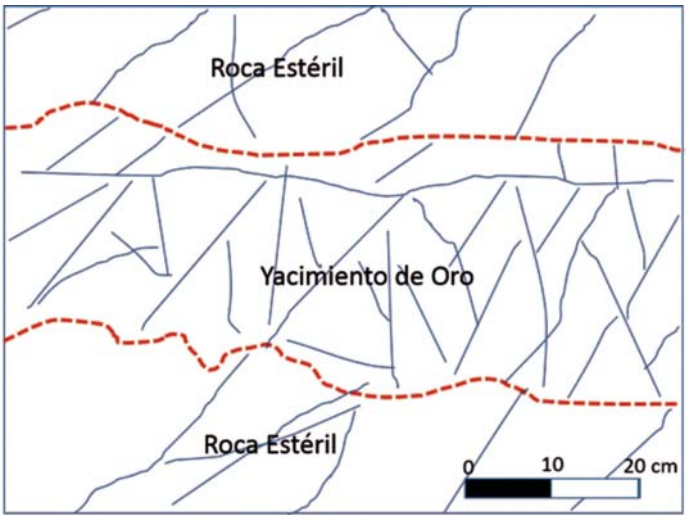

Figura 4. Contacto entre roca estéril e índice de fractura.

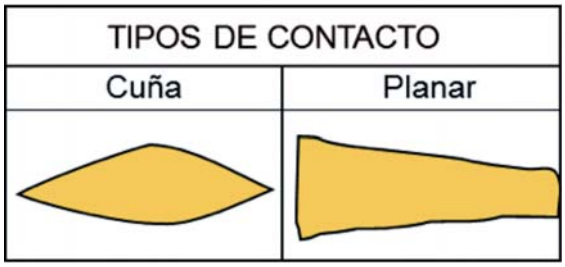

Figura 5. Tipos de contacto del yacimiento.

Selección del material grueso

El almacenamiento del material grueso se localiza en dos partes de la mina, cerca de la malla de selección y aglomerado entre las laderas y en gaviones (Figura 6). La selección del material grueso se realizó teniendo en cuenta la litología encontrada en el área y la variación del tipo de roca. Para realizar el dato estadístico se tomaron 10 muestras al azar de una población de 50 bloques. Los bloques fueron medidos en campo, posteriormente se revisa su clasificación composicional propuesta por Subcomisión para la Sistemática de las Rocas Ígneas de la IUGS (Le Bas & Streckeisen, 1991) según (Le Maitre, 2002).

Figura 6. Ubicación del material grueso.

En el proceso de selección del material grueso se revisa cual tiene mayor contenido de cuarzo y presenta una textura masiva, característica importante para la utilización del residuo estéril como agregado de construcción.

Proceso de trituración-selección

El proceso de trituración-selección incluye 5 fases metodológicas y actividades específicos en cada paso que se muestran en la figura 7.

Fase 1-Trituración del material menor de 20 cm. Es este estudio el objetivo es mostrar la metodología de una mina de oro sustentable, con lo cual se busca mostrar los beneficios de la innovación en la producción y el uso que puede tener los residuos estériles según sus características químicas y físicas. Los materiales que miden menos de 20 cm son triturados tamaño grava y luego pasan por un molino californiano, que tritura el material convirtiéndolo tamaño arena a limo-arcilloso.

Fase 2- Deposito y lavado en batea. Después de que el material es triturado, es lavado y pasa sobre unos tapetes especiales para captar el material fino, el que queda en el tapete es lavado en una pila y posteriormente se pasa por una batea de forma manual. Las partículas de oro generalmente se quedan en el centro, este material se lleva a metalúrgica para fundir la pieza de oro.

Fase 3. Mesas vibratorias. El material que no queda en los tapetes pasa a unas mesas vibratorias, el material es lavado y separa el material muy fino de la arena.

Fase 4. Sistema hidráulico. Se diseñó un sistema hidráulico que permite que el mineral más fino flote y los minerales pesados decanten (Bui *et al*, 2017; Casadiego-Quintero & Monroy, 2016). Los minerales finos se extraen con burbujas generadas con espumantes, el material grueso se recoge, si en el momento extraer tiene una concentración del mineral con valor económico para explotación, este se funde (Annels, 1991), si no se guarda en costales hasta que sea económicamente viable su fundición.

Fase 5. Clasificación de minerales. Después de realizar la separación del material muy fino del grueso, se maximiza la recuperación de los minerales por medio del método de preconcentración lo cual puede dar un aumento en el tonelaje de roca residual (Norgate & Haque, 2013). En esta fase se utilizó un *Analizador DRX BTX de sobremesa*, para conocer los minerales que se encuentran en el depósito y por medio de la preconcentración recuperar compuesto mineral de alto grado o recoger el compuesto estéril (escoria). La clasificación macroscópica se realiza por medio de la revisión textural y conteo mineralógico. La clasificación del material fino se realizó por medio del tamizador conforme a la norma ASTM E11-09, ISO 565 e ISO 3310-1, posteriormente se analizó su composición por medio de binoculares en el laboratorio.

Caso de Estudio

La minería sostenible se ha convertido en un importante objetivo para varias empresas que quieren mejorar su producción, sin afectar el medio ambiente. En Colombia la minería ilegal y sin prácticas ambientales han desbastado bosques, contaminado ríos, secado acuíferos y muchos casos generado enfermedades para trabajadores y personas cercanas al área de explotación, tal como reporto el INDERENA en 1995. Las entidades adscritas al Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) como ANLA, IDEAM, INVEMAR y las CARs son las encargadas de vigilar e impulsar las buenas prácticas ambientales de la minería siguiendo la Ley 99 de 1993 (FEDESARROLLO, 2014). En este artículo describiremos el avance en minería sostenible por medio del trabajo en conjunto del grupo de investigación de 'Ingeniería Civil y Fenómenos Ambientales', asociado a la universidad (UNIAGRARIA) y la Mina la Elsy localizada en el municipio de Vetas, Santander, está mina ha invertido en innovación e investigación.

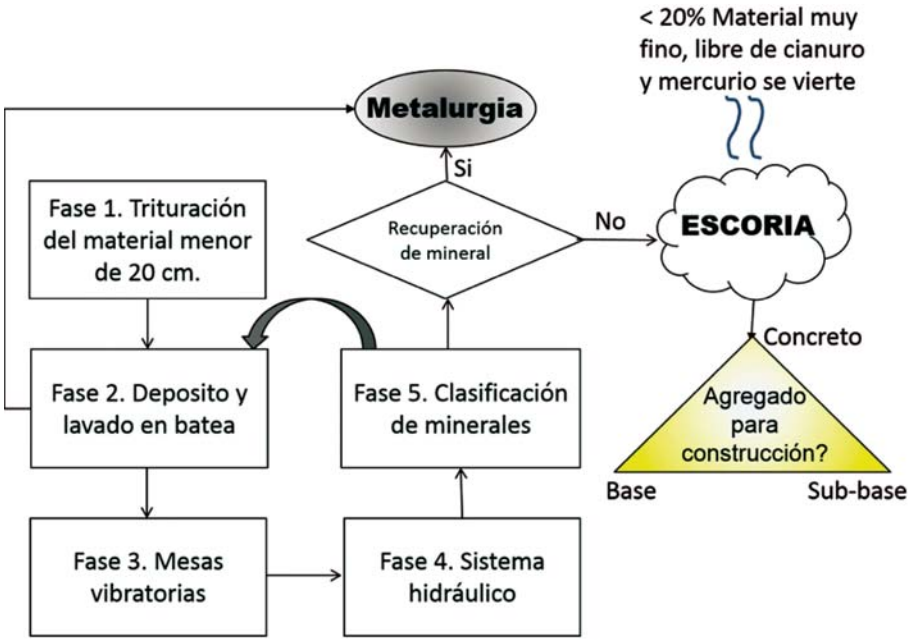

Figura 7. Cinco pasos del proceso de extracción y generación de residuos minerales.

Resultados

Los autores a continuación presentan los resultados del método propuesto para el manejo de minería sustentable en un caso de estudio. La escalera para el aumento de la recuperación del mineral (Figura 8), plantea cual sería el proceso que se podría utilizar para obtener una mejor extracción del mineral de interés, como en este caso del oro y la importancia de la clasificación y caracterización del residuo estéril (escoria) para definir su reutilización.

Figura 8. Escalera para el manejo de una mina de oro sustentable.

Esta escalera está planteada desde un pre-diseño de la explotación del mineral de interés, para eso es necesario que en la fase de exploración se conozcan las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la roca, además de la morfología del área de explotación y el factor ambiental e hídrico (Fonseca *et al*, 2013).

Mejorar la extracción del mineral

La parte inicial de la escalera es "Mejorar la extracción del mineral", debido a que lo más importante es la producción, y disminuir la generación de residuos. En este caso si mejora la extracción del mismo volumen de mineral los residuos estériles serán menores. La minería sustentable lo logra por medio de una buena selección de la roca gruesa enriquecida en mineral, en el caso de la mina la Elsy se sabe que la roca enriquecida tiene menos resistencia mecánica y se fractura en un tamaño menor a 20 cm. El material que es triturado y queda tamaño arena media a limo-arcilla pasa por una batea, posteriormente debido a que el oro tiene una mayor densidad que los otros minerales que componen la roca (principalmente cuarzo, horblenda, feldespato y micas), mayor parte de las partículas quedan en el centro de la batea y se recupera.

Recircular el proceso para aumentar la oportunidad de recobro

En segundo lugar, se tiene "La recirculación del proceso para aumentar la oportunidad del recobro". Lo que ocurre es que no todo el material que es triturado, es retenido por los tapetes de fibra para ser seleccionado por la batea y pasan por las mesas vibratorias donde los granos y partículas más livianas son separados por medio de un sistema hidráulico y vibratorio, este material tiene baja probabilidad de contener minerales de oro. Los granos y partículas con mayor densidad se recirculan y pasan de nuevo por el bateo, el material que no es seleccionado es empacado en costales, después almacenados para ser tratados fuera de la mina donde puede ser tratado con otras técnicas como el bioprocesamiento, o con un biorreactor (Sánchez-Andrea *et al*, 2014), también puede ser vendido más económico. El material que tiene baja densidad sigue el proceso para ser estudiada su composición y granulometría.

Evitar uso de extractores químicos

Para poder utilizar los residuos estériles en un recurso o producto diferente es importante que no esté mezclado con ningún químico, esto haría más difícil su usó, debido que se tendría que invertir recursos. En el caso de la Mina la Elsy no se utiliza ni cianuro, ni mercurio, esto conlleva a que bajen los costos de producción por la compra de estos químicos.

Selección del material

El proceso de selección como se mencionó en la metodología, se hace para el material grueso mayor a 20 cm, por medio de una verificación macroscópica de la composición y clasificación de la roca. La roca gruesa que no paso por la malla de 20 cm, generalmente es roca ígnea tipo gneis, ha este material se le hizo una análisis petrográfico y se encontró que entre el 60 al 70% era cuarzo,

10-20% feldespato, 5 al 10% horblenda y <5% micas u otros. Este material por su alto contenido en cuarzo se puede utilizar como sub-base para vías o para construir gaviones, como se observa en la Figura 6.

El material fino que no es seleccionado por su bajo contenido de oro, se le realiza una prueba cualitativa de difracción de rayos x, esto con el fin de conocer su composición y descartar que tenga contaminantes generados por ácidos en el momento del proceso producción y conocer su composición de cuarzo y arcilla principalmente. Los sedimentos se separan en dos: las arenas medias a finas se analizaron para conocer la distribución granulométrica; los limos y arcillas se depositan en una pila donde se analiza su composición con la difracción de rayos X. La composición del material fino dio alto contenido de cuarzo, moderadamente micas y arcilla tipo ilita y esméctica.

Caracterización del residuo

Las propiedades de los residuos estériles que se revisaron fueron principalmente la composición, resistencia y solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de magnesio. Se pudo definir por las pruebas que el material según la norma (I.N.V. E – 220 – 2013) cumple como agregado de afirmante y para sub-bases granulares (Páez & Herrera, 2016).

Tabla 1. *Resultado de solidez de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de magnesio.*

TAMAÑO TAMIZ	GRADACION DE LA MUESTRA ORIGINAL,%	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO, g	% QUE PASA EL TAMIZ DESIGNADO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA PONDERADA %
Ensayo de solidez sobre el agregado fino				
Muestra 1				
600µm (N°30) a 300 µm (N°50)	47,6	100	4,2	1,9
1.18µm (N°16) a 600 µm (N°30)	16,3	100	4,4	0,7
2.36µm (N°8) a 1.18 µm (N°16)	3,4	100	3,4	0,1
	67,3			2,7
Muestra 2				
600µm (N°30) a 300 µm (N°50)	51,7	100	4,5	2,3
1.18µm (N°16) a 600 µm (N°30)	23,3	100	6,4	1,4
2.36µm (N°8) a 1.18 µm (N°16)	3,5	100	6,4	0,2
	78,5			3,9
Promedio agregado fino				
3,3				
Ensayo de solidez sobre el agregado grueso				
Muestra 1				
19 mm (3/4”) a 12.5 mm (1/2”) 12.5 mm (1/2”) a 9.5 mm (3/8”)	14,7	1000	38,2	5,6
Muestra 2				
19 mm (3/4”) a 12.5 mm (1/2”) 12.5 mm (1/2”) a 9.5 mm (3/8”)	14,7	1000	26,9	3,9
Promedio agregado Grueso 4,8				

Fuente: Páez & Herrera, (2016).

Utilizando la información recolectada en campo y datos históricos internacionales (Chaize, 2012; Kelly & Matos, 2014) y nacionales (Suarez, 2013), de las miles de toneladas explotadas al año y los billones de pesos en regalías recolectas desde 1850 hasta la proyección de 2220 (Tabla 1). Esta proyección se obtuvo mediante la comparación del mineral de interés obtenido con un método sustentable y con uno no sustentable. En la prueba de la mina la Elsy se pudo corroborar que se puede obtener entre el 10 al 20% de mayor recuperación con un método sustentable.

Tabla 2. *Data de inventario usado en el estudio*

Años	Minería no Sustentable (t/año en miles) modificado de USGS, 2010 & Miningfeed, (2012)	Minería Sustentable (t/año en miles)	Regalías no Sustentable (billones de pesos) modificado de Suárez (2013)	Regalías Sustentable (billones de pesos) (Fuente autor)
1900	2	3	0,243	0,263
1940	5	7	0,343	0,363
1960	10	12	0,286	0,3
1970	15	16	0,62	0,68
2000	17	17,5	1,736	1,866
2050	15	16	1,973	2,1
2100	7	10	1,27	1,47
2150	3	5	0,5	0,7
2200	0	1,8	0	0,23
2220	0	0	0	0

Discusión

Realizando un análisis de los resultados obtenidos en la mina la Elsy y revisando el historial internacional y nacional sobre la producción minera que se encuentra en la literatura y páginas web, se pueden mostrar dos resultados importantes: Lo primero es que la preocupación mundial por cuidar el medio ambiente debido a los daños generados en el caso de la minería de oro a la contaminación de fuentes hídricas, además de la constante explotación de canteras para generar material de construcción y por razones obvias el agotamiento de estos dos recursos finitos (oro y canteras) que llevaran a tener que afrontar prescindir de ellos por el alto precio en 20 años (Sachs, 2015), debido a la disminución de los yacimientos y en 170 años tal vez no hayan yacimientos (Suarez, 2013). Lo segundo es que observando la mejora en el aumento de la extracción de oro de la mina la Elsy, innovando en el sistema de producción e invirtiendo en tecnología, se puede estimar un mayor aprovechamiento de los recursos no renovables y alargamiento en su explotación (Figura 9). Esto conlleva a invertir menos en la recuperación ambiental, que las minas tengan una mayor vida útil y que debido al aumento de producción también aumente el cobro de las regalías y el tiempo en que estás pueden ser recaudados (si una mina cierra por multas ambientales o finalización de su vida útil no hay forma de cobrar más regalías).

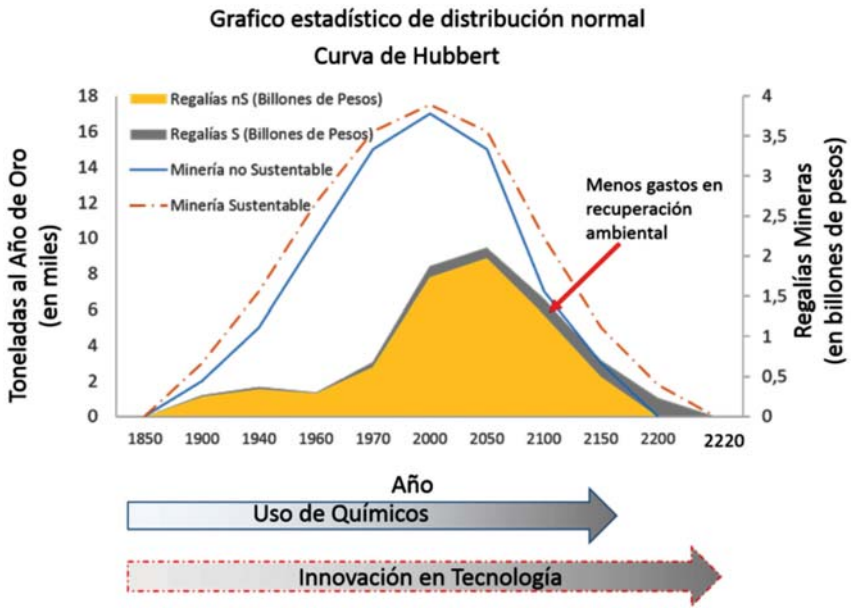

Figura 9. Grafico estadístico de la relación de minería sostenible (S) vs no sostenible (nS).

Con la prevención en el uso de químicos tóxicos los autores de este trabajo quieren mostrar que es posible motivar a las empresas mineras, al estado y centros de investigación que al invertir en innovación no se generan gastos, si no que al contrario beneficios ambientales, sociales y económicos. Es claro que a medida que avanza la tecnología se espera deje de utilizarse químicos para extraer el mineral. Un paradigma que es difícil de cambiar es la mentalidad de las empresas mineras que temen no recuperar la inversión, debido a que hay que dar un salto grande en la relación entre las universidades, centros de investigación y la comunidad minera. El impacto ambiental de una mina sustentable es menor de la que no se tiene, esto debido a que la sostenible siempre va invertir en mejorar, con lo que se espera que el futuro el daño sea cada vez menor (Figura 10). Este impacto también va disminuir a medida que disminuya la demanda por el costo.

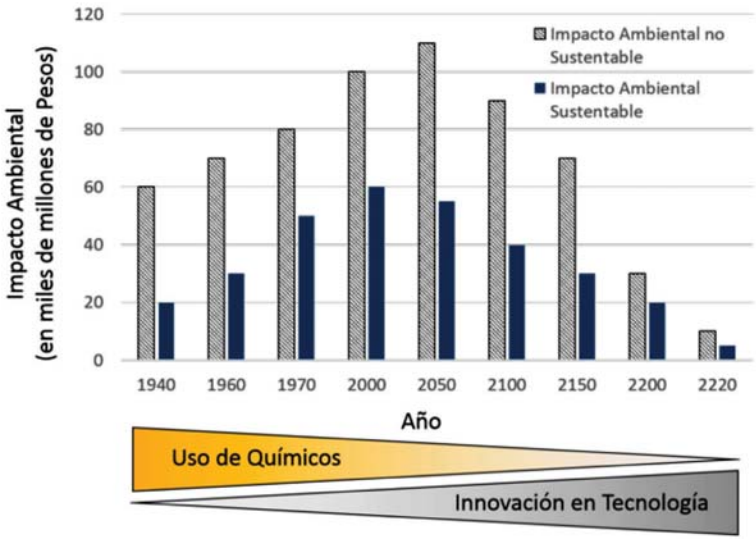

Figura 10. Impacto ambiental sustentable vs no sustentable.

También son importantes los subproductos obtenidos de los residuos estériles que pueden ser utilizados como en el ejemplo de la mina la Elsy, para subbases en la construcción. Para esto es importante resaltar que cada mina es diferente, tiene necesidades diferentes y debe tener un estudio diferente. Las principales diferencias son su localización, tipo de yacimiento (oro, níquel, carbón, esmeraldas etc.), el aspecto social y cultural.

Conclusiones

Mientras se considera la minería como un problema ambiental debido al daño que genera cuando no es sostenible y sustentable, hay empresas mineras que quieren cambiar esa proyección, innovando en un desarrollo sostenible, haciendo convenios con universidades y centros de investigación que mejoren la producción y además cuiden el medio ambiente. La minería sustentable depende de que las empresas mineras cambien la forma como hacen la explotación mineral, por eso en este artículo se da a conocer un ejemplo de una mina de oro, donde se diseñó un sistema de minería sostenible que estará evolucionando a medida se vea la necesidad.

El diseño de un sistema para una mina es único, debido a diferentes características que esta tenga como ubicación, aspectos sociales, culturales y ambientales. Es importante para el desarrollo de una minería sustentable se le dé manejo a los residuos por medio de la mejora a la extracción mineral, la recirculación del proceso, evitando los extractores químicos (cianuro y mercurio), selección del material y la caracterización del residuos, estos procesos ayudaran al aumento de la recuperación del mineral de interés y facilita que el residuo estéril (escoria) puede ser tratado como un sub-producto.

Es importante destacar el ejemplo de la mina La Elsy, en la cual se observó que a medida que se invirtió en innovación y tecnología dejaron de utilizar cianuro y mercurio, disminuyo la producción de ácidos minerales y mejoro la extracción del mineral, con un mayor recobro. Si este tipo de sistema fuera aplicado a otras minas, el tiempo finito de la explotación minera aumentaría, se producirían menos residuos, aumentando el ingreso económico para las empresas mineras y las regalías para el estado.

Agradecimientos

Este artículo hace parte del trabajo realizado por el Grupo de Investigación de Ingeniería Civil y Fenómenos Ambientales (GIICFA) de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia por el préstamo de su laboratorio de Mecánica de Rocas, también al señor Israel Arias gerente de la Mina la Elsy por permitirnos tomar las muestras y conocer el sistema utilizado para extracción mineral. Nosotros también agradecemos a los revisores anónimos por ayudarnos con sus comentarios y sugerencias.

Literatura citada

1. Annels, A. E. (1991). Mineral deposit evaluation: A practical approach. Chapman & Hall.
2. Bui, N. T., Kawamura, A., Kim, K. W., Prathumratana, L., Kim, T. H., Yoon, S. H. & Truonge, N. T. (2017). Proposal of an indicator-based sustainability assessment framework for the mining sector of APEC economies. *Resources Policy*, 52, 405-417. *http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.05.005*
3. Casadiego-Quintero, E. & Monroy, E.R. (2016). Aprendizaje por competencias en la ingeniería civil: aplicada a la reducción del consumo de agua en el área rural. Recuperado de: *http://bit.ly/2ur3jr8*
4. Chaize, T. (2012). Miningfeed. Recuperado de: *http://www.miningfeeds.com /2012/07/25/world-gold-production-2012/*
5. Diaz-Arriaga, F. (2014). Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. *Revista Salud Pública*, 16(6), 947-957.
6. Dudka, S. & Adriano, D. (1997). Environmental Impacts of Metal Ore Mining and Processing: A Review. *Journal of Environmental Quality*, 26(3). Recuperado de: *https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/26/3/JEQ0260030590*
7. FEDESARROLLO – Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo. (2014). Marco Legal de Minería y Medio Ambiente. Bogotá. Recuperado de: *http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/Fedesarrollo-Informe-Miner%C3%ADa-y-medio-Ambiente-final-final-final-080714.pdf*

8. Fonseca, A., McAllister, M. L. & Fitzpatrick, P. (2013). Measuring what? A comparative anatomy of five mining sustainability frameworks. *Minerals Engineering*, 46, 180-186. *https://doi.org/10.1016/j.mineng.2013.04.008*

9. García Ramírez, C. A. & Uribe Portilla, E. (2006). Caracterización geológica y mineralógica del yacimiento La Tosca (vetas, santander, colombia): implicaciones para el procesamiento mineral de las menas auroargentíferas. *Boletín de Geología*, 28(2).

10. Kelly, T. D. & Matos, G. R. (2014). Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States. Recuperado de: *https://minerals.usgs.gov /minerals/pubs/historical-statistics/*

11. Laurence, D. (2011). Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 19(2), 278-284. *https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.019*

12. Le Bas, M. J. & Streckeisen, A. L. (1991). The IUGS systematics of igneous rocks. *Journal of the Geological Society*, 148(5), 825-833. *https://doi.org/10.1144/gsjgs.148.5.0825*

13. Le Maitre, R. (2002). Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geological Magazine*, 140(3), 367-367. *https://doi.org/10.1017/S0016756803388028*

14. Lèbre, É., Corder, G. & Golev, A. (2017). Sustainable practices in the management of mining waste: A focus on the mineral resource. *Minerals Engineering*, 107, 34–42. *http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2016.12.004*

15. Lottermoser, B. G. (2011). Recycling, reuse and rehabilitation of mine wastes. *Elements*, 405-410. *http://dx.doi.org/10.2113/gselements.7.6.405*

16. Norgate, T. & Haque, N. (2013). The greenhouse gas impact of IPCC and ore-sorting technologies. Minerals Engineering, 42, 13-21. *http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2012.11.012*

17. Páez, M. L. & Herrera, M. (2016). Caracterización físico mecánica de los residuos estériles extraídos de la mina la Elsy ubicada en el Municipio de Vetas- Santander con el fin de implementarlo como agregado en pavimentos y concreto hidráulico. (Tesis de Pregrado). Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

18. Sachs, G. (2015). Goldman Sachs: "Las reservas de oro, diamantes y zinc se acabarán en 20 años". Recuperado de: *https://actualidad.rt.com/economia/170757-goldnam-sachs-reservas-oro-diamantes-acaban*

19. Sánchez-Andrea, I., Sanz, J. L., Bijmans, M. F. & Stams, A. J. (2014). Sulfate reduction at low pH to remediate acid mine drainage. *Journal of hazardous materials*, 269, 98-109. *https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.032*

20. Suarez, A. (2013). La minería colonial del siglo XXI "No todo lo que brilla es Oro". Colombia: Aurora. pp.160.

21. Ucar, D., Bekmezci, O. K., Kaksonen, A. H. & Sahinkaya, E. (2011). Sequential precipitation of Cu and Fe using a three-stage sulfidogenic fluidized-bed reactor system. *Minerals Engineering*, 24(11), 1100-1105. *https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.02.005*

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Enero 11 de 2017
Aceptado: Febrero 28 de 2017

Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*)

Elaboration of a compote using as thickener the starch of the Zaragoza bean (*Phaseolus lunatus*)

Desenvolvimento de um alimento tipo compota usando amido como espessante Zaragoza feijão (Phaseolus lunatus)

Yesid Alejandro Marrugo Ligardo[1], Isabel Cristina Rios-Dominguez[2], César Enrique Martínez Pájaro[3], Carlos Alberto Severiche-Sierra[4] & José del Carmen Jaimes Morales[5]

[1]Licenciado en Biología y Química, Ingeniero de Alimentos, Especialista en Ciencia y Tecnología, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. [2]Ingeniero de Alimentos, Especialista en Gerencia de Producción y Calidad. [3]Microbiologo Industrial, Especialista en Aseguramiento de la Calidad Microbiológica de los Alimentos. [4]Quimico, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Doctor en Ciencias. [5]Licenciado en Biología y Química, Ingeniero de Alimentos, Especialista en Ciencia y Tecnología, Magister en Ciencia y Tecnología, Magister en Ingeniería Química, Candidato a Doctor en Ciencias.

[1,2,4,5]Grupo de investigación en Medio Ambiente, Alimentos y Salud MAAS – Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. [3]Grupo de investigación CIPTEC – Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Cartagena, Colombia.

[1]ymarrugol@unicartagena.edu.co, [2]icriosd@unicartagena.edu.co, [3]cmartinez@tecnocomfenalco.edu.co, [4]cseveriches@unicartagena.edu.co, [5]jjaimesm@unicartagena.edu.co

Resumen

En la presente investigación se buscó el desarrollo de un producto alimenticio tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza; para ello se procedió con obtención del almidón, análisis fisicoquímico del almidón, obtención de la pulpa, formulación y elaboración de la compota, análisis fisicoquímico, microbiológico y análisis sensorial de la compota. Dentro de los resultados se tiene que la compota elaborada demuestra ser un producto que puede ser aceptado para consumo infantil, ya que presenta todos los parámetros de calidad y cumple toda la normatividad vigente. Se concluye que el comportamiento del almidón de este fríjol en el producto terminado permite que éste pueda ser incluido dentro de los espesantes utilizados en alimentos que requieran elevadas temperaturas de procesamiento.

Palabras clave: alimento para niños, almidón, leguminosas, pulpa

Abstract

In the present research the development of a compote type food product was sought using as thickener the starch of the Zaragoza bean. For this purpose, starch was obtained, physicochemical analysis of starch, pulp production, compost formulation and elaboration, physico-chemical, microbiological analysis and sensorial analysis of the compote. Within the results we have that the compote elaborated proves to be a product that can be accepted for children consumption, since it presents all quality parameters and meets all current regulations, the results of the sensory analysis show that the sensory

evaluation performed on the sample is reflected in the following table, thus representing the number of judges and the ratings for the sample. Based on the results obtained it is concluded that the starch behavior of this bean in the finished product makes it possible to be included in the thickeners used in foods that require high processing temperatures.

Key-words: food for children, starch, legumes, pulp

Resumo

Nesta pesquisa o desenvolvimento de um amido de alimentos tipo compota como espessante usando feijão Zaragoza pretendida; para esta procedeu-se a obtenção de amido, amido de análise físico-química, produção de pasta, formulação e processamento de compota, físico-químicas, microbiológicas e análise análise sensorial compota.Dentro o resultado deve ser feita uma prova compota produto que pode ser aceite para o consumo das crianças, pois tem todos os parâmetros de qualidade e cumpre todas as normas vigentes. Com base nos resultados obtidos conclui-se que o comportamento de amido a partir dos grãos no produto final faz com que ele pode ser incluído dentro dos espessantes utilizados em alimentos que exigem temperaturas de processamento elevadas.

Palavras chave: comida para bebé, amido, legumes, polpa

Introducción

En la actualidad la oferta de alimentos infantiles preparados es enorme, aunque exista incertidumbre alrededor de lo nutritivo y equilibrado en términos de calorías, contenido en azúcares, grasas, entre otros componentes (Castillo *et al.,* 2013). Se trata de un alimento que elimina casi un 100% los posibles problemas gastrointestinales, evita las anemias y ayuda al fortalecimiento de los huesos y encías. Las compotas son el primer paso para formar los hábitos alimenticios en los bebes (Rodríguez, 2013).

Las leguminosas aportan carbohidratos complejos, especialmente almidón, también fibra, vitaminas pertenecientes al grupo b, minerales, como potasio, fósforo, magnesio, zinc y en especial hierro y calcio (Segura *et al.,* 2008). El fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*) denominado también fríjol lima o sencillamente zaragoza en la costa Caribe colombiana, es una leguminosa de grano que tiene fuerte incidencia en la cultura popular alimentaria de sus pobladores (Miranda *et al.,* 2013). El *P. lunatus* ha demostrado tener un alto potencial de utilización debido a sus elevados contenidos de almidón, proteína y fibra dietética, lo que la convierte en una alternativa de aprovechamiento integral para la producción de ingredientes con características nutrimentales y funcionales, importantes para el desarrollo de sistemas alimenticios (Marrugo *et al.,* 2012).

Según Hernández *et al.* (2008), los almidones nativos de las diferentes especies de vegetales tienen como característica fundamental que sus propiedades fisicoquímicas y funcionales estarán influenciadas por sus estructuras granular y molecular. Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles.

En virtud de que las fuentes convencionales más importantes para la extracción de este polisacárido son los granos de cereales como el maíz, trigo, arroz y sorgo; tubérculos como la papa, yuca, boniato y sagú; encontrándose también en hojas, semillas de leguminosas y frutas, en este trabajo se utiliza la leguminosa *P. lunatus*. El presente estudio busca la elaboración de un producto alimenticio tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza como alternativa alimenticia y nutricional para la alimentación complementaria de niños de los 6 meses en adelante.

Metodología

Obtención del almidón

La materia prima utilizada fue el frijol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*) variedad rosada, para la obtención del almidón, las semillas hinchadas fueron descascarilladas, el cotiledón limpio y sin cascara fue sometido a un proceso de molienda quedando así una masa; posteriormente se agregó agua en una proporción de 1:6 y se agitó por un tiempo de 10 minutos, con el fin de liberar el almidón; en la Figura 1, se detalla todo el proceso.

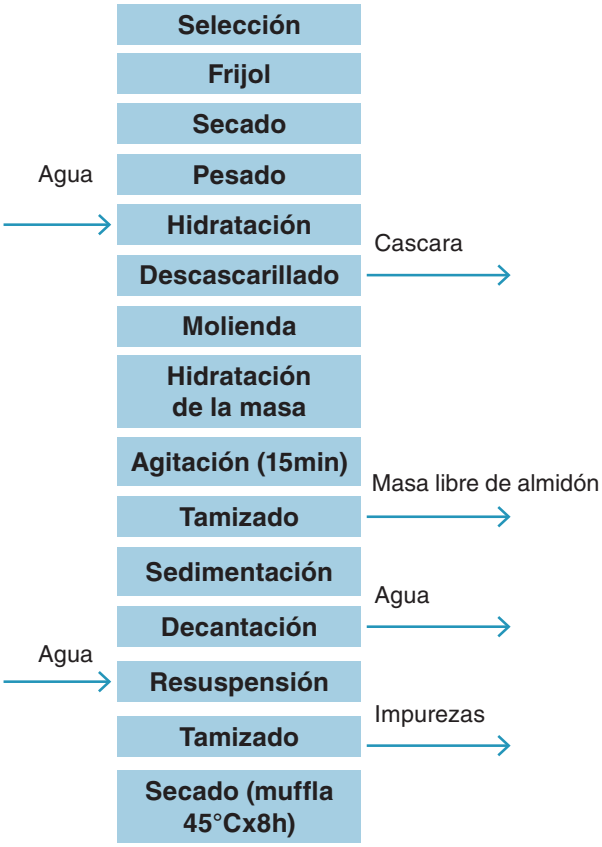

Figura 1. Proceso de obtención del almidón de frijol Zaragoza

Análisis fisicoquímico del almidón

La humedad se determinó mediante AOAC 7.003/84,930.15/90 (Bernal, 1998).

Prueba de amilosa y de amilopectina: se procedió de la siguiente forma que consistió en pesar 0.1 g de almidón en un tubo de ensayo y se le añadió 2mL de dimetilsulfoxido se disolvió durante 15 minutos en un baño termostatizado a 85 °C; luego se diluyó con agua destilada hasta 25 ml en un matraz aforado. Se tomó 1mL de esta disolución y sobre él se añadió 50ml de agua destilada y 5ml de disolución de Iodo se mezcló, y luego se le hizo la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro Shimadzu UV 1700. Se tomaron tres lecturas, luego se sacó un promedio y se halló la absorbancia que arrojó el resultado del contenido de amilosa.

Temperatura inicial de gelatinización: se preparó una suspensión al 0.5% en base seca de almidón en un vaso de precipitado de 250 mL, luego se colocó a calentamiento y agitación magnética; a partir de los 50°C y cada grado centígrado que aumentaba la temperatura se tomaron muestras de 2 mL en tubos de ensayos se dejaron enfriar se le añadieron 2 gotas de solución saturada de yodo , luego se tomó la temperatura cuando observándose cambio en la coloración de rojizo a azul verdoso registrando como temperatura inicial de gelatinización (Acevedo & Canizales, 2007).

Obtención de la pulpa

La materia prima a utilizar fueron mangos (*Manguifera indiga*), maduros variedad manzanita. Estos fueron seleccionados por su grado de madurez y su buen estado fitosanitario, se pesaron y se lavaron con una solución de hipoclorito a 5 ppm, posteriormente se pelaron y se retiró la pulpa o masa de la semilla, en la Figura 2 se muestra el proceso de obtención de la pulpa.

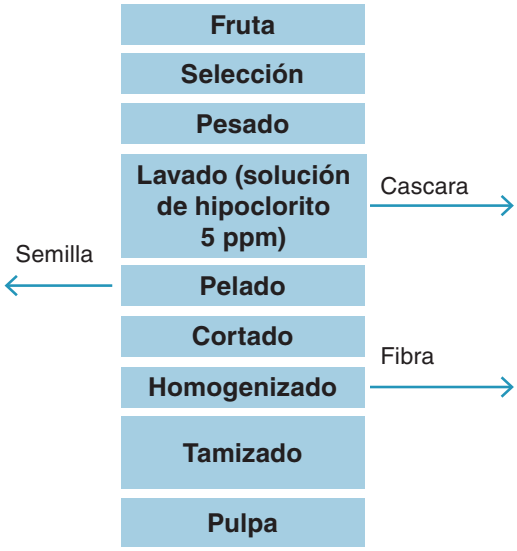

Figura 2. Proceso de obtención de la pulpa

Formulación y elaboración de la compota

Siguiendo los lineamientos de la legislación colombiana, para la elaboración de compotas Norma INEN 405 1988-05 Conservas Vegetales Requisitos Generales. Norma CODEX STAN 79-1981 para compotas -conservas de frutas- y jaleas. Para obtener el producto con las características deseadas fue necesario realizar tres pruebas en las cuales se modificaron las proporciones de sus ingredientes específicamente la cantidad almidón. Las proporciones de almidón en las muestras fueron al 1% ,3% y 6%, considerando así, la consistencia, apariencia, sabor, olor, color y textura del producto final. Se tomaron 250 g, 300 g y 350 g de pulpa para cada ensayo, estas se mezclaron con un 200 g, 150 g y 100 g de agua respectivamente, que contenía disuelta el azúcar a utilizar para cada uno, en la Figura 3 se detalla el proceso para la elaboración de la compota.

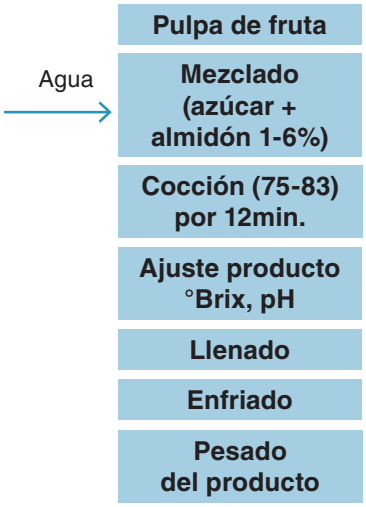

Figura 3. Proceso de elaboración de la compota

Análisis fisicoquímico y microbiológico de la compota

pH: se realizó la medición del pH, por duplicado, teniendo en cuenta que el electrodo se encontrara introducido correctamente en la muestra, esto se hizo con un potenciómetro marca Hanna Instruments, referencia Hi Hi9813-5n.

°BRIX: se realizó con un refractómetro de Bertuzzi, que fue calibrado inicialmente con agua destilada, para evitar la alteración de los resultados. Se hizo por duplicidad de cada una de las muestras.

Acidez: se hizo por titulación, tomando 10g de muestra de compota en un erlenmeyer que se disolvieron en 15 mL de agua destilada, se registró el peso de la muestra, añadiendo 2 gotas de indicador fenolftaleína. El volumen del ácido gastado y la normalidad de NaOH se tuvieron en cuenta para reemplazar en la fórmula que nos arroja el porcentaje de acidez.

Recuento de mesofilos: se inoculo en un medio de cultivo para la Identificación de este tipo de bacterias Agar SPC a 37°C.

Determinación de mohos y levaduras: para la determinación de la presencia de mohos y levaduras se aplicó el método de conteo en placa en siembra, por duplicado. El medio de cultivo utilizado fue Agar Ogy el análisis se basa en ofrecer las condiciones propicias para favorecer al desarrollo de estos microorganismos en caso de existir en el alimento. Una vez sembrada la muestra se incubo a 28°C por 5 días.

Determinación de coliformes totales y coliformes fecales: para esta prueba se utilizó Caldo brilla, como medio de cultivo a 35°C por 48 horas.

Determinación de estafilococos áureos: La siembra se hizo en Agar Baird –Parker a 35 °C por 48 horas.

Prueba sensorial

Al producto terminado, se le aplicó una prueba de preferencia. En esta prueba se mide el nivel de agrado del consumidor. Esta prueba consistió en 30 jueces no entrenados, las cuales fueron amas de casa, a las que se les entrego un formulario .Este consistió en el empleo de una línea sin estructura y sin números. únicamente “Gusta” en un extremo y “No Gusta” en el otro extremo, y el panelista hará una marca en la línea más cercana de un extremo que del otro, según le guste o disguste el alimento que este probando , o hará la marca en el centro de la línea si el alimento ni le gusta ni le disgusta (Tofiño *et al.*, 2011).

Resultados y discusión

Teniendo en cuenta las leyes que regulan el uso de aditivos en compotas y la proporción de almidón en compotas tradicionales, se realizaron las siguientes formulaciones, para determinar el comportamiento del almidón como espesante en este producto y establecer en cuál de las formulaciones actuó de forma satisfactoria el almidón, teniendo en cuenta los °Brix del producto final, su color, sabor, y consistencia.

Tabla 1. *Formulación 1*

Ingrediente	(%)	(g)
Pulpa de mango	50	250
Almidón	1	5
Azúcar	9	70
Agua	40	200
Total	**100**	**500**

Como se muestra en la Tabla 1, en esta primera formulación se encontró que las condiciones del producto no eran adecuadas, a los 16°Brix ya que presentó una mala consistencia y un sabor muy dulce, aunque su color era agradable. Esto llevo a una nueva formulación que se presenta a continuación. En la Tabla 2, se videncia que en la segunda formulación, el objetivo fue mejorar la consistencia y el sabor, por lo que se aumentó la cantidad de almidón y se disminuyó el azúcar; los resultados se reflejaron en un producto de mejor consistencia, en cuanto al color, éste permaneció igual, y el sabor mejoró notablemente, la consistencia se logró a los 28°Brix.

Tabla 2. *Formulación 2*

Ingrediente	(%)	g)
Pulpa de mango	60	300
Almidón	3	15
Azúcar	7	35
Agua	30	150
Total	**100**	**500**

La Tabla 3, muestra los datos de la formulación 3, siendo ésta la que tuvo mayor espesamiento con respecto al producto, indicando la buena estabilidad del almidón en los procesos de calentamiento –enfriamiento ;lo que no sucede con otro almidón utilizado en la elaboración de compotas como es el almidón de maíz, donde el espesamiento es más lento y aumenta durante la fase de enfriamiento, haciendo de este almidón poco estable en sus procesos de calentamiento –enfriamiento y resultando más ventajoso el uso del almidón del *P. lunatus* (Lajolo & Wenzel, 2006).

Tabla 3. *Formulación 3*

Ingrediente	(%)	(g)
Pulpa de mango	70	350
Almidón	6	30
Azúcar	4	20
Agua	20	100
Total	**100**	**500**

Esta tercera formulación se hizo con el objetivo de lograr la consistencia anterior, con los grados Brix contemplados en la norma (16°Brix). Los resultados fueron una compota de buena consistencia, buen color, pero con un sabor poco agradable donde predomina el sabor a almidón.

La pulpa de mango para elaborar la compota tuvo los valores que se muestran en las Tablas 4, 5 y 6, como resultado de los análisis físicos.

Tabla 4. *Resultados de análisis físicos de la pulpa de mango*

Pulpa de mango	Valor
Acidez	0.5%
°Brix	14
pH	4.28

Tabla 5. *Resultado de los análisis fisicoquímicos del almidón*

	Valor	
Amilosa	25.2%	
Amilopectina	74.8%	
Humedad	10%	
	Temperatura (°C)	**Tiempo (min)**
Almidón	83	7

Tabla 6. *Análisis fisicoquímicos de la compota*

Compota de mango	Acidez (%)	pH	°Brix
Formulación 1	0.04	4.28	16
Formulación 2	0.03	4.30	28
Formulación 3	0.036	4.32	16

La temperatura de gelatinización del almidón del *Phaseolus* (79°C-83 °C) estuvo a en el rango 75.2°C - 87.6°C reportado por Betancurt *et al.* (2001) para el mismo frijol; y parecido al de la leguminosa *Vigna unguiculata* (72.6°C-84.8°C). Comparándolo con otros almidones usados como espesante en compotas, Maíz (62°C-73°C) y Trigo (58°C-64°C) reportado por Swinkels (1985), resulta mayor el de la leguminosa *P. lunatus*. Este hecho puede deberse al alto contenido de amilosa que presentó Zaragoza (74.8 %).

Tabla 7. *Análisis microbiológicos de la compota*

Análisis	Resultados
Recuento total (mesofilo)	0
Recuento (mohos y levadura)	0
Recuento de coliformes	Negativo
Estafilococos áureos	0

La compota elaborada demuestra ser un producto que puede ser aceptado para consumo infantil como se evidencia en la Tabla 7, ya que presenta todos los parámetros de calidad y cumple todas las normas establecidas por el ministerio de salud.

Los resultados del análisis sensorial de la Tabla 8, muestran que la evaluación sensorial realizada a la muestra se encuentra reflejada en la siguiente tabla, representando así el número de jueces y las calificaciones para la muestra.

Tabla 8. *Análisis sensorial*

	Amas de casa	%
Me gusta	21	70
Ni me gusta ni me disgusta	6	20
No me gusta	3	10
Total	**30**	**100**

Conclusiones

La proporción de almidón utilizada en las tres muestras es un factor determinante para la consistencia final del producto; Es importante estimar la cantidad de azúcar puesto que esta interviene para la conservación y sabor del producto terminado, de igual forma el tipo de fruta a utilizar siendo esta con un alto grado de acidez. Los análisis microbiológicos realizados garantizan la seguridad e higiene que tiene el producto y cumplen con los parámetros establecidos en las normas que rigen para este tipo de alimentos; El comportamiento del almidón de este fríjol en el producto terminado hace que éste pueda ser incluido dentro de los espesantes utilizados en alimentos que requieran elevadas temperaturas de procesamiento, como compotas.

Literatura citada

1. Acevedo, B. & Canizales. C. (2007). Elaboración de compota a partir de pulpa de zapallo de *Cucurbita moschata* Duch. (Tesis de pregado). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
2. Bernal, I. (1998). Análisis de alimentos. Colombia, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 313p.

3. Betancur, D. A., Ancona, L. A. C., Guerrero, R. I., Camelo, G. & Ortiz, D. (2001). Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch-Stärke*, 53(5), 219–226. *https://doi.org/10.1002/1521-379X(200105)53:5<219::AID-STAR219>3.0.CO;2-R*
4. Castillo, C., Balboa, P., Torrejón, C., Bascuñán, K. & Uauy, R. (2013). Alimentación normal del niño menor de 2 años: Recomendaciones de la Rama de Nutrición de la Sociedad Chilena de Pediatría 2013. *Rev chil pediatr*, 84(5), 565–572. *http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062013000500013*
5. CODEX ALIMENTARIUS, CODEX STAN 79-1981 - Norma del CODEX para compotas (Conservas de Frutas) y Jaleas, (1981). Recuperado de: *http://www.fao.org/input/download/standards/247/CXS_079s.pdf*
6. Hernández, M., Torruco, J., Chel, L. & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc Tecnol Aliment* 28(3), 718–726. *http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031*
7. Lajolo, F. & Wenzel E. (2006). Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. cap. 3, EDUSP, San Pablo.
8. Marrugo, Y., Montero, P., Torregroza, E. & Duran, M. (2012). Potencial nutricional de tres cultivares de fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus* L.) y estimación de su digestibilidad "in vitro". *Rev Fac Agron* (LUZ). 29(2), 314–326.
9. Miranda, P., Marrugo, Y. & Montero, P. (2013). Caracterización Funcional del Almidón de Fríjol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente. *Tecno Lógicas*, 30, 17–32.
10. Rodríguez, D. (2013). Elaboración de una compota a partir de mashua blanca (*Tropaeolum tuberosum*) y camote morado (*Ipomoea batatas*) utilizando dos tipos de endulzantes (miel de abeja y panela) a tres concentraciones. (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
11. Segura, M., Chel, L. & Betancur, D. (2008). Synthesis and partial characterization of octenylsuccinic starch from *Phaseolus lunatus*. *Food hydrocolloid*, 22(8), 1467–1474. *https*://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.09.009
12. Swinkels, J. (1985). Composition and Properties of Commercial Native Starches. *Starch/Stärke*, 37, 1–5. Recuperado de: *https://doi.org/10.1002/star.19850370102*
13. Tofiño, A., Tofiño, R., Cabal, D., Melo, A., Camarillo, W. & Pachón, H. (2011). Evaluación agronómica y sensorial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 13(2), 161-177.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Febrero 23 de 2017
Aceptado: Abril 10 de 2017

Viabilidad en la producción de biomasa microalgal a partir de fotobioreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia

Viability in the production of microalgae biomass from solar photobioreactors in Valle del Cauca, Colombia

Viabilidade na produção de biomassa de microalgas de fotobiorreactores solares no Valle del Cauca, Colômbia

José Luís Ramírez Duque

Ingeniero Mecánico, Magister en Ingeniería Mecánica, Doctor Energía y Fluidos

Universidad Javeriana Cali, Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia.

joslurad@gmail.com

Resumen

Las microalgas son una importante fuente de materias primas para la producción de biocombustibles y otras sustancias finas que pueden contribuir con la actual necesidad de energías renovables sostenibles. Las condiciones ambientales y climáticas afectan directamente la producción de la biomasa de los cultivos microalgales y, en general, las condiciones del departamento del Valle del Cauca, Colombia, son óptimas dados los niveles de radiación solar y su intensidad todo el año debidos a su ubicación geográfica. Considerando el potencial futuro de las microalgas en biofábricas, en este artículo se presenta una revisión de los factores que intervienen en el desarrollo de los cultivos microalgales y la tecnología necesaria para su explotación, se analiza también la viabilidad de fotobiorreactores cerrados debido a su alta transferencia de masa, mayor aprovechamiento de radiación solar y reducción de la contaminación por microorganismos foráneos, los cual es fundamental en la producción de biomasa. Esta información es útil para la aplicación de ingeniería y el desarrollo futuro de tecnología eficiente y comercialmente viable para la producción de biocombustibles a partir de microalgas.

Palabras clave: biocombustibles; biomasa, microalgas; energía, fotobiorreactores

Abstract

Microalgae is an important source of raw materials for the production of biofuels and other fine substances that can contribute to the current need for sustainable renewable energies. Environmental and climatic conditions directly affect the production of biomass from microalgae crops and, in general, the conditions of the department of Valle del Cauca, Colombia, are optimal given the levels of solar radiation and its intensity all the year due to its geographical location. Considering the potential of microalgae in biofactory, this article presents a review of the factors involved in the development of microalgae crops; and the technology necessary for its exploitation. Also analyzes the viability of closed photobioreactors due to its high mass transfer, greater use

of solar-based and reduction of pollution by foreign microorganisms, which is fundamental in the production of biomass. This information is useful for the application of engineering and the future development of efficient and commercially viable technology for the production of biofuels from microalgae.

Key-words: biofuels; biomass, microalgae; energy, photobioreactors

Resumo

As microalgas são uma importante fonte de matérias-primas para a produção de biocombustíveis e outras substâncias finas que podem contribuir para a atual necessidade de energia renovável sustentável. As condições ambientais e climáticas afetam diretamente a produção de biomassa de culturas de microalgas e, em geral, as condições do departamento do Valle del Cauca, na Colômbia, são ótimas devido aos níveis de radiação solar e sua intensidade ao longo do ano devido à sua localização geográfica. Considerando o potencial futuro das microalgas em biocombustíveis, este artigo apresenta uma revisão dos fatores envolvidos no desenvolvimento de culturas de microalgas e a tecnologia necessária para sua exploração, também analisa a viabilidade de fotobiorreactores fechados devido à sua alta transferência de massa, maior uso de radiação solar e redução de poluição por microorganismos estrangeiros, que é fundamental na produção de biomassa. Esta informação é útil para a aplicação de engenharia e desenvolvimento futuro de tecnologia eficiente e comercialmente viável para a produção de biocombustíveis a partir de microalgas.

Palavras chave: biocombustíveis; biomassa, microalgas; energia, fotobiorreactores

Introducción

El calentamiento global se ha convertido en la mayor problemática ambiental de la actualidad, que es generada principalmente por la emisión de gases de efecto invernadero principalmente de los sectores industrial y de transporte (Chen *et al.,* 2010; IPCC, 2001 & Ormerod *et al.,* 2002). Esto acompañado de manera directa de un aumento en la demanda de energía a partir de combustibles fósiles, provocando un descenso en las reservas globales y por ende, un aumento en el precio (IPCC, 2007; BP, 2009), además se requiere plantear estrategias de reducción de niveles de contaminación como el cambio de carbón y petróleo a fuentes menos contaminantes (Urgate, 2003; EEA, 2009; Laherrere, 2005). Según Matta *et al.* (2010) para que los biocombustibles sean vistos como una medida real y contundente en la disminución de emisiones de CO2, además de hacer una sustitución gradual de éstos (FAO, 2000; Schenk *et al.,* 2008; Singh *et al.* (2010); Christi, 2007); se deben contemplar fuentes naturales que no pongan en riesgo la biodiversidad, el conflicto por uso de tierra y/o la seguridad alimentaria mundial (Demirbas & Demirbas, 2011; Beer *et al..,* 2009; Li *et al.,* 2008; Yuan *et al.,* 2008 & Carvalho *et al.,* 2006).

Colombia puede llegar a ser un potencial productor de biocombustibles debido al comportamiento ambiental, climático y/o atmosférico que presentan diversas regiones del país, en especial el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Este artículo analiza desde un punto de vista climático y medioambiental, la viabilidad de emplear cultivos de microalgas en fotobiorreactores y considera la interacción de cada uno de éstos para determinar su potencial y el tipo que mejor se ajusta en esta región.

Biocombustibles y microalgas

Cualquier combustible proveniente o derivado a partir de biomasa se denomina biocombustible y puede ser sólido como el bagazo de caña, líquido como el etanol o el biodiesel, y gaseoso como el metano (Chinnasamy *et al.,* 2010). Además, poseen la ventaja de poder llegar a ser sustituto de los combustibles actuales sin efectuar cambios significativos y pueden ser aplicados a sectores energéticos, agrícolas, industriales y automotrices (Gilbert & Perl, 2008; Scarlat *et al.,* 2008), ya que pueden incorporarse fácilmente a tecnologías tradicionales como motores,

calderas, turbinas a gas, entre otras (Dewulf & Van Longenhove, 2006). El alcohol y el aceite de origen vegetal son una fuente casi inagotable de energía y ante el impulso en las políticas actuales a nivel regional, nacional y mundial, sumado a los costos y las dificultades en la obtención de combustibles fósiles, van a implicar cada vez más un aumento en la producción de etanol a partir de caña de azúcar y maíz, o de biodiesel a partir de palma de aceite, microalgas u otros cereales, y de otros tipos de energías renovables (IICA, 2010; Callahan & Sharp, 2003).

El proceso de producción del biodiesel se basa en la transesterificación, la cual, al adicionar aceite, alcohol (metanol o etanol) y un catalizador (hidróxido de potasio KOH), se obtiene biodiesel y como subproductos glicerina, agua y residuos que pueden utilizarse como fertilizantes (Neenan *et al.,* 1996) y en la industria cosmética. El biodiesel puro es biodegradable, no tóxico y esencialmente libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar significativamente el alcohol y el aceite vegetal que se utilicen en la transesterificación (MADR, 2006).

El principal productor de biodiesel a nivel mundial es Europa (49,8% en el 2009, seguido del continente americano con 32,8% y Asia – Pacífico con 4,4%) alcanzando 7,8 millones t en el año 2009, comparado con 3,2 millones t en 2005 y 1,9 millones t en 2004 (CORPODIB, 2010). Canaki & Sanli (2008), afirman que esta tendencia seguirá al alza, si se asegura desde una perspectiva económica, que el biodiesel logre convertirse en el combustible alternativo más viable y competitivo para sobrevivir en el mercado, respecto al diesel en el mediano y largo plazo. Igualmente, en Colombia también se puede asumir dicha tendencia ya que cada día se opta más por equipos de uso industrial y automotriz -plantas, generadores, motores, etc.- por su costo, el cual es inferior respecto al costo de la gasolina.

Muchos estudios han resaltado diversas ventajas de utilizar microalgas para la producción de biodiesel en comparación con otras materias primas disponibles (Brennan & Owende, 2010; Hu *et al.,* 2008; Roessler *et al.,* 1994; Gravilescu & Chisti, 2005). Desde el punto de vista práctico, éstas son fáciles de cultivar, pueden crecer con poca atención o cuidado, en suelos no fértiles y toleran calidades de agua no aptas para el consumo humano. Además, éstas se reproducen mediante la fotosíntesis para convertir la energía solar en energía química y sus ciclos de crecimiento son rápidos (Chisti, 2007; Meeting, 1996; Spolaore *et al.,* 2006; Sheehan *et al.,* 1998). En cuanto a la productividad, se observa en la Figura 1, que las microalgas en una ha pueden tener un mayor rendimiento (Anderson & Eakin, 1985), respecto a la producción de aceite a partir de palma y otros cultivos para biocombustibles. Esto se debe principalmente, a que el alga tiene una capacidad mayor de fijación de CO_2 del ambiente, y mediante los procesos de fotosíntesis, obtiene precursores fundamentales para la biosíntesis de aceites naturales para la obtención de biodiesel (IICA, 2008).

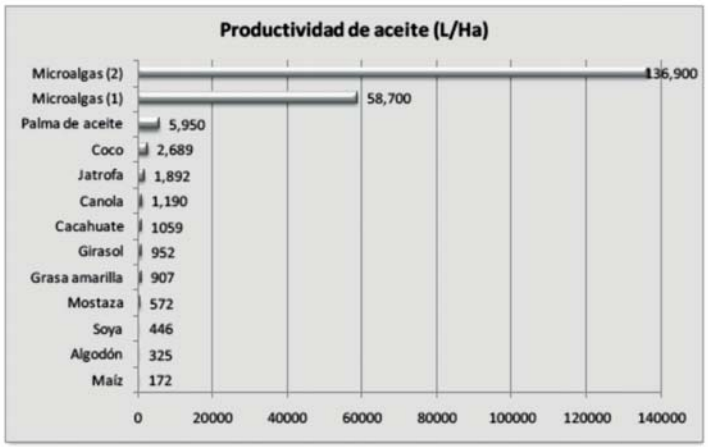

Figura 1. Productividad de aceite de las microalgas en comparación con los cultivos.
Fuente: Anderson & Eakin (1985).

Las investigaciones realizadas han demostrado que en el proceso de la síntesis y extracción del aceite de algas se predomina la recirculación aceites y metabolitos secundarios a partir de la fotosíntesis realizada por el alga y que es absolutamente compatible para la producción del aceite (Nelson, 2002). Actualmente, existen o se conocen más de treinta (30) especies de microalgas que pueden generar ácidos grasos para ser precursores de biodiesel (Kwong, 2001).

Cinética de las microalgas

Cuando se establecen cultivos controlados de microalgas para producción de biodiesel, se emplean sistemas abiertos -estanques o canales de crianza- o cerrados –fotobiorreactores-. El cultivo de microalgas en estanques abiertos y/o canales de crianza es una práctica bien desarrollada, pero sólo pocas especies pueden desarrollarse, ya que se requiere de sustancias altamente alcalinas o selectos ambientes salinos. Sin embargo, cuando se utilizan fotobiorreactores completamente cerrados, se tienen mayores oportunidades de cultivos ya que éstos permiten una óptima fijación y captación de CO_2 y crecimiento y desarrollo controlado, además de tener mayor asepsia que evita la infiltración de otros microorganismos que compiten por el medio (Chisti, 2007).

En un cultivo de microalgas por lote, el periodo de crecimiento se efectúa en cinco etapas de desarrollo (ver Figura 2). Cada etapa consiste de un conjunto de sucesos que tienen que ver con el metabolismo del microorganismo. En la etapa de inducción (1), las microalgas se adaptan al nuevo ambiente y a las nuevas condiciones de cultivo, el crecimiento neto es nulo y el tiempo es corto. En esta etapa, el uso de fotobiorreactores debe estar enfocado a tener un aprovechamiento máximo de exposición a la luz solar al igual que un suficiente y constante suministro de CO_2, y tener un mayor control sobre pH y temperatura del cultivo, principalmente. Una vez culmina la adaptación, la división celular se acelera y el crecimiento del número de microalgas se hace exponencial -etapa de crecimiento-, duplicándose a intervalos regulares de tiempo (etapa 2) donde el suministro de alimento y las condiciones óptimas de cultivo delimitan la tasa de crecimiento máxima; por lo tanto, se estima que factores como radiación e intensidad de luz solar se vuelva prioritario.

El crecimiento exponencial comienza a limitar el alcance de nutrientes y la penetración de luz en el cultivo, generando que la tasa de división celular se ralentice, requiriendo más tiempo aumentar la población, entrando el cultivo en la etapa de retardo (3). Como los sistemas cerrados –fotobiorreactores-, son más controlados que los sistemas abiertos, se espera que el suministro de CO_2 aumente y la deposición a radiación y luz solar sea constante, buscando extender ésta etapa, retrasando la entrada del cultivo a la etapa estacionaria (4), en la cual se establece un equilibrio dinámico entre la tasa de reproducción y la tasa de mortalidad celular. Esta etapa es relativamente corta y se origina a causa de escasez de nutrientes. Finalmente queda la fase de muerte o declinación (5), donde la tasa de mortalidad poblacional supera la tasa de crecimiento.

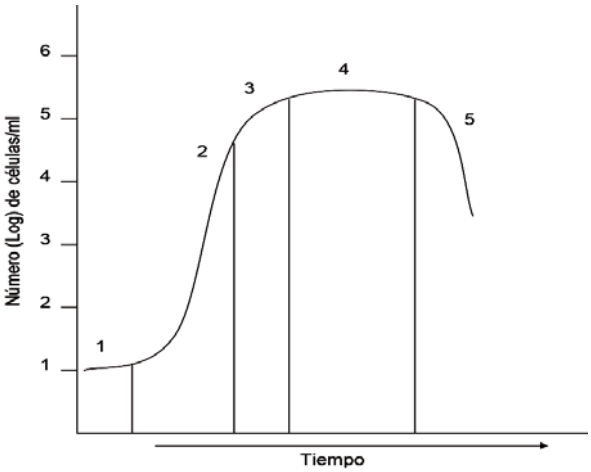

Figura 2. Etapas de crecimiento en cultivo de microalgas.

Fuente: Chisti (2007).

Requerimientos microalgales

El rango de pH para gran parte de las especies algales cultivadas, oscila entre 7,0 y 9,0; con un óptimo entre 8,2 – 8,7 (Moheimani, 2005; Weissman & Goebel, 1987; Richmond, 2004). Varios estudios realizados muestran de manera general para sistemas de cultivos abiertos y cerrados que un valor diferente al de este margen, puede desencadenar

en una súbita disminución de las actividades metabólicas y un decrecimiento del cultivo. El control de este parámetro se hace por medio del aire ingresado al cultivo. En el caso de un cultivo muy denso, la adición de CO_2 permite corregir el pH aumentado, cuyo valor máximo puede llegar a 9.0 durante el crecimiento microalgal (Eriksen, 2008).

Es posible analizar que, al limitar el comportamiento del crecimiento y desarrollo en las microalgas de éste parámetro, respecto a las incidencias climáticas del departamento del Valle del Cauca, no se obtiene un argumento sólido que permita establecer un beneficio o un factor de restricción para ser contemplado en la producción de biodiesel a partir de algas, ya que la regulación de pH depende directamente de variables como niveles de CO_2 y aire enunciado o explicado anteriormente. Sin embargo, el empleo de fotobiorreactores, en algunos casos -dependiendo del tipo de fotobiorreactor-, restringe el mantenimiento de CO_2 y una emisión eficiente de oxígeno en la mezcla, llevando al aumento de niveles de pH.

Las microalgas son organismos fotosintéticos, que absorben el carbono inorgánico de ambiente y lo transforman en materia orgánica (Ugwu *et al.,* 2008). La energía necesaria para esta reacción es suministrada por la luz y en este aspecto, la intensidad del espectro de radiación y la necesidad fisiológica de un foto-periodo son fundamentales. La intensidad de la radiación es primordial, pero los requisitos varían de acuerdo al tipo de alga, la profundidad y la densidad del cultivo -concentración celula-), la agitación y la capacidad de penetración de la luz debe aumentarse para atravesar el cultivo. La luz puede ser natural -Solar- o artificial -tubos fluorescentes- (Canaki & Sanli, 2008; Jansen *et al.,* 2003). El recalentamiento debido a la iluminación natural y artificial debe ser evitado o corregido mediante sistemas de refrigeración especiales.

La temperatura óptima para los cultivos de microalgas, está alrededor de los 20 °C a 24 °C, aunque estos valores pueden variar con la composición del medio de cultivo, la especie y la tensión a la que son expuestos los microorganismos. Por debajo del rango, el crecimiento de las especies se inhibe, mientras que, a temperaturas superiores, normalmente son mortales para una gran variedad de especies. El control de temperatura se realiza mediante el uso de líquidos y sistemas de refrigeración o por medio de aire directamente, el cual tiene una mayor facilidad de manejo y/o control en fotobiorreactores (Matta *et al.,* 2010).

En Colombia, el comportamiento de la temperatura varía dependiendo del lugar o región dada la variedad topográfica y/o fisiográfica que presenta éste país (Póveda *et al.,* 1998). De acuerdo a la información que suministra el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente -IDEAM, en la región Andina colombiana, a la que pertenece en gran parte el Departamento del Valle del Cauca, se presenta un régimen bi-modal -dos periodos húmedos que van de abril a mayo y de septiembre a noviembre; y dos periodos secos que va de junio a agosto y de diciembre a marzo-, con temperaturas promedio que oscilan entre 12°C – 24°C para locaciones que se encuentran en zonas templadas -o medias- y frías -altitud superior a 1000 msnm-; y de 25°C, o mayores aproximadamente en locaciones que se encuentran en zonas cálidas -altitud menor a 1000 msnm-. En esta región, se observa que las algas desde un punto de vista climático, tenga un mejor desarrollo ya que se encuentran locaciones con temperaturas acordes, especialmente en zonas medias donde la temperatura oscila entre 17 °C – 24 °C, que está dentro del rango óptimo para su crecimiento y desarrollo, cuando se emplean fotobiorreactores de placas, especialmente, ya que éstos no requerirán de termostatos o sistemas de control de temperatura.

La sedimentación es evitada por la mezcla, y procura una exposición regular de la totalidad de la población a luz y nutrientes, maximizando la homogenización del medio y evitando, por tanto, la estratificación termal (Molina & Fernández, 2001; García *et al.,* 2007). A su vez, se mejora el intercambio de gases entre el medio de cultivo y el aire; esto aporta beneficios tales como la fuente de carbono inorgánico más importante es el CO_2 del aire del ambiente y por medio del burbujeo se inyecta en el medio; no obstante, para cultivo muy densos, se hace necesario inyectar cantidades extras de CO_2 puro (Molina & Fernández, 2001). Usualmente el mezclado se alcanza revolviendo diariamente a

mano, aireando, o usando las ruedas con "paletas" y bombas de aire comprimido (Ugwu *et al.,* 2008).

La mayoría de especies microalgales son extremadamente tolerantes a los cambios de salinidad. La mayoría de las especies crecen mejor en salinidades que sean levemente más bajas que su habitad natural (Demirbas & Demirbas, 2011). Este factor se tiene especialmente en cuenta en fotobiorreactores, cuando en éstos se van a establecer cultivos de microalgas marinas (Campbell, 2008), ya que en estos dispositivos, la salinidad puede afectar el crecimiento y la composición celular de la microalga debido a que los cambios de salinidad generan estrés osmótico, producido por un aumento de la presión osmótica en las algas, siendo cada vez más difícil succionar nutrientes para su desempeño, llevándolas a realizar esfuerzos mayores difíciles de compensar que puede llevar a la muerte del cultivo.

La oxi-inhibición.se refiere a la inhibición de la fotosíntesis, causada por altos niveles de oxígeno -O_2- disuelto en el medio de cultivo. La oxi-inhibición, por lo tanto, acarrea con impedimentos para el crecimiento de las microalgas, llegando incluso a causarles la muerte por daño oxidativo cuando se presentan condiciones extremas. Una de las causantes principales de la oxi-inhibición es el aumento de dimensiones de los fotobiorreactores sin considerar la concentración de oxígeno (Loera-Quezada & Olguín, 2010). Por lo tanto, al emplear fotobiorreactores se debe contemplar sistemas de emisión de oxígeno del sistema.

El principal factor para determinar el crecimiento de las microalgas en fotobiorreactores es la disponibilidad e intensidad de luz en el cultivo pues estos parámetros controlan la productividad fotosintética de los microorganismos. Es decir, a mayor exposición de éstas a la luz, la radicación solar influye de manera directa en el fotobiorreactor, hay un incremento de la energía lumínica, por ende, la rapidez de la fotosíntesis también aumenta. Durante este comportamiento, la eficiencia fotosintética siempre va a ser mayor que la tasa de crecimiento del cultivo observando que la curva de incremento de la población se comporta de manera exponencial, Sin embargo, a partir de cierto valor de energía incidente (E_k), el estímulo a cambios en la tasa de fotosíntesis es pequeño, que teóricamente es cuando se presenta la fotoinhibición, tal como se ilustra en la Figura 3.

Puede también evidenciarse como la constante E_k, que indica el valor de energía luminosa comienza a saturar el foto-sistema de la microalga y se aproxime cada vez a los valores de eficiencia fotosintética, alcanzando el punto de equilibrio o de crecimiento máximo cuando el valor de dichos parámetros sea igual. Dicho punto de equilibrio indica el límite donde se espera el cambio de fase o el cambio a fotoinhibición. Por lo tanto, es de esperarse que a valores donde la curva de crecimiento o energía presenta valores mayores a la eficiencia, se genere la inhibición de la fotosíntesis, corriendo el riesgo de causar daños o deterioro en el cultivo (Molina *et al.,* 1999).

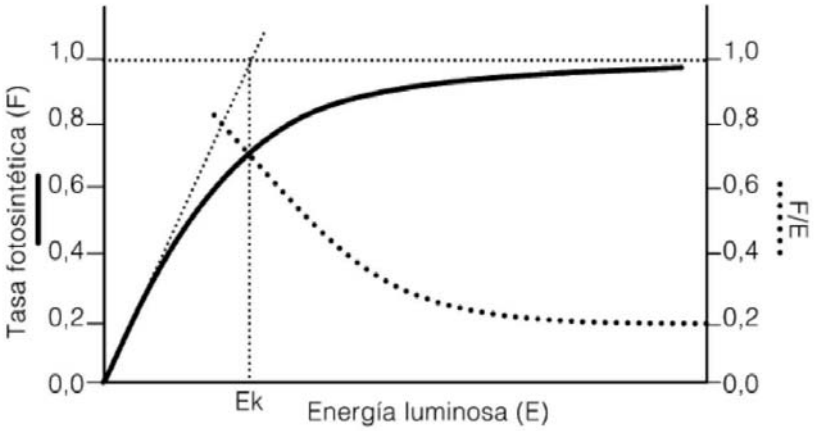

Figura 3. Efecto de la energía luminosa en la tasa y eficiencia fotosintética.
Fuente: Molina *et al.* (1999).

En la producción de biodiesel, en relación con el desempeño fotosintético de las algas, se espera que se obtenga una mejor retención o captación de CO_2 y grasas, logrando una producción mayor. En el departamento del Valle del Cauca, se analiza que la presencia de algas en sitios cálidos no necesariamente represente un desarrollo del cultivo de acuerdo con lo ilustrado en la Figura 3 debido a que se tienen que contemplar otros parámetros de entorno o ambiente que finalmente influyen sobre el crecimiento o desarrollo de éstas.

Según UPME & IDEAM (1993), tal como lo registran en el Atlas de Radiación Solar (Figura 4), la región Andina es la segunda región con mayores registros de radiación solar con un rango promedio entre 350 y 400 cal/cm^2/día. Si se establece una comparación con los registros de la región Caribe Colombiana (400 – 500 cal/cm^2/día) se analiza que se tendría una inhibición en el crecimiento de las algas y presentando inhibición en el desarrollo de éstas, llevando a una menor extracción de aceite para la producción de biodiesel (Colombo *et al.,* 2007). Este comportamiento se espera para algas terrestres, ya que en ésta región al igual que en la región Pacífica colombiana, existe una extensión considerable de algas marinas especialmente en lechos rocosos marinos, manglares, etc. (Dismukes *et al.,* 2008; León *et al.,* 2007) que pueden presentar un potencial productivo. Para la ciudad de Cali se presentan magnitudes de radiación solar entre 4.5 y 5 kWh/m^2; y gracias al registro multianual de radiación solar elaborado por CENICAÑA, se identificó el valor medio de la radiación solar desde 1997 es de 395 cal/cm^2.

Incidencia de las condiciones ambientales y climáticas del Valle del Cauca

La ciudad de Cali, ubicada en el departamento del Valle del Cauca tiene características climáticas variadas, siendo 25°C la temperatura promedio, para una altitud de 1000 msnm. La región del litoral Pacífico presenta precipitaciones que llegan a los 2000 mm al año, presentando un régimen de lluvias bimodal típico de esta región (CVC & UniValle, 2004). En relación con la temperatura promedio, se analiza que éste al ubicarse en una zona cálida y registrar un valor de temperatura promedio ligeramente mayor del rango óptimo para el crecimiento y desarrollo de algas, se observa que la distribución de lluvias durante el año conlleva a que las microalgas tengan un impacto en el crecimiento y desarrollo productivo del aceite.

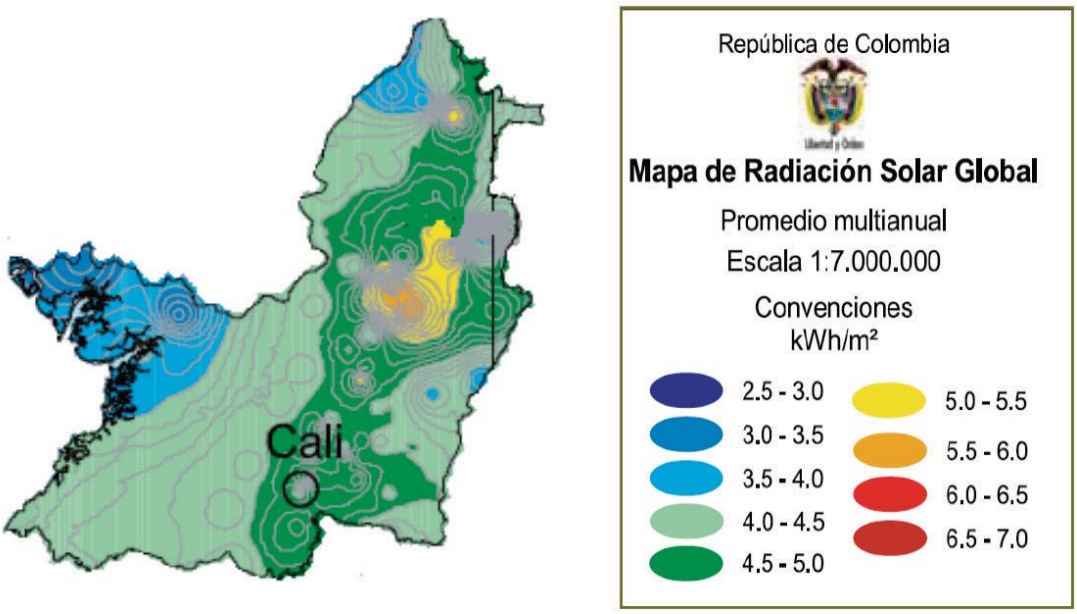

Figura 4. Mapa radiación solar global en el Valle del Cauca (KWh/m^2 día).

Fuente: IDEAM (1993).

Conjugando y relacionando las variables climáticas analizadas anteriormente, se define al departamento del Valle del Cauca como un área potencial para el cultivo de microalgas para producción de biodiesel. Además, desde el punto de vista de extensión, el cultivo de algas resulta atractivo dado su rendimiento o producción por hectárea respecto a cultivos como palma africana -comúnmente sembrado en Colombia para producción de biodiesel-, mitigando de manera considerable una confrontación entre la producción y oferta agrícola para garantizar la seguridad alimentaria y demanda de alimentos versus la producción agrícola para garantizar suficiencia y diversidad energética (FAO, 2007, 2008).

El departamento del Valle del Cauca se ve afectado por fenómenos climáticos tales como el NIÑO y la NIÑA. Para el primero, que se manifiesta en Colombia con periodos de sequía prolongados, se prevé un impacto directo en los cultivos de microalgas, ya que el aumento de intensidad de luz solar, radiación solar y temperatura generan condiciones óptimas para el desarrollo y funciones de las algas de una manera más rápida, el cual incide de manera directa en la producción de aceite para producción de biodiesel. El segundo fenómeno climático, el cual manifiesta un comportamiento contrario al primero, es de esperar reducciones en la producción de aceite y emplear mecanismos naturales y/o artificiales que permitan mitigar este efecto. Lógicamente, para respaldar este análisis, se deben efectuar estudios más profundos y enfáticos que analicen el comportamiento y la respuesta de las algas tanto en su desarrollo como en producción de aceite contemplando escenarios climáticos bajo periodos NIÑO y NIÑA, como en periodos donde no haya ocurrencia de éstos fenómenos.

Tipos de fotobiorreactores

Los fotobiorreactores son sistemas cerrados desarrollados para la producción de microalgas e impiden que el cultivo tenga contacto con el aire atmosférico. Se construyen de materiales transparentes como vidrio y policarbonato con el fin de permitir el paso de la radiación lumínica o artificial necesaria para los procesos fotosintéticos que se dan en su interior (Nielsen, 2008). Algunas de las ventajas que presentan son la posibilidad de producir cultivos con altas densidades de biomasa, mitiga la contaminación del medio por otros microorganismos, y se facilita el control de parámetros interiores tales como, pH, temperatura, nivel de oxígeno y porcentaje de nutrientes que son básicos en la producción del cultivo (Contreras *et al.,* 2003).

Entre los tipos de fotobiorreactores que han mostrado mayor desarrollo en los últimos años y que se vislumbran con grandes ventajas para la producción de ácidos grasos para la producción de biomasa en la industria de los biocombustibles se encuentran los fotobiorreactores tubulares, de placas y de columna de burbujas (Pulz, 2001).

1. Fotobiorreactores tubulares

Son los más adecuados para cultivos en exteriores bajo la acción de la radiación solar. Se compone de un colector solar, conformado por tubos rectos transparentes -de plástico o vidrio-, cuya su función es capturar la mayor cantidad de luz solar posible para el cultivo microalgal presente en su interior. Los tubos del colector solar son de diámetro pequeño, generalmente de 0.1 m o menos, debido a que la luz no alcanza a penetrar tan profundo en cultivos muy densos (Chisti, 2007). Este tipo de fotobiorreactor también contiene un tanque o columna de desgasificación que recibe la mezcla procedente de los colectores solares y en el que se inyecta aire y agua; una bomba que se encarga de impulsar la mezcla -por medio de sistema de aire comprimido- hacia los colectores solares y realizar la agitación mecánica -por medio de agitadores estáticos para proveer buenos niveles de mezcla y un óptimo aprovechamiento de la radiación solar-, y tuberías de distribución las cuales conectan todo el ciclo (Sobczuk *et al.,* 2006). El modo de activación del biorreactor es por medio de sistemas de alimentación continuo o batch alimentado (Benneman, 2009) mediante un ciclo en el cual desde el tanque desgasificación, la mezcla es bombeada hacia los colectores solares y regresando al punto inicial o tanque de dosificación (Figura 5).

Los diseños de estos fotobiorreactores pueden incluir el serpentín tubular organizado de manera horizontal, vertical, cónica, inclinada, entre otras. El colector solar es orientado de tal manera que se maximice la captura de luz solar. En un arreglo típico, los tubos son ubicados paralelos entre sí y planos sobre el suelo. Los tubos horizontales paralelos son algunas veces organizados como una valla con el fin de incrementar el número de tubos que pueden ser acomodados en un área determinada. Los tubos siempre son orientados Norte-Sur, y el suelo bajo el colector solar frecuentemente se pinta de color blanco para aumentar la reflectancia solar (Tredici, 1999). Las ventajas con base al registro de radiación solar e intensidad de luz que se da en el departamento del Valle del Cauca, el empleo en campo de este tipo de fotobiorreactor resulta adecuado, ya que los niveles de radiación solar permiten un aumento en la eficiencia fotosintética de las microalgas dada la gran área de exposición a la luz solar generando un mayor desarrollo de éstas, permitiendo así una mayor fijación de CO_2 y por lo tanto, una producción mayor y controlada de biomasa.

A su vez, la intensidad de luz solar la cual se comporta constante durante el año, descarta la necesidad de implementar otras alternativas de luminosidad artificial en la zona de los colectores solares. Sin embargo, algunas desventajas son la poca transferencia de masa, altos niveles de pH y oxígeno en la mezcla, el mantenimiento de los niveles de dióxido de carbono disueltos a lo largo de los tubos; las microalgas se encuentran limitadas por la disponibilidad luminosa dentro del cultivo – especialmente las que se acentúan en los tanques de gasificación-, además que algunas especies tienen sensibilidad a los esfuerzos cortantes que se presentan en los flujos turbulentos y que pueden generar daños en las paredes celulares de las microalgas (Contreras *et al.,* 1998; García Camacho *et al.,* 2007; Michels *et al.,* 2010). Igualmente, cuando se emplea a grandes escalas, se hace necesario un alto suministro de energía para su funcionamiento, resultando en costos de operación elevados.

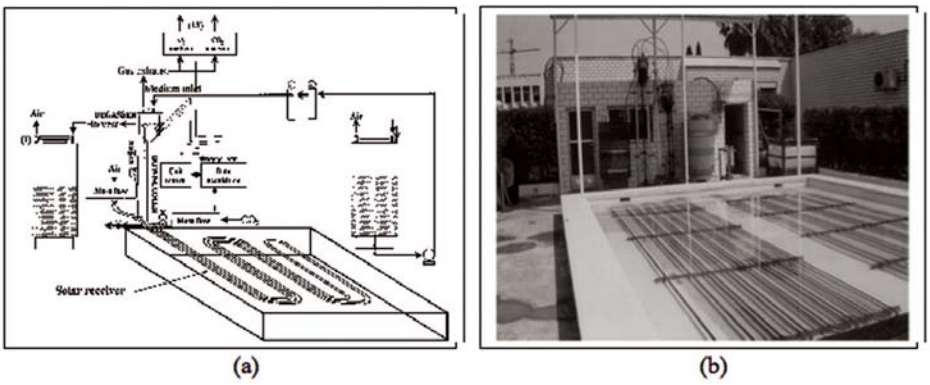

Figura 5. (a) Esquema y (b) Fotografía de un fotobiorreactor tubular.
Fuente: Molina *et al.,* (1999) y Rebolloso Fuentes *et al.,* (1998).

2. Fotobiorreactores de placas

Los fotobiorreactores de placas planas reúnen importantes requerimientos para a la producción de biomasa a partir de microalgas y cianobacterias, como un mayor aprovechamiento de la radiación lumínica solar, mayor área superficial expuestas a la luz, y además pueden ser orientados fácilmente de acuerdo la hora del día y su ubicación geográfica. La desgasificación del sistema también se facilita, ya que los gases que son obtenidos durante los procesos fisiológicos son extraídos por la parte superior de los paneles (Tredici *et al.,* 1991). Para la fabricación de estos dispositivos de cultivo, se utilizan placas planas verticales traslúcidas, que permiten la iluminación por ambos lados, y generalmente cuentan un sistema de agitación por aireación que a su vez remueve los excesos de oxígeno en el cultivo (Figura 6).

La principal ventaja de este tipo de fotobiorreactor radica en que éstos tienen una disponibilidad luminosa constante dentro del cultivo ya que dicho sistema no cuenta con tuberías de distribución ni tanque de gasificación (Doucha & Livansky, 1995). Las principales desventajas presentadas tomando en cuenta las condiciones ambientales y geográficas del departamento del Valle del Cauca presentadas en este tipo de fotobiorreactor, consisten la dificultad y complejidad para el control de parámetros, como el suministro de CO_2 y otros nutrientes, la temperatura uniforme en toda la geometría del panel, la circulación y agitación del cultivo y que no maneja grandes volúmenes, por lo tanto, su producción no puede ser a gran escala. Se debe contar con varios paneles para lograr cultivos masivos, lo cual aumenta los costos del sistema y la producción, pueden tener una mayor aflicción en el laboratorio que en la producción masificada a escala (Pulz *et al.,* 1995).

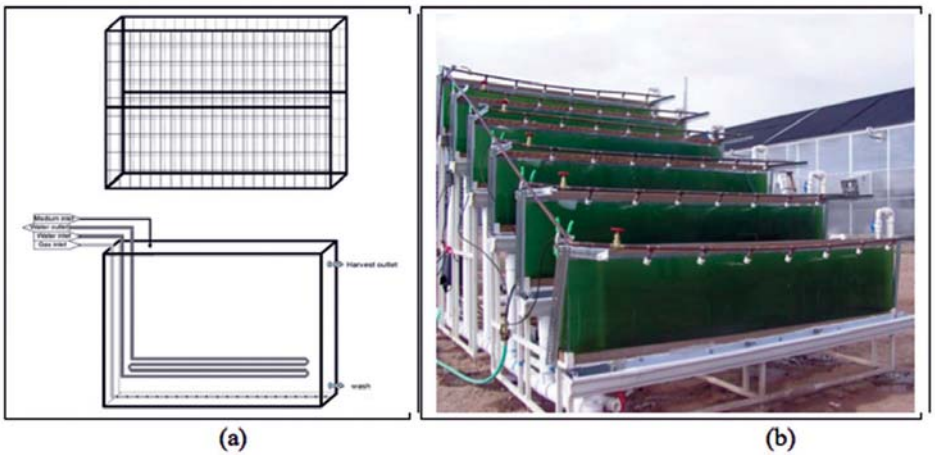

Figura 6 (a) Estructura y (b) Fotografía de un sistema de fotobiorreactores de placas planas.
Fuente: Rebolloso Fuentes *et al.,* (1998); Sierra *et al.,* (2007).

3. Fotobiorreactores de columna de burbujas

Los fotobiorreactores tipo columna de burbujas (Figura 7) se caracterizan por ser compactos -ocupan espacio en base y altura-, de bajo costo y fáciles de operar. Además, son muy prometedores para el cultivo de microalgas a gran escala (Sánchez *et al.,* 1999). Los fotobiorreactores de columna de aire con sistema de bombeo de aire comprimido pueden obtener una concentración final de biomasa y una tasa de crecimiento específico, muy similares a lo que se obtiene con los fotobiorreactores tubulares. Estos sistemas cuentan con varias ventajas, entre las que se encuentran la alta transferencia de masa, buena agitación con bajos esfuerzos cortantes obteniendo una buena aireación - mezcla, bajo consumo de energía, fácil limpieza y esterilización, adecuado control de la temperatura del medio de cultivo, y reducidas foto- inhibición y foto-oxidación. En relación con las condiciones ambientales del departamento del Valle de Cauca, éstos al situarse en forma vertical y su poca área superficial, se exponen de manera muy limitada a la intensidad de luz solar y recibe menor radiación solar respecto a otros tipos de fotobiorreactores, llevando a suplir dichas falencias con incorporación de intensidad de luz artificial haciendo más complejo la utilización de éstos. Por lo tanto, este tipo de fotobiorreactor es el menos recomendable para instalar en el Valle del Cauca respecto a los analizados anteriores, además que su construcción requiere materiales sofisticados. Dado que estas columnas requieren de una altura y un espesor determinado para controlar la inyección de aire, no es recomendable superar cierto volumen pues la velocidad del fluido aumentar y puede generar esfuerzos cortantes que pueden dañar la pared celular y matar las células (Richmond, 2000).

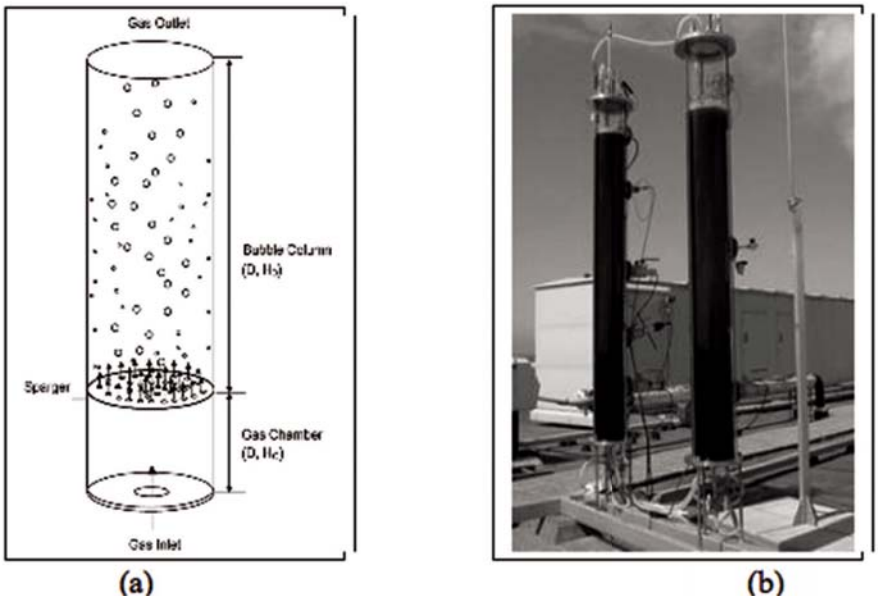

Figura 7. (a) Estructura y (b) fotografía de un sistema de fotobiorreactores de columna de Burbujas.

Fuente: Dhotre & Joshi (2006); Bioenergy Noe (2011).

Conclusiones

El biocombustible derivado de biomasa microalgal tiene un futuro muy prometedor, gracias a que es el único biocombustible que puede potencialmente desplazar a los combustibles líquidos derivados del petróleo. El creciente aumento en los precios de estos combustibles, las políticas gubernamentales de apoyo económico a energías renovables, mercados de carbono, bonos verdes y el uso de las microalgas en otros mercados como el farmacéutico, el cosmético, el alimenticio, el tratamiento de aguas residuales y la fijación de CO_2 podría hacer viable económicamente el uso de la tecnología de sistemas de cultivo microalgal. La posibilidad de establecer cultivos comerciales de microalgas en el departamento del Valle del Cauca puede tener un gran potencial a futuro debido a la gran disponibilidad de radiación durante todo el año y las adecuadas características climatológicas de la región. Además, por el hecho de pertenecer a un país en vía de desarrollo, tiene mayor disponibilidad de suelos para cultivos que los países desarrollados, los cuales presentan una mayor densidad poblacional.

En vista de la productividad mucho mayor que presentan los fotobiorreactores tubulares en comparación con otros sistemas de cultivo, los hace susceptibles de ser utilizados en la producción de gran parte de la biomasa de microalgas necesaria para la producción de biocombustible. Los fotobiorreactores proporcionan un ambiente controlado que se pueden adaptar a las demandas específicas de las microalgas de alta productividad para alcanzar una consistentemente buena producción de aceite. A pesar de los grandes desarrollos y estudios hechos en las últimas décadas en referencia al diseño e implementación de fotobiorreactores, se requiere aun mejorar la tecnología y adaptarla a las condiciones tropicales del Valle del Cauca y las cepas algales locales, ya que la mayoría de estudios y desarrollos se han hecho en países de diferentes latitudes con condiciones climáticas y niveles de radiación incomparables por su ubicación geográfica. Tratar de usar directamente estas tecnologías, ya desarrolladas, en nuestro país podría acarrear problemas de adaptación de los microorganismos, afectando su metabolismo, capacidad fotosintética y, por ende, el potencial de producción de biomasa.

Algunos de los factores a mejorar en el diseño de fotobiorreactores son maximizar el aprovechamiento de la radiación solar con base en los niveles de foto-inhibición permisibles según el tipo de alga, optimizar las capacidades volumétricas de los fotobiorreactores conservando altas concentraciones celulares, mejorar la transferencia de masa teniendo en cuenta todas las variables que afectan el metabolismo fotosintético, el desarrollo de materiales transparentes con poca fotosensibilidad de bajo costo, y el avance de dispositivos de bajo consumo energético que puedan abaratar los costos de construcción que permitan su explotación a nivel comercial.

Literatura citada

1. Anderson, DB. & Eakin, D.E. (1985). A process for the production of polysaccharides from microalgae. *Biotechnol Bioengn. Symp*. 15, 533-547.
2. Beer, L.; Boyd, E.; Peters, J. & Posewitz, M. (2009). Engineering algae for biohydrogen and biofuel production. *Current Opinion and Biotechnology, 20*: 264 – 271,
3. Benneman, J. (2009). Microalgae biofuels: A brief introduction. Recuperado de: *http://bit.ly/2gOAC1V*
4. Bioenergy Noe (2011). Biomass cultivation, handling and properties. Biofuels: photobioreactor. Recuperado de: *http://www.bioenergy-noe.com/?_id=232*
5. BP - British Petroleum (2009). BP Statistical review of world energy. BP Annual report. United Kingdom.
6. Brennan, L. & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae-a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable Sustainable Energy Review,* 14, 557–577.
7. Callahan, T.J. & Sharp, C.A. (2003). Evaluation of Methyl Soyate/Diesel Fuel Blends as a Fuel for Diesel Engines. Southwest Research Institute. Final Report to the American Biofuels Association, 1,149.
8. Campbell, N. (2008). Biodiesel: Algae as a renewable source for liquid fuel. *Guelph Engineering Journal,* 1, 2–7.
9. Canaki, M. & Sanli, H. (2008). Biodiesel production of various feedstocks and their effects on the fuel properties. *Journal of the industrial microbiology and biotechnology,* 35, 431 – 441.
10. Carvalho, A.P., Meireles, L.A. & Malcata, F.X. (2006) Microalgae reactors: a review of enclosed system designs and performances. *Biotechnological Programme*, 22, 1490–1506.
11. Chen, C.Y., Yeha, K.L., Aisyaha, R., Leec, D.J. & Chang, J.S. (2010). Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review. *Bioresource Technology,* 71-81.
12. Chinnasamy, S., Bhatnagar, A., Hunt, R.W. & Das, K.C. (2010). Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications. *Bioresources Technologies,* 101, 3097–3105.
13. Christi, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances,* 25, 294 – 306.
14. Christi, Y. (2007). Hydrocarbon recovery by extraction with a biocompatible solvent from free and immobilized cultures of Botryococcusbraunii. *Enzyme Microbioligy Technologies,* 11, 717.
15. Colombo, R.; Marín, O.; Irázabal, S. & Tezara, W. (2007). Relaciones hídricas, fotosíntesis y dos especies del género *calotropis. Revista Interciencia.* (32) 11, 791-796.
16. Contreras, A., Garcia, F., Molina, E. & Merchuk JC. (1998). Interaction between CO2-mass transfer, light availability, and hydrodynamic stress in the growth of phaeodactylumtricornutum in a concentric tube airlift photobioreactor. *Biotechnological Bioengineering,* 60, 317–325.
17. Contreras, C.; Peña, J.M.; Flores, L.B. & Cañizares, R.O. (2003). Avances en el diseño conceptual de fotobiorreactores para el cultivo de microalgas. *Interciencia, 2*8 (8), 450-456.
18. CORPODIB, Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia (2010). Estado del arte de las tecnologías de producción de biodiesel. Recuperado de: *www.corpodib.com/documentos/.../Biodiesel/Capitulo%207.p*
19. CVC, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) & Universidad del Valle. (2004). Identificación de parámetros críticos en el Río Cauca y sus principales ríos tributarios. Tramos Salvajina – La Virginia. Caracterización y modelación matemática del Río Cauca PMC – FASE II. Cali. Universidad del Valle.
20. Demirbas, A. & Demirbas, M. (2011). Importance of algae oil as a source of biodiesel. *Energy Conversion and Management,* 52, 163 – 170.
21. Dewulf, J. & Van Longenhove, H. (2006). Renewables based technology: Sustainable assement. JhonWilley and sons Ltd.
22. Dhotre, M.T. & Joshi, J.B. (2006). Design of a gas distributor: Three-dimensional CFD simulation of a coupled system consisting of a gas chamber and a bubble column. Institute of Chemical Technology, University of Mumbai, Matunga, Mumbai 400019, India.
23. Dismukes G.C.; Carneri, D.; Bennette, N.; Ananyev, G.M. & Posewitch, M.C. (2008). Aquatic phototrops: Efficient alternatives to land-based crops for biofuels. *Current Opinion Biochtenology,* 19, 235–240.
24. Doucha, J. & Livansky, K. (1995). Novel outdoor thin-layer high-density microalgal culture system: productivity and operational parameters. *Algol*. *Stud*, 76, 129–147.
25. Eriksen, N. (2008). The technology of microalgal culturing. *Biotechnology letters,* 30 (9), 125–136.
26. European Environmental Agency -EEA- (2009). Greenhouse gas emissions trends and projections in Europe 2009 tacking progress towards Kyoto targets. Environmental Report No. 9. Copenhagen, Denmark.

Recuperado de: *file:///C:/Users/estudiante/Downloads/GHG%20trends%20and%20projections%202009%20SUMMARY.pdf*

27. FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations (2000). The energy and agriculture nexus. Environmental and natural resources working. Recuperado de: *http://www.fao.org/docrep/003/x8054e/x8054e00.htm*

28. FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations (2007). Sustainable bioenergy: a framework for decision makers. United Nations Energy. Rome, Italy. Recuperado de: *http://www.fao.org/docrep/010/a1094e/a1094e00.htm*

29. FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations (2008). The state of food and agriculture. New York, USA. Recuperado de: *http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm*

30. García, F.; Gallardo, J.; Sánchez, A.; Cerón, M.C.; Belarbi, E.H. & Chisti, Y. (2007). Biochtecnological significance of toxic marine dinoflagellates. *Biotechnology advances,* 25, 176–194.

31. García Camacho, F.; Gallardo Rodríguez, J.J.; Sánchez Mirón, A.; Cerón García M.C.; Belarbi, E.H. & Molina Grima, E. (2007). Determination of shear stress thresholds in toxic dinoflagellates cultured in shaken flasks, Implications in bioprocess engineering. *Processing Biochemical.* (42), 1506–1515.

32. Gilbert, R. & Perl, A. (2008). Transport revolutions: Moving people and freight whitout oil. Earthscan.

33. Gravilescu, N. & Chisti, Y. (2005). Biotechnology: A sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnologies advances,* 23, 471- 499.

34. Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M. & Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances. *Plant Journal,* 54, 621–639.

35. IDEAM, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente (2011). Mapas de disponibilidad hídrica. Recuperado de: *http://bit.ly/2tuZRfq*

36. IICA, Instituto Iberoamericano de Integración para la Agricultura (2008). Situación Petrolera Mundial y producción de Biocombustibles. Informe Técnico. San José, Costa Rica.

37. IICA, Instituto Iberoamericano de Integración para la Agricultura (2010). Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II biodiesel. Programa hemisférico en agroenergía y biocombustibles. Informe Técnico. San José, Costa Rica. Recuperado de: *http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan045305.pdf*

38. IPCC, Intergovernmental Panel on Climatic Change (2001). Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Report of working group II of the IPCC. Cambridge, United Kingdom.

39. IPCC, Intergovernmental Panel on Climatic Change (2007). Climate Change 2007, the physical science basis. Contribution of working Group I to the fourth assesment report of the IPCC. Cambridge University Press. Reino Unido. Recuperado de: *http://www.ipcc.ch/ipcreports.yar4wg1.htm*

40. Jansen, M.; Tramper, J.; Mur L.R.; Hervé, A. & Durand, P. (2003). Enclosed outdoor photobiorreactors: Light regime, photosynthetic efficiency, scale-up and futures prospects. *Biotechnology and bioengineering,* 81 (2), 193 -210.

41. Kwong, T.A. (2001). Ethanol as a lead replacement: phasing out leaded gasoline in Africa. *Energy Policy,* 29 (13), 1133-1143. *https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00041-6*

42. Laherrere, J. (2005). Forescasting production from discovery. ASPO.

43. León, R.; Pardo, C. & Trespalacios, A. (2007). Evaluación y utilización potencial de algas marinas del Caribe y pacífico de Colombia: Estado actual de su conocimiento. *Revista Biosalud,* 6, 113-129.

44. Li, Y.; Wang B.; Wu N. & Lan, C.Q. (2008). Effects of nitrogen sources on cell growth and lipid production of *Neochlorisoleoabundans. Applied Microbiology and Biotechnology,* (81) 4, 629 – 636.

45. Loera-Quezada, M.M. & Olguín, E.J. (2010). Las microalgas oleaginosas como fuente de biodiesel: Retos y oportunidades. *RevLatinoamBiotecnolAmbAlgal,* 1(1), 91-116.

46. MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2006). Estrategia de desarrollo de biocombustibles: Implicaciones para el sector agropecuario. Colombia. 21 p.

47. Matta T.; Martins A. & Caetano N. (2010). Microalgae for biodiesel production and other application: A review. *Renewable and sustainable Energy Reviews,* 14, 217-232

48. Meeting, F.B. (1996). Biodiversity and application of microalgae. *Journal of industrial microbiology,* 17(5), 477–489.

49. Michels H. A.; Van der Goot A.J.; Norsker N. & Wijffels R.H. (2010). Effects of shear stress on the microalgae *Chaetocerosmuelleri. Bioprocess Ingeneering Biosystems,* 33 (8), 921-927. *https://doi.org/10.1007/s00449-010-0415-9*

50. Molina Grima E.; Acién, F.; García, F. & Chisti, Y. (1999). Photobioreactors: Light regime, mass transfer and scale up. *Journal Biotechnology,* 70, 231-247.

51. Molina Grima, E. & Fernandez, F.G. (2001) Photobioreactors: light regime, mass transfer, and scaleup. *Journal of Biotechnology,* 70, *231-247.*

52. Neenan, B.; Feinberg, D.; Mcintosh, K. & Terry, A. (1996). Fuels from microalgae: Technology status, potential, and research requirements. *Report, Solar Energy Research Institute. Golden, Colorado. SERI/SP,* 231 (2), 150-158.

53. Nelson, J. (2002). An investigation of the availability of carbon dioxide for the production of microalgae lipids in the southwest. Report to the Argonne National Laboratory, 117 p.

54. Nielsen, D.C. (2008). Oilseed productivity under varying water availability. In: Proceedings of 20th annual central plains irrigation conference and exposition, pp. 30–33.

55. Ormerod, W.G.; Freund P.; Smith, A. & Davinson, J. (2002). Iea Greenhouse gas. R&D Programme.UK: International Agency.

56. Póveda, G.; Gil, M. & Quiceno, N. (1998). El ciclo anual de la hidrología de Colombia en relación con el ENSO y la NAO. *Bulletin Istitute Francaise d´ étudeandines,* 27 (3), 721-731.

57. Pulz, O.; Gerbsch, N. & Bacholz, R. (1995). Light energy supply in plate-type and light diffusing optical fiber bioreactors, *J. Appl. Phycol, 7,* 145–149.

58. Pulz, O. (2001). Photobioreactors: production systems for phototrophic microorganisms. *Appl Microbiol Biotechnol,* 57, 287–293.

59. Rebolloso Fuentes, M.M.; García Sánchez, J.L.; Fernández Sevilla, J.M.; Acién Fernández, F.G.; Sánchez Pérez, J.A. & Molina Grima, E. (1998). Outdoor continuous culture of Porphyridiumcruentumin a tubular photobioreactor: quantitative analysis of the daily cyclic variation of culture parameters. Departamento de Ingeniería Química, Uni6ersidad de Almería, E-04071 Almería, España.

60. Richmond, A. (2000). Microalgal biotechnology at the turn of the millennium: a personal view. *Journal Applications Phycology,* 12, 441-451.

61. Richmond, A. (2004). Handbook of microalgal cultures: Biotechnology and applied phycology. Blackwell Science Ltd.

62. Roessler, P.G.; Brown, L.M.; Dunahay, T.G.; Heacox, D.A.; Jarvis, E.E. & Scheneider, J.C. (1994). Genectic engineering approaches for enhanced production of biodiesel fuel from microalgae. *ACS Sympser,* 1, 255 – 270.

63. Sánchez A.; Contreras, A., García, F., Molina, E. & Chisti, Y. (1999). Comparative evaluation of compact photobioreactors for large-scale monoculture of microalgae. *J. Biotechnol, 70,* 249–270.

64. Scarlat, N.; Dallemand, J.F. & Pinilla, F.G. (2008). Impact on agricultural land resources of biofuels production and use in the European Union: Bioenergy, changes and opportunities. Internacional Conference and exhibition on Bioenergy. Germnay.

65. Schenk, P.M.; Thomas-Hall, S.R.; Stephens, E.; Marx, U.C.; Mussgnug, J.H.; Posten, C.; Kruse, O. & Hankamer, B. (2008). Second-generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production. *Bioenergy Resources*, 1, 20–43.

66. Sheehan, J.; Dunahay, T.; Benemann, J. & Roessler, P. (1998). A look back at the U.S. Department of Energy's aquatic species program: biodiesel from algae. USA National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-580-24190.

67. Sierra, E.; Acién, F.G.; Fernández, J.M.; García, J.L.; González, C.; Molina, E. (2007). Characterization of a flat plate photobioreactor for the production of microalgae. Department of Chemical Engineering, University of Almería, E-04071, España.

68. Singh, A.; Singh, P. & Murphy, J. (2010). Renewable fuels from algae: An answer to debatable land based fuels. *Bioresource Technology,* 102, 10-16.

69. Sobczuk, T.M., Camacho, F.G., Grima, E.M. & Chisti, Y. (2006). Effects of agitation on the microalgae Phaeodactylum tricornutum and Porphyridium cruentum. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 28, 243–250.

70. Spolaore, P.; Joannis, C.; Duran, E. & Isambert, A. (2006). Commercial Applications of Microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering,* 101 (2), 87–96.

71. Tredici, M.R.; Carlozzi, P.; Chini, G. & Materassi, R. (1991). A vertical alveolar panel for outdoor mass cultivation of microalgae and cyanobacteria, *Biores.Technol.* 38, 153–159.

72. Tredici, M.R. (1999). Bioreactors, photo. In Encyclopedia of Bioprocess Technology: Fermentation, Biocatalysis and Bioseparation (Vol. 1) (Flickinger, M.C. and Drew, S.W., eds). In pp. 395–419, Wiley.

73. Ugwu, C.U.; Aoyagi, H. & Uchiyama, H. (2008). Photobioreactors for mass cultivation of algae. *Bioresource Technology,* 99, (10), 4021-4028.

74. UPME, Unidad de Planeación Minero Energética del Ministerio de Minas y Energía -UPME- & IDEAM, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente (1993). Atlas de radiación solar de Colombia. Colombia. Recuperado de: *http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21129/.../2a207e33-fe43-4aa3-930d-70ba60b10d57*

75. Urgate, D.G.; Walsh, M.E.; Shapouri, H. & Slinky, P. (2003). The economical impacts of bioenergy crop production in the US agriculture. *USDA Agricultural Economic Report, 816, (*41).

76. Weissman, J.C. & Goebel, R.P. (1987). Design and analysis of microalgal open pond systems for the purpose of producing fuels: a subcontract report. US Doeseri. USA. Recuperado de: *https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/2840.pdf*

77. Yuan, J.S., Tiller, K.H., Al-Ahmad, H., Stewart, N.R. & Stewart, C.N. Jr (2008). Plants to power: bioenergy to fuel the future. *Trends Plant Science,* 13, 421-429.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 17 de 2017
Aceptado: Mayo 02 de 2017

Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia

Exploitation of agroindustrial waste in Colombia

Exploração de resíduos agroindustriais na Colômbia

Laura Victoria Peñaranda Gonzalez[1], Sandra Patricia Montenegro Gómez[2] & Paula Andrea Giraldo Abad[3]

[1]Bióloga, Magister en Ecología Molecular y Biotecnología; [2]Licenciada en Biología y Química, Especialista en manejo y conservación de suelos y aguas, Magister en Ciencias Agrarias, énfasis Suelos, Doctora en Ciencias área de concentración Microbiología Agrícola; [3]Ingeniera de Alimentos, Magister en Química énfasis Química Analítica e Instrumental.

[1]Grupo de Investigación en Ciencias Agropecuarias –Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro Atención Sector Agropecuario Regional Risaralda. Pereira, Risaralda. [2] Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología-CIAB. Dosquebradas. Dosquebradas, Risaralda, Colombia. [3]Grupo de Investigación en Ciencias Agropecuarias –Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro Atención Sector Agropecuario Regional Risaralda. Pereira, Risaralda, Colombia.

[1]lvpenaranda9@misena.edu.co, [2]sandra.montenegro@unad.edu.co, [3]paulagiraldo@gmail.com,

Resumen

En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación proyectó para el 2018, el 20% en aprovechamiento de residuos que van a los rellenos e incentivar el reciclaje, sin embargo no ha logrado superar el 17%, por lo tanto es prioritario incluir mecanismos de articulación del componente productivo y de investigación científica y tecnológica. En este artículo se relacionan importantes fuentes de residuos agroindustriales en Colombia, presentando algunas alternativas de subproductos en las que se aprovechan sus características y propiedades para obtener materiales que pueden ser utilizados en otros procesos como la industria de la construcción, biocombustibles, productos farmacéuticos, cosméticos y nutricionales; es el caso del glicerol, residuos de papa y café tanto de cultivo como procesados, arroz y caña de azúcar en el grupo de las gramíneas, y residuos de frutas y verduras. Se concluye que Colombia debe implementar el desarrollo de diversos procesos y/o productos que sean competitivos y cumplan con las respectivas normas de calidad para incursionar en los mercados del mundo.

Palabras clave: residuos agroindustriales, impacto ambiental, aprovechamiento, valor agregado

Abstract

In Colombia, the National Planning Department projected for the 2018, 20% in the use of wastes that go to landfills and encourage recycling, however has failed to exceed 17%, therefore it is a priority to include mechanisms of articulation of production and scientific and technological research component. In this article, important sources of agro-industrial waste are related in Colombia, presenting some alternatives of by-products in which they take advantage of their characteristics and properties to obtain materials that can be used in other Processes such as the construction industry, biofuels, pharmaceuticals, cosmetics and nutritional products; This is the case of glycerol, potato and coffee residues of both cultivation and processing, rice and sugarcane in the group of grasses and residues of fruits and vegetables. It is concluded that Colombia must implement the development of various processes and/or products that are

competitive and comply with the respective quality standards to enter the world's markets.

Key-words: agro-industrial waste, environmental impact, use, added value

Resumo

Na Colômbia, o Departamento de Planejamento Nacional projetou 20% no uso de resíduos que vão para os aterros sanitários e incentivam a reciclagem, mas não conseguiu exceder 17%, por isso é uma prioridade incluir componente produtivo e pesquisa científica e tecnológica. Este artigo lista fontes importantes de resíduos agroindustriais na Colômbia, apresentando algumas alternativas de subproduto nas quais suas características e propriedades são usadas para obter materiais que podem ser usados em outros processos, como indústria de construção, biocombustíveis, produtos farmacêuticos, cosméticos e nutricional; é o caso dos resíduos de glicerol, batata e café, ambos cultivados e processados, arroz e cana-de-açúcar no grupo de gramíneas e resíduos de frutas e vegetais. Conclui-se que a Colômbia deve implementar o desenvolvimento de vários processos e / ou produtos que são competitivos e que cumprem os respectivos padrões de qualidade para entrar nos mercados mundiais.

Palavras chave: resíduos agroindustriais, impacto ambiental, exploração, valor agregado

Introducción

La agroindustria, se puede definir como la actividad económica que combina la producción agrícola con la industrial para desarrollar productos alimenticios o materias primas que son destinadas a la producción (González, 2013). Actualmente, la agroindustria es reconocida no solo por su producción e impacto económico mundial, sino también por los procesos que se implementan para disminuir el impacto ambiental que generan sus residuos; por tanto, su permanencia y oportunidades en el mercado no dependen solamente de reglamentaciones sujetas a sanciones sino también de su relación con el medio ambiente. Dentro de esta relación medioambiental, la agroindustria debe considerar que durante los procesos previos a la producción, manejo, procesamiento y comercialización, se generan subproductos o residuos que conllevan serios problemas asociados a su disposición final (Cury *et al.*, 2017).

Se estima que a nivel mundial se desecha hasta una tercera parte de los alimentos para el consumo humano, generándose residuos desde el cultivo de la materia prima hasta su comercialización. En los últimos años, ha aumentado el interés en el aprovechamiento de residuos en diferentes ámbitos debido al bajo costo, a su alta disponibilidad, y a la necesidad de reducir el impacto ambiental causado. En este sentido, se han realizado estudios enfocados al desarrollo de nuevas tecnologías que utilicen los residuos o subproductos generados para la producción de materias o sustancias con un valor agregado; y considerando la diversidad de residuos generados, hay una gran variedad en cuanto a su composición y a la tecnología o método de aprovechamiento que se puede emplear (Casas & Sandoval, 2014; Cabrera, 2016).

La generación de residuos depende principalmente de la posición en la que se encuentra cada país con respecto al ingreso promedio, al producto interno bruto y al consumo de la población, ya que estos influyen en la cantidad y al tipo de consumo. En países como Colombia, Ecuador, Paraguay, India, México y Panamá, se generan residuos principalmente de la actividad agrícola, debido a una alta actividad económica en torno a este sector. En el caso de Colombia, en procesamiento de productos como: café, palma de aceite, caña de azúcar y panelera, maíz, arroz, banano y plátano se obtiene una producción de 14.974.807 t/año y se producen alrededor de 71.943.813 t/año de residuos que en la gran mayoría de los casos son incinerados o llevados a rellenos sanitarios (Escalante *et al.*, 2010; Corpoerma, 2012; Chávez, 2016).

En este documento se relacionan importantes fuentes de residuos agroindustriales en Colombia y el manejo que se les ha dado, presentando alternativas en las que se aprovechan las características y propiedades de los residuos para obtener materiales que pueden ser utilizados en otros procesos. Las estrategias planteadas ofrecen un panorama amplio para reducir el impacto ambiental que el sector agroindustrial genera por la naturaleza de su actividad.

Aprovechamiento de residuos agroindustriales

El desarrollo industrial conlleva al incremento en generación de residuos los cuales se han convertido en una problemática tanto ambiental como económica para las empresas ya que éstas se deben responsabilizar de los altos costos que genera su disposición final (Yepes *et. al,* 2008). Actualmente, la industria busca nuevos procesos de producción que sean más eficientes y que generen bajo impacto en el medio ambiente. Dentro de estos nuevos procesos se ha encontrado la necesidad de disminuir la explotación de los recursos naturales aprovechando los residuos generados en la industria (Salamanca, 2012). Del mismo modo, el aprovechamiento de estos residuos o subproductos, no solo contribuye a disminuir la explotación de recursos sino también la contaminación y degradación del ecosistema, evitando una disposición final inadecuada como es el caso de las quemas, el uso en rellenos sanitarios o el vertimiento a fuentes hídricas (Motato *et al.,* 2006).

Las centrales de abasto en Colombia y la agroindustria alimentaria, en la etapa de procesamiento además de permitir la obtención del producto requerido, generan una gran cantidad de subproductos o residuos que presentan un impacto relevante en el ambiente por su alto contenido de materia orgánica (González, 2013). Colombia por su gran biodiversidad cuenta con un importante potencial para generar productos con valor agregado que permitan registrar nuevos ingresos y alcanzar desarrollos biotecnológicos significativos para el país (Melgarejo; 2003; Castro, 2014). Por esto, se han realizado diversas investigaciones a nivel nacional con base en el aprovechamiento y la recuperación de los residuos agroindustriales. Estos residuos, dependiendo de su procedencia y de su composición pueden ser reutilizados para generar productos para el consumo humano y animal, producción de energías renovables, obtención de biocombustibles y algunos productos químicos, así como recuperadores de la tierra o abonos (Yepes *et al.*, 2008). A continuación se relacionan algunas importantes fuentes de residuos agroindustriales en Colombia, presentando alternativas de subproductos en las que se aprovechan sus características y propiedades para obtener materiales que pueden ser utilizados en diversos procesos.

Glicerol: En la industria del biodiesel como alternativa energética, las grasas animales o aceites vegetales sufren un proceso químico conocido como transesterificación que permite la obtención de esteres metilados y glicerol, estos últimos constituye el 10% de producto secundario en relación a la materia prima. El glicerol obtenido presenta inconvenientes para su empleo debido no solo a la elevada producción, considerando una generación aproximada de 70 millones de galones anuales (Mayorga & Mejía, 2012); sino también a su grado de pureza y calidad, lo cual limita su utilización en ciertas aplicaciones relacionadas con alimentos y fármacos (Hernández *et al.*, 2014). Existe cierta inclinación a usar este subproducto en la generación de bioenergía, como en el caso del hidrógeno, biogás, bioetanol, entre otras (Hernández *et al.*, 2015). En la generación de Bioetanol, se ha encontrado que la glicerina es una alternativa viable en contraste con el maíz y la caña de azúcar, porque este requiere menores costos en su procesamiento, genera menores emisiones de gases invernadero en su producción y contiene baja toxicidad al emplear levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (Hernández *et al.*, 2014; Valencia & Cardona, 2013; Hernández *et al.*, 2015).

Se ha estudiado también la posibilidad de transformar el glicerol en 1,3-propanodiol (1,3-PD), sustancia de múltiples aplicaciones industriales tales como la elaboración de desinfectantes, resinas, limpiadores, cosméticos, películas, adhesivos, detergentes y principalmente en la producción de polímetros por ruta de policondensación como en el caso de poliésteres, poliéteres, polietilenos y poliuretanos, donde se destaca el tereptalato de politrimetileno

PTT con propiedades de biodegradación, estabilidad en luz U.V, entre otras. Para su obtención se han estudiado cepas como: *Klebsiella pneumoniae, Critrobacter freudii* se alcanza concentración no mayores de 19 g/L de 1,3-PD, *Clostridium spp* en medio no continuo se tiene rendimiento de 68 % y por encima del 23 g/L de 1,3-PD, *Lactobacillus diolivorans* alimentada con B12, glucosa y glicerol se obtiene 84,5 g/L en 1,3-PD), entre otros. No obstante, en medios específicos se recomienda explorar más la eficiencia de las variables como la constitución y concentración de materias primas, sustratos, rapidez de reacción y precio de operación (Mayorga & Mejía, 2012; Hernández *et al.*, 2015).

Siguiendo la línea de los biopolímeros, otra alternativa es la producción de polihidroxibutirato PHB, termoplástico apto para sustituir plásticos sintéticos derivados del petróleo, debido a sus capacidad biocompatible, no tóxica y biodegradable. El glicerol por su alta producción industrial (51.600 t/año) representa un sustrato económico y de gran disposición que en el futuro proporcionaría una disminución considerable en el costo energético y de factibilidad técnica en la obtención de plásticos (Naranjo, 2010).

Un método de extracción del termoplástico consiste en la preparación de la materia prima, fermentación con *Bacillum megaterium* la cual presenta rendimientos similares a la glucosa, fermentación entre 30 y 40 horas, seguido de la liberación del PHB por vía digestiva y purificación con lavado y destilación (Naranjo, 2010; Valencia & Cardona, 2013). En última instancia, el glicerol crudo puede emplearse como componente de fertilizantes nitrogenados que a partir de la glicerina promueven la actividad microbiológica y se minimiza la pérdida de nitrógeno en forma de NO_2 y lixiviación de los nitratos a corrientes subterráneas. Dicha alternativa representa una ruta de interés tanto ambiental como económico debido a su bajo costo de producción. Sin embargo, las formulaciones presentes tienen ciertas limitaciones debido a la confidencia de las manufactureras y los derechos reservados de las patentes (Hernández *et al.*, 2015) y su aplicación en el campo industrial es aun novedoso y objeto de investigación.

Residuos vegetales de cosecha y procesados

Residuos de papa en la obtención de hojuelas fritas: En el proceso de industrialización de la papa para la obtención de hojuelas fritas, es común encontrar residuos sólidos y líquidos sin el tratamiento adecuado para su disposición final o aprovechamiento de componentes de interés. Es el caso del almidón remanente, el cual se encuentra en porcentajes entre el 15,56 - 17,76 % y puede ser extraído para la obtención de harina a partir de un tratamiento térmico con altas y bajas temperaturas coadyuvadas con sosa cáustica que permiten el aglomeramiento del almidón, el cual posteriormente será secado en horno y sometido a molienda. Tanto de la papa cruda como de la papa cocida, es posible obtener dos tipos de harina. La que se obtiene de la papa cocida presenta mayor facilidad de mezclado con cereales y es más digestible en productos de alimentación animal, particularmente en cerdos y gallinas (Prada, 2012).

Residuos de café: El café es considerado uno de los productos más importantes a nivel mundial, teniendo en cuenta que cerca de 80 países de Latinoamérica, Asia y África lo cultivan. Colombia, es el segundo productor mundial de café, siendo éste el cultivo nacional más relevante en el sector agrícola con un área sembrada de 948.000 ha (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2014). En la producción de café como bebida solo el 9,5% del peso del fruto es utilizado para su elaboración, quedando un 90,5% de residuos entre los que se destacan las hojas, ramas y tallos que se generan durante la renovación de los cafetales, frutos no adecuados para la producción de café, la pulpa del fruto que representa un 44% del peso del fruto seco y la borra que es el producto de la preparación de café a partir del café tostado y molido, representa el 10% del peso del fruto seco (Cury *et al.*, 2017; Rodríguez & Zambrano, 2010).

Se estima que para una producción de 942.327 t/año de café, se producen 2.008.192 t/año, 193.460 t/año y 2.849.596 t/año de residuos de pulpa, cisco y tallos respectivamente (Núñez, 2012), los cuales no son aprovechados en su totalidad. El Centro de Investigaciones de Café CENICAFÉ, ha realizado

estudios que permiten encontrar nuevos procesos y prácticas para el manejo de estos residuos. En dichas investigaciones, se propone como alternativa utilizar los residuos para la producción de biogás, biodiesel, bioetanol y como combustible directo. Estudios evidencian que los residuos generados por el café tienen una energía de 65.955 MJ; por lo tanto, la energía disponible por 1 ha/año es equivalente a la de 513 gal_{us} de gasolina -teniendo en cuenta que la gasolina tiene un poder calorífico de 34 MJ/L que equivalen a 128,69 gal_{us}-. En cuanto a la producción de etanol, se evidenció que a partir de la pulpa y el mucílago que se generan en 1 ha, se pueden obtener 102 L de etanol con una energía de 2.150 MJ equivalentes a 17 gal_{us} de gasolina (Rodríguez & Zambrano, 2010; García *et al.*, 2017).

Aunque la gran mayoría de los balances energéticos realizados en las investigaciones desarrolladas para cada subproducto del café, pulpa, mucílago, cisco, borra, tallo, ripios y café deteriorado, fueron negativos, debido a que la energía generada por éstos no es mayor a la de su producción, al tratarse de energía renovable presenta un elevado valor económico considerando la inestabilidad de los precios de los combustibles comunes (Rodríguez & Zambrano, 2010). Según una recopilación de información de la Secretaria de Agricultura del Meta y de la Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2006, se encontró que los residuos generados de la industrialización del café particularmente la pulpa y el mucílago, pueden ser empleados para la producción de hongos comestibles, ensilaje y lombricultura (Núñez, 2012) ampliando de ésta forma el panorama para su aprovechamiento.

Residuos de cultivo de gramíneas

Arroz (*Oryza sativa*): Los residuos generados del procesamiento del arroz, constituyen un valor aproximado al 20% de su producción mundial. Se estima que se generan aproximadamente 700.000.000 t/año de residuos, convirtiéndose en uno de los residuos mayoritarios de la producción agrícola en países que producen arroz (Molina *et al*., 2015). Debido a que la cantidad de subproductos del arroz es elevada e industrialmente son poco reutilizados, su aprovechamiento podría enfocarse en la obtención de etanol, la sustitución del uso de carbón para la producción de energía en las plantas de procesamiento, en la adecuación del suelo y como sustrato para los cultivos, o como para la obtención de sílice como material suplementario de cemento, entre otros (Núñez, 2012; Salazar *et al.*, 2015; Caro *et al.*, 2016).

En estudios realizados en el departamento del Meta, se estimó que para una producción de 2.463.689 t/año de arroz se generan alrededor de 5.789.669 t/año de residuos de tamo de arroz y 492.738 t/año de cascarilla de arroz, los cuales pueden tener un potencial energético si son reutilizados de 20.699,41 tJ/año y 7.136,53 tJ/año respectivamente (Núñez, 2012). Por otra parte, en la Guajira, se han realizado investigaciones en las que se emplean los residuos del arroz como aditivos en la elaboración de bloques de concreto no estructural; lo que permite disminuir el alto consumo energético y emisiones de gases producto de su elaboración. Los bloques fueron sometidos a pruebas mecánicas de tensión y compresión, para determinar su calidad según los requerimientos de las normas NTC 4076 y ASTM C129 las cuales establecen los procedimientos para evaluar la calidad de los bloques elaborados. En los análisis realizados, se detectó que los bloques construidos no cumplen con la norma NTC 4076; sin embargo, pueden ser empleados en construcciones livianas. Los bloques presentan un comportamiento aceptable en cuanto a resistencia, compresión y tensión a los 28 días de curado y los porcentajes adecuados para la elaboración son de 15%, siendo las cenizas de termoeléctricas el material más factible para ser usado como aditivo en la elaboración de bloques. En el caso de los bloques que contenían cascarilla de arroz, su mayor resistencia se obtuvo con un porcentaje del 10% y a los 28 días de curado; sin embargo, esta resistencia es menor en comparación con los bloques comerciales, razón por la cual no es factible elaborar bloques con adición de cascarilla de arroz (Molina *et al.*, 2015).

Caña de azúcar y caña panelera (*Saccharum officinarum*): La industria azucarera es una de las más representativas en Colombia con 15 ingenios ubicados en el Valle geográfico del rio Cauca, los cuales siembran alrededor de 232.070 ha de caña de

azúcar con una producción de 169,37 t/ha de caña. La caña de azúcar es utilizada mayoritariamente para la producción de azúcar y alcohol carburante. Durante el proceso de producción genera por tonelada de tallos 250 kg de bagazo, 30 kg de cachaza, 6 kg de cenizas, 45 kg de melaza; además, por cada L de alcohol producido, se genera hasta 15 L de vinaza (Cury *et al.*, 2017). Esto sin considerar que durante la cosecha se generan residuos de hojas verdes, hojas secas, cogollo y caña remanente que representan el 25% de la caña limpia, los cuales en su mayoría son dejados en el campo y quemados posteriormente, perdiéndose todo el potencial energético y económico de dichos residuos (Cardona *et al.*, 2005). Así mismo, los residuos de la caña pueden ser utilizados para la producción de etanol, compost, cobertura del suelo, tableros aglomerados, alimento para animales y la producción de pulpa y papel (Cardona *et al.*, 2005).

En los últimos años, se ha evidenciado una variante de transcendencia para los residuos de bagazo, consistente en la creación de bioetanol (Aristizábal *et al.*, 2015). Este biocombustible se destina principalmente a la mezcla con gasolina, combinación ampliamente utilizada en el país que reduce la dependencia del derivado del petróleo, además de oxigenar el combustible y reducir el nivel de contaminación causada por los gases de efecto invernadero (FedeBiocombustibles, 2017). De forma general, en la fabricación del bioetanol, el bagazo de caña de azúcar se trata con ácido diluido, posteriormente se eliminan las toxinas incluyendo ácido acético, furfural y compuestos fenólicos empleando *overliming* con cal; se continúa con la fermentación con *Zimmomonas mobilis* ZM4 (pZB5), para finalmente destilar y deshidratar a partir de tamices moleculares hasta alcanzar la concentración de 99, 5 % m/m (Valencia & Cardona, 2013; Sánchez *et al.*, 2010). En cuanto a la caña panelera, de ésta se generan alrededor de 44.789 t/año de residuos que de ser aprovechados tendrían un poder energético de 381,6 tJ/año. En el departamento del Meta, estos residuos están siendo utilizados para alimentación de cerdos, ganado y aves por su elevado contenido de azucares (Núñez, 2012).

Maíz (*Zea mays*): uno de los cultivos de ciclo corto más relevantes a nivel nacional ya que ocupa el 15% de área agrícola. Se siembran alrededor de 600.000 ha de maíz con una producción de 1.868.972 t/año, siendo Córdoba y Tolima las zonas de mayor producción (Secretaria de agricultura y desarrollo rural, Gobernación de Antioquia, 2015). En los cultivos de maíz, se genera una gran cantidad de materia orgánica la cual alrededor del 50% se cosecha en forma de grano y el porcentaje restante corresponde a residuos como la caña, hojas, tusa, panoja, capacho, entre otras. Según investigaciones realizadas en el departamento del Meta, con base en la información suministrada por la Secretaria de Agricultura del Meta y de la Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2006, para una producción de maíz de 1.368.996 t/año se generan alrededor de 1.728.642 t/año de rastrojo, 369.629 t/año de tusa y 288.858 t/año de capacho. Estos residuos pueden ser utilizados en diferentes procesos como en la obtención de fibra para alimentación animal y producción de etanol o para la cobertura del suelo con el fin de protegerlo de las condiciones ambientales ya implementado en el departamento del Meta (Núñez, 2012; Cardona *et al.*, 2005). Para la producción de etanol a partir de residuos de maíz, se tiene una eficiencia en procesos de molienda húmeda y molienda en seco superiores al 95% en la recuperación de etanol, con rendimientos de 419,4 L/t y 460,6 L/t de maíz para molienda en seco y 403,1 L/t de maíz para molienda en húmedo (Tamayo *et al.,* 2005).

Residuos de centrales de abasto

Las centrales de abasto generan un alto contenido de desechos orgánicos, que son destinados directamente a rellenos sanitarios lo que origina malos olores a causa de la descomposición y esto sin considerar los elevados costos de transporte (García & Gómez, 2016; Alzate *et al.*, 2017). En Corabastos S.A. ubicado en la ciudad de Bogotá, se generan en promedio 2.100 t mensuales de residuos, siendo las verduras el residuo de mayor producción (50%), seguido de las frutas (14%). Debido a ésta elevada generación de residuos, se realizó un estudio con el fin de obtener etanol a partir de los residuos generados en esta central de abastos, empleando para ello dos métodos de obtención: hidrolisis ácida y fermentación. De

esta investigación se concluyó que solamente con la hidrólisis ácida fue posible generar etanol de forma más eficiente, ya que se requiere menor tiempo que la obtención por fermentación, aunque la diferencia en cuanto al rendimiento no fue muy representativa (0,26%). En cuanto a la cantidad de etanol producido, se obtuvo una productividad de 47,5 L de etanol por tonelada de residuo. Teniendo en cuenta que en Corabastos diariamente se generan alrededor de 70 t diarias de residuos, se obtendrían 3.325 L de etanol diarios, lo que hace factible su producción permitiendo eliminar o disminuir el costo en el que se incurre para el manejo de los residuos (Fonseca & Maturana, 2010). A partir de caracterización, clasificación y acondicionamiento de residuos orgánicos de plaza de mercado en Manizales, Caldas, Cardona *et al.* (2004) lograron establecer condiciones de temperatura, pH y dosificación enzimática para transformar polisacáridos de los residuos, en azucares reductores y finalmente obtención etanol. A partir de los residuos también se obtuvo biogas y compost. Alzate *et al.* (2011) en un estudio realizado para obtención de sustancias bioactivas con capacidad antioxidante a partir del análisis ORAC Capacidad de absorción de radicales de oxígeno, en subproductos de la central de abastos de Medellín -Colombia generados entre 2013 y 2014, encontró la mayor presencia de estas sustancias en el pimiento, seguido por zanahoria, tomate, repollo y lechuga, indicando el potencial de estos subproductos como materias primas para el desarrollo de alimentos funcionales para el consumo humano y la alimentación animal.

Los anteriores resultados demuestran la posibilidad del uso de residuos vegetales de las centrales de abasto para conseguir un conjunto de compuestos de interés que contribuyen a amortiguar cada vez más el impacto medio ambiental de los residuos, los cuales comienzan a tener mayor vigilancia por parte de las autoridades competentes. Además, se pueden obtener beneficios económicos para los centros de comercialización de frutas y verduras.

Residuos de frutas mezcladas: En una valorización de residuos de frutas generados en Medellín y en el Valle de Aburrá, se encontró que se generan alrededor de 163 t/día de residuos, llevados a rellenos sanitarios ocasionando grandes costos a las industrias de donde provienen. Si las empresas participantes de la investigación realizaran la recuperación de los desechos a través de plantas de valorización, estas tendrían una capacidad de producción de alrededor de 375 t/mes. Se proponen entonces alternativas para aprovechar estos residuos, teniendo en cuenta análisis fisicoquímicos realizados a los residuos de las 12 empresas con las cuales se trabajó. 4 de estas empresas ya tienen implementado el uso de estos residuos como alimento para cerdos, lombricultura, compostaje y concentrado para animales (Yepes *et al.*, 2008).

Residuos de cítricos

Se estima que en la industria de cítricos mundial, se producen más de 120 millones t, de las cuales el 40% es utilizado para la extracción de menos de la mitad del peso del fruto como zumo, quedando como residuos la piel o cáscara, las semillas y la pulpa. La producción de estos residuos mundialmente se aproxima a los 20 millones de toneladas. En Colombia las industrias de cítricos tienen un desarrollo bajo comparado con otras industrias presentes en el territorio nacional, teniendo a la industria de zumos con la mayor participación. El cítrico más producido nacionalmente es la naranja con una producción de alrededor de 228.128 t/año, seguido de las mandarinas con 109.768 t/año (Aguilar *et al.*, 2012). Los cítricos tienen componentes muy similares y sus residuos están compuestos generalmente de agua, azúcares, pectina, fibra, ácidos orgánicos, aminoácidos, minerales, aceites esenciales, flavonoides y vitamina; los cuales si son recuperados de manera adecuada, brindarían valor agregado a la producción de estas frutas. Los residuos generados por el procesado de cítricos tienen potencialidad como materia prima para la elaboración de productos comerciales como pectina, fibra, aceites fijos y aceites esenciales de importancia. En estos últimos hay una gran atención en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria, en formulación de aromatizantes, productos de limpieza y saborizantes, entre otros. Para la obtención de sus aceites se emplea el epicarpio o capa externa de la fruta donde encuentran localizadas las glándulas portadoras de los metabolitos de interés (Londoño *et al.*, 2012; Duran *et al.*, 2017).

Naranja (*Citrus sinensis*): Rodríguez & Hanssen (2007) lograron extraer dextrano de la sacarosa de residuos de naranja. Este compuesto con diversos usos médicos es industrialmente obtenido a partir de sacarosa comercial y la cepa B-512F de *Leuconostoc mesenteroides.* En la determinación del peso del compuesto final, se obtuvo un valor de 1.336.954,567 Da (mol/g), el cual es similar al reportado en literatura que va entre 150.000 y 2.000.000, por lo que se concluyó que el dextrano obtenido es apto para su uso industrial.

Mandarina (*Citrus reticulata*): En cascara de los cítricos hay presencia de diversas sustancias asociadas a sus aceites, por ejemplo el limoneno al cual se atribuyen diversos usos industriales. Navarrete *et al.* (2010) obtuvieron un aceite con parámetros similares al quimiotipo de Limoneno /ϒ-terpineno que puede contener 4,4% Alfa-pineno, 11,2% (±) Beta-pineno, 70,8% Limoneno, 8,3% Gamna-terpineno, 0,9% terpinoleno, 2,3% Linalool, 1,1% Alfa-terpineol y 0,9 de acuerdo con la clasificación establecida por Lota *et al*., (2001).

Residuo de mango común (*Mangifera Indica L.*)**:** los desechos del despulpado de mango común (*Mangifera indica L*) constituyen una material apto para obtener metabolitos fermentables y posterior obtención de etanol de acuerdo a resultados obtenidos por Mejía *et al.* (2007) quienes también encontraron posibilidad de obtener otro tipo de productos por vía fermentativa, gracias al alto contenido de carbohidratos (15,44% en base seca) y 7,03 % de contenido proteico (en base seca) siendo así un material favorable en procesos de fermentación microbiana.

Residuos de banano y plátano (*Musa paradisiaca*)**:** Cuando el banano y/o plátano de exportación no alcanza las características requeridas, estos frutos son rechazados y posteriormente transformados en residuos cuyo destino final reutilizable corresponde principalmente a compostaje y alimentación animal, el resto irá para los rellenos sanitarios. Con el fin de aprovechar las características potenciales de estos productos, se han podido evaluar sus propiedades fisicoquímicas para producir compuestos de valor agregado (Gil *et al.*, 2011; Mazzeo *et al.*, 2010; Chávez *et al.*, 2017). El banano rechazado puede ser utilizado para producir harina de banano con cáscara, la cual es empleada en la producción de panes tajados con mezcla de harinas (Gil *et al.*, 2011). El producto elaborado presenta un plus en micronutrientes donde se resalta el yodo, la fibra y el hierro aportado por la materia prima que inciden en una alimentación saludable del consumidor y que se presenta como una alternativa viable que puede ser bien acogida por el mercado (Gil *et al.*, 2011; Gañán *et al.*, 2007). De forma análoga en la utilización del remanente de plátanos, se puede obtener harina de vástago o de raquis la cual presenta una fuente considerable de fibra (23,02%) lo que la hace un complemento importante para alimentos ricos en fibra, tanto para la alimentación animal como humana. Además de la harina, se puede extraer almidón y generación de papel (Mazzeo *et al.*, 2010). Motato *et al.* (2006) a partir del uso de los diferentes residuos producidos en la cosecha del plátano -tallo, hoja y fruto- como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus djamor*, demostró un buen contenido nutricional a partir del análisis bromatológico de los hongos, presentando alta cantidad de proteínas (38.5%) y baja cantidad de grasas (2.0).

Perspectivas de aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad de productos avícolas

En la búsqueda de residuos agroindustriales útiles en el proceso de elaboración de concentrado para gallinas, se requiere que estos presenten una elevada concentración de carotenoides; principalmente xantofilas amarillas -por ejemplo de la alfalfa- y rojas -por ejemplo las obtenidas del maíz y el sorgo, entre otros-, las cuales son extraídas principalmente de flores del género tagetes, como el caso de la patente No. 7381741 de la empresa BASF obtenida en el 2008. También a partir de residuos de crustáceos puede extraerse astaxantina -Patente No. 7241463 de 2007-, como pigmento alimentario. De otra parte el aprovechamiento de residuos vegetales provenientes de la industria agroalimentaria y que presentan un elevado contenido de carotenoides, pueden proyectarse para procesar pre-mezclas que sustituyan los colorantes artificiales de los concentrados para gallinas ponedoras (Alzate *et al.*, 2011).

Conclusiones

En comparación a países de la Unión Europea donde se aprovecha el 67% de los residuos generados. Colombia con el 17% aún tiene mucho camino por recorrer y aunque existe una voluntad gubernamental de acuerdo a la proyección del DNP en la cual se estima aumentar el aprovechamiento de residuos en Colombia, el cumplimiento de este propósito en residuos agroindustriales aún es incipiente; requiere articulación del sector productivo y de investigación científica y tecnológica, a partir de los residuos y/o subproductos agroindustriales, implementando el desarrollo de diversos procesos y/o productos que sean competitivos y cumplan con las respectivas normas de calidad para incursionar en el mercado.

Literatura citada

1. Aguilar, P., Escobar, M. & Pássaro, C. (2012). Cap. 1 Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas (pp.7-47). Ed: Corporación Universitaria Lasallista**.** Recuperado de: *http:///hdl.handle.net/10567/556*
2. Alzate, L., González, D., Hincapié, S., Cardona, B., Londoño, J. & Jiménez, C. (2017). The profile of bioactive substances in ten vegetable and fruit by-products from a food supply chain in Colombia. *Sustainable Production and Consumption*, 9, 37-43.
3. Alzate, L., Jiménez, C. & Londoño, J. (2011). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de producto avícolas. *Producción + Limpia,* 6 (1), 108-127.
4. Aristizábal, V., Gómez, A. & Cardona, C. (2015). Biorefineries based on coffee cut-stems and sugarcane bagasse: Furan-based compounds and alkanes as interesting products. *Bioresource Technology*, 196, 480-489.
5. Cabrera, E., León, V., Montano, A. & Dopico, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Centro Azúcar* 43, 27-35.
6. Cardona, C., Sánchez, Ó., Ramírez, J. & Alzate, L. (2004). Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista colombiana de biotecnología,* 6 (2), 78-89.
7. Caro, S., Vega, N., Husserl, J. & Alvarez, A. (2016). Studying the impact of biomodifiers produced from agroindustrial wastes on asphalt binders. *Construction and Building Materials,* 126, 369-380.
8. Casas, L. & Sandoval C. (2014). Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. R*evista digital universitaria,* 15 (12), 1-15.
9. Castro, Y. P. (2014). Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica, algunas experiencias de investigación en Colombia. UTADEO.
10. Chávez, A., Bello, L., Agama, E., Castellanos, F., Álvarez, C. & Pacheco, G. (2017). Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 240-246.
11. Chávez, Á. & Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad* 9 (2), 90-107.
12. Corpoema -Corporación EMA (2012). Informe final: Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas utilizando recursos renovables. 282 p.
13. Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R. & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista colombiana de ciencia animal* 9, 122-132.
14. Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2016). Rellenos sanitarios de 321 municipios colapsarán en cinco años, advierte el DNP. Recuperado de: *https://www.dnp.gov.co/Paginas/Rellenos-sanitarios-de-321-municipios-colapsarán-en-cinco-años,-advierte-el-DNP--.aspx*
15. Duran, R., Lúquez, L., Mejía, J., Pérez, L. & do Amaral, P. (2017). Production and characterization of films based on blends of chitosan from blue crab (Callinectes sapidus) waste and pectin from Orange (Citrus sinensis Osbeck) peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 676-683.
16. Escalante, J., Orduz, *et al.,* UPME, COLCIENCIAS, IDEAM, (2010). Atlas del potencial energético de la biomasa en Colombia. Universidad Industrial de Santander. 180 p.
17. FedeBiocombustibles (2017). Preguntas Frecuentes de los Biocombustibles. Recuperado de*: http://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-923.htm*
18. Federación Nacional de Cafeteros (2014). Ensayo sobre economía cafetera. Colombia 30 p.
19. Fonseca, E. & Maturana, G. (2010). Aprovechamiento de los residuos vegetales de una central de abastos para la obtención de etanol, *Épsilon* (14), 21-31.
20. Gañán, P., Zuluaga, R., Restrepo, A., Labidi, J. & Mondragon, I. (2007). Plantain fibre bundles isolated from Colombian agro-industrial residues. *Bioresource Technology*, 99 (3), 486-491.
21. García, A & Gómez J. (2016). Evaluación de la producción de biogás a partir de residuos vegetales obtenidos en la central de abastos de Bogotá mediante digestión anaerobia, (tesis de pregrado), Fundación Universidad de América.
22. Garcia, C., Peña, A., Betancourt, R. & Cardona, C. (2017). Energetic and environmental assessment of thermochemical and biochemical ways for producing energy from agricultural solid residues: Coffee Cut-Stems case, *Journal of Environmental Management. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.029*

23. Gil, M., Vélez, L., Millán, L., Acosta, M., Díez, A., Cardona, N., Rocha, L. & Villa, G. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación. *Producción + Limpia* 6 (1), 96-107.

24. González, D. (2013). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal, (tesis de Maestría) Corporación Universitaria Lasallista.

25. Hernández, J., Acevedo, J., Valdés, C. & Posso, F. (2015). Evaluación de rutas alternativas de aprovechamiento de la glicerina obtenida en la producción de biodiésel: una revisión, *Ingeniería y Desarrollo* 33(1), 127-148.

26. Hernández, M., Jorge, A., Acevedo, P. & Juan, C. (2014). Obtención de etanol a partir de glicerina: Una alternativa sostenible, Universidad de Santander-UDES Cúcuta.

27. Londoño, J., Sierra, J., Álvarez, R., Restrepo, A. & Pássaro, C. (2012). Aprovechamiento de los subproductos citrícolas, *Corporación Universitaria Lasallista*, 343-367.

28. Lota, ML., Serra, DL., Tomi, F., Casanova, J. (2001). Chemical variability of peel and leaf essential oils of 15 species of mandarins. Biochemical Systematics and Ecology, 29, 77-104.

29. Melgarejo, L. (2003). Bioprospección: Plan nacional y aproximación al estado actual en Colombia. *Acta Biológica Colombiana,* 8(2), 73-86. Recuperado de *https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26672*

30. Mayorga, M. & Mejía, W. (2012). Aprovechamiento integral del glicerol residual en la industria del biodiesel: caso 1,3-propanodiol (1,3-pd), *Tecciencia*, 80-93.

31. Mazzeo, M., León, L., Mejía, L., Guerrero, L. & Botero, J. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas, *Educación en Ingeniería* (9), 128-139.

32. Mejía, L., Martínez, H., Betancourt, J. & Castrillón, C. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la Obtención de azúcares fermentables, *Ingenieria y Ciencia* 3 (6), 41-62.

33. Molina, N., Fragozo, O. & Vizcaino, L. (2015). Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural, *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 25 (2), 99-116.

34. Montoya, M. I., Quintero, J. A., Sánchez, O. J. & Cardona, C. A. (2005). Evaluación económica del proceso de obtención de alcohol carburante a partir de caña de azúcar y maíz. *Revista Universidad EAFIT,* 41 (139), 76 -87.

35. Motato, K., Mejia, A. & Leon, Á. (2006). Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano (*musa paradisíaca*) y aserrín de abarco (*cariniana piriformes*) como sustratos para el cultivo del hongo pleurotus djamor, *Revista de la facultad de química farmacéutica* 13 (1), 24-29.

36. Naranjo, J. (2010). Producción de polihidroxibutirato a partir de residuos agroindustriales, (tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia.

37. Navarrete, C., Gil, J., Durango, D. & Garcia, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales, *Dyna* 77 (162), 85-92.

38. Núñez, D. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta, *Tecnura* 16 (34), 142-156.

39. Prada, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa, *EAN* (72), 182-192.

40. Rodríguez, N. & Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable, *Avances tecnicos Cenicafe* (393), 1-8.

41. Rodríguez, O. & Hanssen, H. (2007). Obtención de dextrano y fructosa, utilizando residuos agroindustriales con la cepa leuconostoc mesenteroides NRRL B512-F, *EIA* (7), 159-172.

42. Salamanca, S. (2012). Compostaje de residuos industriales en Colombia, *Tecnicaña* (28), 13-18.

43. Salazar, D., García, R. & Ortiz, O. (2015). Laboratory processing of Colombian rice husk for obtaining amorphous silica as concrete supplementary cementing material, *Construction and Building Materials,* 96, 65-75.

44. Sánchez, A., Gutiérrez A., Muñoz, J. & Rivera, C. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproducto agroindustriales lignocelulósicos, R*evista Tumbaga* 5, 61-91.

45. Secretaria de Agricultura y desarrollo Rural (2015). Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas, Gobernación de Antioquia.

46. Valencia, M. & Cardona, C. (2013). Evaluación ambiental para procesos que usan residuos de la industria de los biocombustibles como materias primas. *EIA* 10 (19), 103-110.

47. Yepes, S., Montoya, L. & Orozco, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá Colombia. *Facultad nacional de agronomía* 61(1), 4422-4431.

48. Yepes, S., Montoya, L. & Orozco, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Facultad nacional de agronomía* 61(1), 4422-4431.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Febrero 28 de 2017
Aceptado: Abril 17 de 2017

Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a)

Effect of the use of chitosan in the improvement of rice cultivation (*Oryza sativa* L. variety sd20a)

Efeito do uso de quitosano na melhoria da cultura do arroz (Oryza sativa L. variedade sd20a)

José Alejandro Molina Zerpa[1], Marinela Colina Rincón[2], Dianela Rincón[3] & José Alejandro Vargas Colina[4]

[1]Licenciado en Química, Magister en Ciencias Ambientales. [2]Ingeniero Químico, Magister en Ingeniería Ambiental, Doctor en Química Analítica Ambiental. [3]Licenciada en Química, Magister en Ingeniería Ambiental. [4]Ingeniero Electrónico

[1,2,3]Innovación Ambiental Quitosano. Zulia, Venezuela.
[2,4]Universidad del Zulia. Zulia,Venezuela.

[1]josealejandro.molina@gmail.com; [2]colinamarinela@gmail.com; [3]rincondianela@gmail.com; [4]josealejandro.vargas@gmail.com

Resumen

En la actualidad existen alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de los desechos de crustáceos y su conversión en productos de utilidad como lo son la quitina y su derivado el quitosano. En esta investigación, se utilizó gel de quitosano para aplicarlo a la variedad de arroz SD20 para mejorar su cultivo. El análisis mediante IR del quitosano utilizado mostró similitud con los espectros para cada una de las muestras, confirmando con estos resultados que la utilización de diferentes quitinas obtenidas por la desmineralización con HCl y H_3PO_4 no afectó la identidad del producto, pues se mantienen las bandas de los grupos funcionales más importantes, demostrándose así que las quitinas se transformaron en una nueva materia prima como el quitosano. Las plantas tratadas con quitosano presentaron alturas mayores, con incrementos de altura hasta de 16,57% en comparación al testigo. Además, produjo un incremento de la raíz de 52% para los 12 días de siembra en comparación con el testigo. Se observó en las plantas de arroz un color verde más intenso que en lote testigo, estos resultados se deben a la capacidad estimulante del quitosano, ya que actúa mejorando el enraizamiento y la producción de área foliar de la planta. Se encontró una diferencia de 1025 kg/ha, y un incremento en la cosecha de 16,21% con respecto al tratamiento sin quitosano. Se concluye que el cultivo de arroz, variedad SD20A, tuvo un desarrollo vegetativo mejor con el tratamiento con quitosano.

Palabras clave: desecho de crustáceo, quitina, rendimiento

Abstract

Currently there are technological alternatives for the use of shellfish waste and its conversion into useful products such as chitin and its derivative chitosan.

In this research, we used chitosan gel to apply it to the variety of rice SD20 to improve its cultivation. The analysis by IR of the chitosan used showed similarity with the spectra for each of the samples, confirming with these results that the use of different chitins obtained by demineralization with HCl and H_3PO_4 did not affect the identity of the Product, as the bands of the most important functional groups are kept, demonstrating so that the chitins transformed into a new raw material like the chitosan. The plants treated with chitosan showed higher heights, with height increases of up to 16.57% compared to the control. In addition, it produced an increase of the root of 52% for the 12 days of sowing compared with the control. It was observed in the rice plants a green color more intense than in witness lot, these results are due to the stimulating capacity of the chitosan, as it acts improving the rooting and the production of foliar area of the plant. We found a difference of 1025 kg/ha, and an increase in the harvest of 16.21% with respect to treatment without chitosan. It is concluded that the cultivation of rice, SD20A variety, had a better vegetative development with the treatment with chitosan.

Key-words: shellfish disposal, chitin, yield

Resumo

Atualmente, existem alternativas tecnológicas para o uso de resíduos de crustáceos e sua conversão em produtos úteis, como a quitina e sua derivada de quitosana. Nesta pesquisa, o gel de quitosana foi utilizado para aplicá-lo à variedade de arroz SD20 para melhorar sua cultura. A análise de IR da quitosana utilizada mostrou similaridade com os espectros para cada uma das amostras, confirmando com estes resultados que o uso de diferentes quitinas obtidas pela desmineralização com HCl e H_3PO_4 não afetou a identidade do produto, pois as bandas de os grupos funcionais mais importantes, provando que as quitinas foram transformadas em uma nova matéria-prima, como a quitosana. As plantas tratadas com quitosana apresentaram alturas mais altas, com aumentos de até 16,57% em relação ao controle. Além disso, produziu um aumento de raiz de 52% nos 12 dias de semeadura em relação ao controle. Uma cor verde mais intensa foi observada nas plantas de arroz do que no lote de controle, esses resultados são devidos à capacidade de estimulação do quitosano, pois atua para melhorar o enraizamento e a produção da área foliar da planta. Foi encontrada uma diferença de 1025 kg / ha e um aumento na colheita de 16,21% em relação ao tratamento sem quitosana. Conclui-se que o cultivo de arroz, variedade SD20A, teve um melhor desenvolvimento vegetativo com tratamento com quitosana.

Palavras chave: desperdício de crustáceos, quitina, rendimento

Introducción

La extracción de quitina en el proceso para la obtención de su derivado el quitosano, juega un papel muy importante porque de ella se derivan muchas variables en el resultado del producto final, desde la masa molar del polímero, hasta la cantidad de material insoluble que pueda presentar el quitosano, así como también la disminución o aumento del efecto bactericida, fungicida, grado de pureza, formación de películas entre otras (Colina *et al.,* 2014). Además como regulador del crecimiento el quitosano acelera la germinación de las semillas, el vigor de las plantas y el rendimiento agrícola. El arroz, O*ryza sativa* L., después del trigo, es el cereal más cultivado en el mundo, siendo base de la alimentación de más de la mitad de los habitantes del planeta. En Venezuela el arroz, junto con el maíz, *Zea mays* L., corresponden a los principales cereales cultivados, por esto en la presente investigación se evaluó el quitosano a nivel industrial para aplicarlo en el mejoramiento del cultivo de arroz.

El Quitosano es un derivado de la quitina, siendo un continuo de diferentes copolímeros de unidades de glucosamina N-acetil-D-glucosamina y se diferencia de la quitina por grupos amina-NH_2, como se observa en la Figura 1.

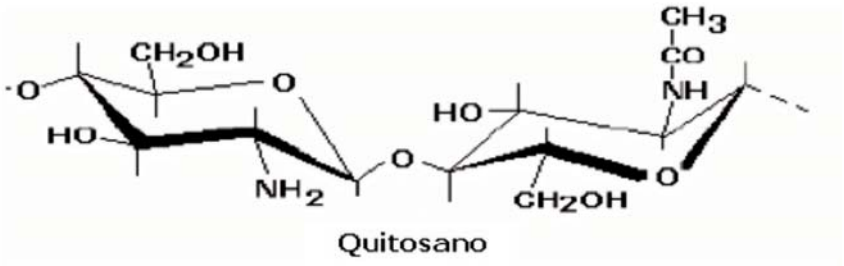

Figura 1. Estructura del Quitosano.

En medio ácido, el quitosano tiene más de un centro reactivo, a través de sus funciones y el alcohol amino. Debido a su biodegradabilidad y no toxicidad residual, su naturaleza polielectrolítico y su tendencia a la floculación, el polímero de quitosano posee un sin fin de aplicaciones, seguramente muchas aún por descubrir. (Aranaz *et al.,* 2009; Costa *et al.,* 2015; Zemmouri *et al.,* 2012).

El quitosano se caracteriza fundamentalmente por su masa molecular (MM) y el grado de desacetilación (GDA). Esta comercialmente disponible normalmente de (GDA: Grado de desacetilación) GDA>85% de unidades desacetilado (GD <15%), y masa molecular (MM) entre 100 y 1000 kDa (Kasaai, 2008; Costa *et al.,* 2015). El quitosano es una base débil y es insoluble en agua, pero soluble en una disolución acida con un pKa (~ 6,3), en la que puede convertir las unidades de glucosamina ($-NH_2$) en la forma soluble protonada ($-NH_3^+$).La solubilidad del quitosano depende de su origen biológico, el peso molecular y grado de acetilación (Nieto *et al.,* 1991).

La Figura 2, muestra algunas generalidades en las aplicaciones del quitosano, las cuales son cada vez más extensas por el uso progresivo de este polímero y las numerosas investigaciones que se están llevando a cabo (Kurita, 2006; Valenzuela *et al.,* 2012).

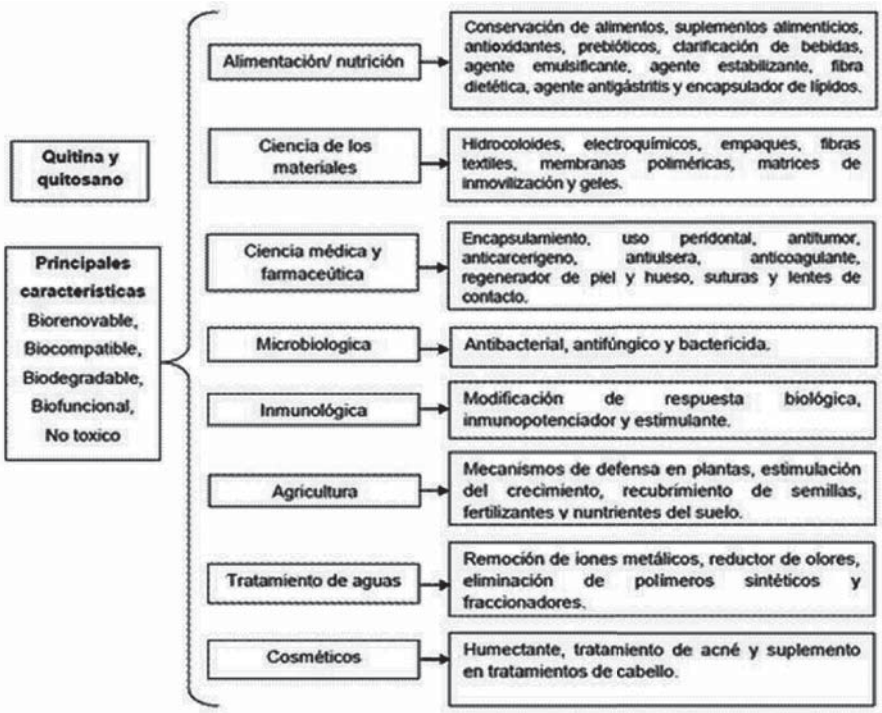

Figura 2. Aplicaciones generales del polímero quitosano

El quitosano tiene acción antimicrobiana en alimentos, se ha descrito su acción in vitro sobre patógenos contaminantes de productos cárnicos y cecinas mencionando entre los principales, Escherichia coli, causante de graves complicaciones como la colitis hemorrágica y el síndrome urémico hemorrágico, y que su mayor fuente de infección son los alimentos de origen animal, principalmente carne de vacuno molida y leche cruda , Escherichia coli (Li *et al.,* 2006; Xing *et al.,* 2009); Staphylococcus aureus (Li *et al.,* 2006); Listeria monocito genes (Li *et al.,* 2006, Valbuena *et al.,* 2012).

La carga positiva que se desarrolla en el quitosano en medio acido (pH< 5,5) (Figura 3), debido a la protonación del grupo amino presente en cada una de las unidades glucosamina, lo hace soluble en medio acuoso, confiriéndole mayor actividad biocida.

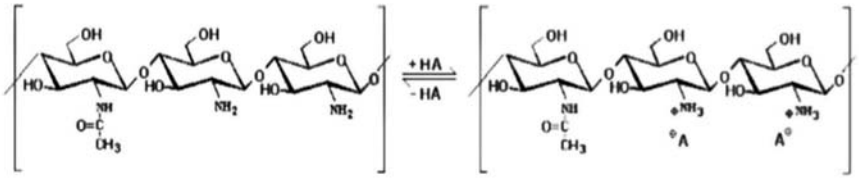

Figura 3. Estructura química del quitosano en función del pH del medio.

Los mecanismos de acción por los cuales el quitosano y sus derivados ejercen dicha actividad no han sido dilucidados completamente; sin embargo, hay algunos mecanismos propuestos para explicar acciones específicas como por ejemplo: La interacción electrostática entre el quitosano cargado positivamente (polielectrolito catiónico) y algunas bacterias con membranas celulares cargadas negativamente (Gram negativas como la *Echerichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus typhimurium,* entre otras*)* altera significativamente las propiedades de barrera de la membrana exterior del microorganismos (Valenzuela *et al.,* 2012).

La interacción electrostática entre los grupos NH_3^+ del policatión y los grupos fosfolípidos presentes en la membrana celular de bacterias Gram negativas causa daño en esta, provocando la salida de material intracelular. (Liu, 2004); se ha determinado que la salida del material intracelular bacteriano se ve favorecida por grados de desacetilación más altos, tanto en bacterias Gram negativas como Gram positivas. (Chung *et al.,* 2008; Devlieghere *et al*., 2004; Rabea 2003).

La actividad fungicida del quitosano se ha estudiado, tanto "*in vitro"* como "*in vivo*. El quitosano inhibe el desarrollo de numerosas especies de hongos, siendo menos efectivo con aquellas que lo poseen en sus paredes celulares. Los hongos que poseen quitosano como componente de sus paredes celulares deberían ser menos sensibles a la aplicación de dosis razonables de éste por dos razones: (a) la presencia natural de quitosano en las paredes celulares no genera efectos adversos para el microorganismo y (b) las interacciones electrostáticas del quitosano añadido (exógeno), cargado positivamente, deberían verse menos favorecidas con paredes celulares que poseen quitosano endógeno que cuando éstas poseen material con cargas negativas.

La actividad fúngica del quitosano se ha asociado desde hace mucho a su carácter catiónico. La interacción de los grupos aminos libres, cargados positivamente en medio acido con los residuos negativos de las macromoléculas expuestas en la pared de los hongos, cambian la permeabilidad de la membrana plasmática, con la consecuente alteración de las principales funciones (Benhamou, 1992). Otro posible mecanismo de acción fúngico, es que el quitosano se relaciona con la inhibición de la síntesis de algunas enzimas presentes en los hongos o la ocurriencia de alteraciones citológicas, como se ha reportado en el caso de *B. cinerea*, donde se ha observado la aparición de células vacias carentes de citoplasma (Barka *et al.,* 2004) y el *Mycophorela Fijensis* Morelet (Ayala *et al.,* 2014).

Los bioestimulantes son una variedad de productos, cuyo común denominador es que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas aumentando su desarrollo y mejoran su productividad en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades. En este marco se encuentra la quitosano cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y practica superior a otros agentes tradicionales, ya que no produce contaminantes, es biocompatible con tejidos de plantas y animales y antimicrobiano. Su aplicación potencial en la agricultura, es muy importante ya que permite una gran estimulación, germinación, crecimiento y desarrollo de algunas plantas, a la vez que activa mecanismo de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos. (Jiménez *et al.,* 2009). El quitosano cuando se aplica al inicio de la floración a los cultivos es capaz de estimular su crecimiento tanto en tallos, hojas y el tamaño de los frutos y aumentar los rendimientos de los cultivos al compararlos con las plantas que no se le aplicó esta sustancia (Molina, 2015).

Está demostrado que el quitosano produce un aumento del desarrollo del sistema radicular (raices y raicillas) y fortalecimiento del vigor y grado de lignificación de las plantas mediante el mecanismo SAR (Resistencia Sistémica Adquirida). En general la eficiencia de efecto bioestimulante del quitosano se debe a su composición y característica de este polímero, una vez que la planta tiene contacto con este compuesto siente que está en presencia de algún hongo patógeno, e inmediatamente empieza a desarrollar todos sus mecanismos de defensas, esto colateralmente produce un aumento significativo en la raíz, permitiéndole absorber más nutrientes, produciendo un fortalecimiento y mayor vigor en ellas.

Los factores ecológicos determinantes del desarrollo y buen rendimiento del cultivo de arroz, son principalmente la temperatura, el agua, el suelo, luminosidad, la humedad relativa y los vientos. A lo largo del ciclo de cultivo, la temperatura influye en los procesos de germinación, macollamiento, formación de espigas, floración y maduración del grano. Los valores óptimos de este factor, en atención al buen desarrollo de los procesos señalados, oscilan entre los 27 °C y 34 °C. En lo que al agua se refiere, particularmente con relación a la siembra, más importante que la cantidad de lluvia precipitada, lo es su distribución durante el ciclo de cultivo, ya que existen épocas criticas como lo son la germinación, el crecimiento inicial y la floración en las cuales la suplencia de agua es determinante para la obtención de una buena cosecha.

En la Figura 4 se observa un decrecimientento en el rendimiento de las cosechas de arroz obtenidas en los últimos años, obteniendo para el año 2013 un rendimiento de 4233 kg por ha de cultivo, esto conlleva a una menor oferta de este rubro de nuestro país, que viene aunada a una demanda creciente de acuerdo al aumento poblacional.

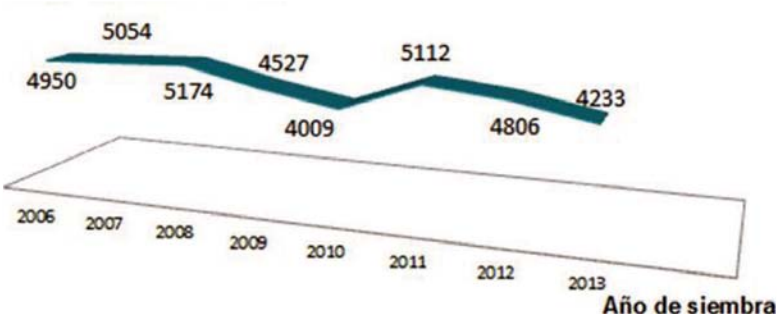

Figura 4. Rendimiento (kg/ha) de arroz sembrado en Venezuela en los últimos años.

Fuente: Fedeagro

Como se puede observar en la Figura 5, para el año 2013, última data pública registrada, el arroz sembrado fue de 237.440 ha, por lo que es importante obtener un aumento significativo en el rendimiento de cosecha/hectárea, que garantizara un incremento gradual de este cereal para los próximos años, a su vez disminuiría los costos del cultivo y se incrementaría la calidad, convirtiéndolo en un cultivo muy viable económicamente, con buena tasa de rentabilidad (Fedeagro, 2015).

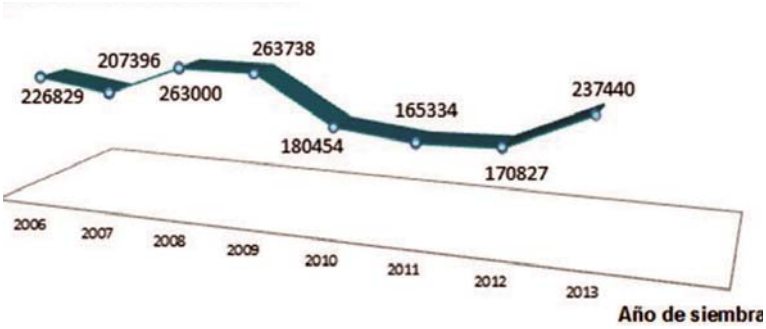

Figura 5. Siembra de arroz (ha) en Venezuela en los últimos años.

Fuente: Fedeagro, 2015

El promedio de rendimiento por hectárea de arroz a nivel mundial es de 3863 kg, esto indica que se está por encima de la media a nivel mundial, pero si se compara Venezuela que tiene suelos prometedores con países como China, donde el rendimiento por hectárea es de 6241 kg, evidencia una deficiencia en la técnica de siembra para con estos cultivos, Venezuela para el año 2011 llegó a producir 5112 kg/ha.

La variedad de arroz SD20A, creada y desarrollada en Venezuela por Fundación Danac, introducida del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Colombia), con la colaboración del Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD-Francia). Este cultivo recibió en el año 2008 la elegibilidad para la multiplicación y comercialización de semillas; desde entonces, se ha incrementado la oferta de semillas de este cultivar en respuesta a las necesidades de la cadena agroproductiva del arroz en el país. Danac demostró experimentalmente que la variedad de arroz SD20A posee un alto potencial de rendimiento en campos de agricultores, buena calidad del grano y comprobada resistencia a plagas y enfermedades. Además, la variedad posee una alta tolerancia al retraso de cosecha, lo que significa que su calidad molinera, en cuanto a rendimiento de grano entero, se verá poco afectada si el agricultor realiza cosechas tardías en el campo, siendo una característica altamente deseada en las variedades de arroz. La variedad ha presentado rendimientos en campos de agricultores entre 6.000 y 11.000 kg/ha, tanto en el ciclo de lluvias como en verano (Danac, 2011).

Materiales y métodos

Procedimiento experimental

Todos los reactivos empleados se utilizaron sin ningún método de purificación previa. La desmineralización de la quitina se realizó con HCl (Riedel-de Haën), H_3PO_4 Merck. Para la obtención del

quitosano se utilizó sulfito de sodio (Merck, G.A.) como agente antioxidante, las reacciones de hidrólisis alcalina se llevaran a cabo con NaOH (98%, Riedel-de Haën), y las reacciones de decoloración se llevaron a cabo con etanol (99%, Fluka, Riedel-de Haën), se solubilizo con ácido acético (99,9%, Merck.), se utilizaron patrones de quitosano de la casa comercial Sigma-Aldrich®. A escala industrial se utilizaron reactivos grado técnico suministrados por la empresa AroQuimica C.A. Se utilizó una balanza digital (Premier) con sensibilidad ± 5 g, para el resto del proceso se utilizó una balanza analítica (Kern 440-33N) con sensibilidad ± 0,01 g. En las reacciones de obtención de Quitosano (desproteinización, y desacetilación) se usó un reactor con capacidad de 20 Kg elaborado en acero inoxidable con camisa de calentamiento, válvula de seguridad y enfriamiento con agua. Se empleó un agitador de fabricación propia. El reactor piloto fue diseñado y fabricado por la empresa Innovación Ambiental Quitosano CA, Maracaibo, Venezuela. Para la caracterización fisicoquímica se utilizó: Espectrómetro FTIR marca Shimadzu modelo FTIR 8300, viscosímetro capilar tipo Ubbelhode ASTM D445, estufa (Oven SO-030), mufla (Thermolyne fb131511).

Caracterización del quitosano obtenido

Para la utilización del Espectrofotómetro de Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) de la muestra de quitosano se prepararan películas del mismo, disolviendo 250 mg de quitosano en 50 mL de ácido acético al 6% (v/v) formándose un gel transparente y viscoso, este gel se coloca en moldes plásticos con un área de 13 cm de diámetro y luego se secaron a temperatura ambiente en ausencia de luz hasta la obtención de la película. Los espectros obtenidos se compararon con un patrón comercial de la casa Sigma-Aldrich, comprobando la obtención del polímero.

Para la determinación de la masa molecular viscosimétrica (Mv) se usó la aproximación de Mark-Houwink-Sakurada (MHS) aplicando las ecuaciones de relación entre viscosidades de solvente y soluciones de 1 mg/ml de quitosano. Para determinar la viscosidad intrínseca (h_{int}), del quitosano obtenido, se prepara por disolución una mezcla compuesta de ácido acético 0,1 M y cloruro de sodio 0,2 M. Se usara un viscosímetro capilar. Se medirán los tiempos de caída entre las marcas de referencia del viscosímetro de las soluciones preparadas con el fin de determinar la viscosidad intrínseca (h_{in}).Con los valores de viscosidad intrínseca se determina la masa molar viscosimétrica (Mv), donde las constantes para el sistema de solvente 0,1M CH_3COOH /0,2 M NaCl son $K=1,83x10^{-3}$, a=0,93. (Nieto, *et al.,* 1991, González *et al*., 2015; Perentena *et al.,* 2015).

Evaluación del quitosano en el cultivo de arroz (variedad SD20A)

Se determinó a través de las propiedades y características del quitosano obtenido, cual presentaba las mejores condiciones para aplicarlo en cultivos de arroz. Seguidamente se prepararon geles del quitosano, diluyendo 25 g del quitosano en 5 ml de ácido acético, agitándolo hasta formarse el gel, luego se diluye a 1 L. De esta solución se tomaron 2cc de quitosano /kg de arroz. El ensayo se realizó por triplicado en tres diferentes fincas en el Estado Apure, Venezuela. El arroz se tomó de la variedad SD20A. Se evaluó el tamaño, color, vigor y raíces de las plántulas de arroz durante 41 días aproximadamente después de la germinación y se comparan con las que no se les aplicó quitosano. La variedad de arroz SD20A fue obtenida en los procesos de investigación de Fundación Danac, se produjo mediante convenios con diversas empresas a partir de semilla básica suministrada por este centro de investigación.

Resultados

Caracterización del Quitosano

En la Figura 6 se pueden observar los espectros FTIR de los quitosanos obtenidos por medio de la desacetilación parcial de las quitinas desmineralizadas con dos ácidos diferentes: ácido clorhídrico y ácido fosfórico.

En la Figura 7 se observan los resultados de la Masa Molar para los distintos Quitosano obtenidos con diferentes ácidos y con respecto al Quitosano comercial.

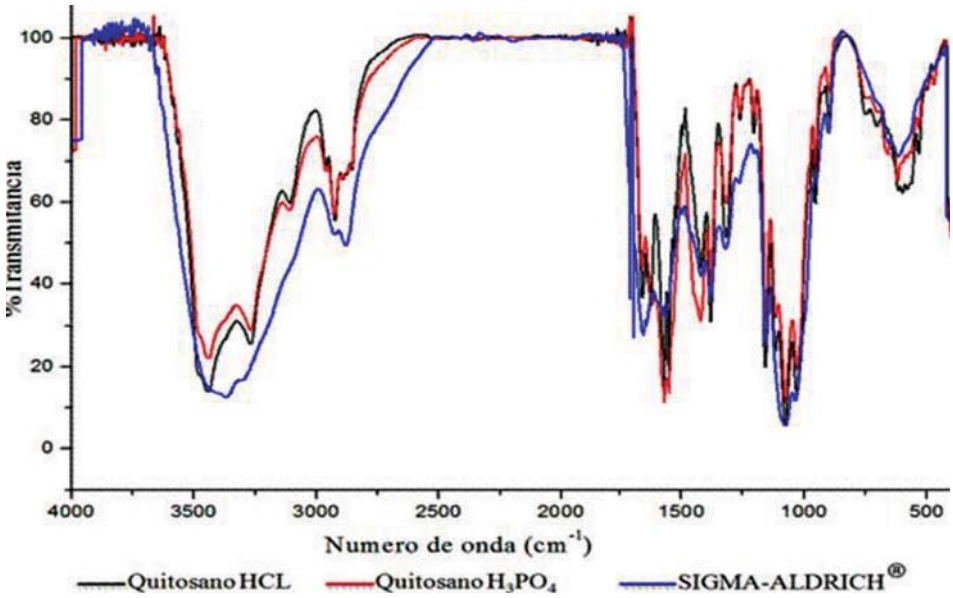

Figura 6. Espectro FT-IR de Quitosano Comercial (Sigma-Aldrich) y de los obtenidos de las quitinas desmineralizadas con distintos ácidos: ácido clorhídrico y fosfórico.

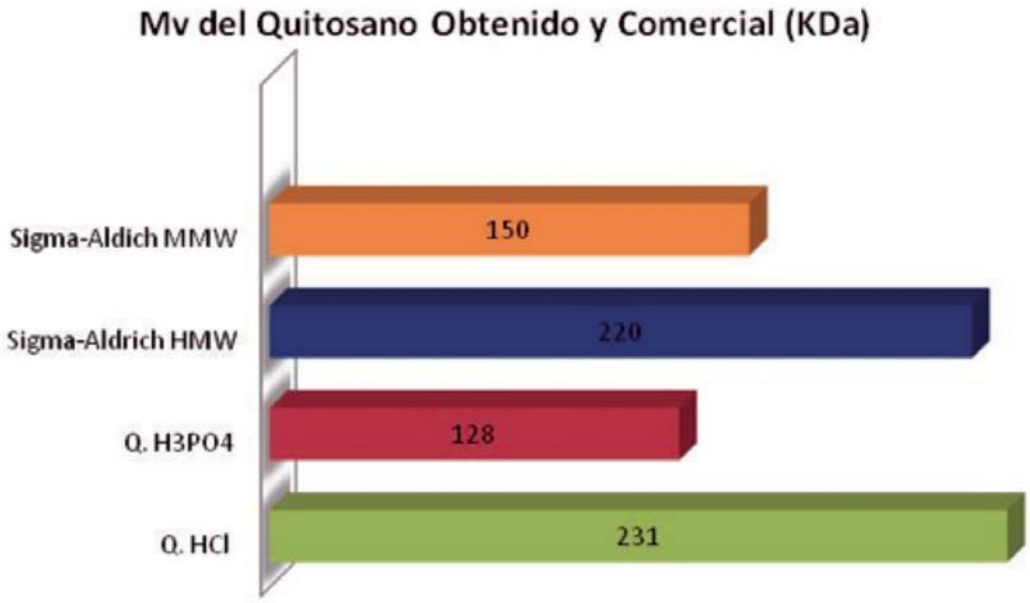

Figura 7. Resultados de la Masa Molar de los quitosanos obtenidos con ácido clorhídrico y ácido fosfórico con respecto al Quitosano comercial Sigma Aldrich.

Evaluación para la aplicación del quitosano obtenido, en forma de gel en cultivos del arroz variedad SD20A.

Una vez determinada las características del quitosano utilizando en el proceso de extracción ácido fosfórico, se sometió a evaluación en cultivos de arroz (*Oryza sativa*), variedad SD20A.

Impregnación de semilla con quitosano. El tratamiento de semilla se realiza para preservarla de hongos y microorganismos del suelo o que se trasmiten por la propia semilla. El mismo puede ser seco o húmedo, existiendo varias tecnologías que van desde un proceso manual hasta el uso de sofisticados equipos **(**Olmos, 2007). Se realizó la impregnación uniforme de las semillas de arroz con una concentración de 2,5% gel de quitosano a una proporción de 2cc/Kg de semilla (Rodríguez *et al.,* 2004), reportaron concentraciones similares para la impregnación de semillas de arroz, encontrando mayor efecto en soluciones viscosas, por lo que debe adherirse mejor a la semilla y su liberación debe ser más lenta que las soluciones menos concentradas a las propuestas, trayendo como consecuencia más tiempo en contacto con las semillas. El tratamiento debe realizarse sólo unos días antes de la siembra, ya que periodos largos de almacenamiento después de ser aplicado algún producto sobre la simiente puede afectar la condición biológica de la misma, La Tabla 1 muestra las diferencias en porcentajes con y sin aplicación de quitosano.

Tabla 1. *Diferencias en porcentajes de germinación con y sin aplicación de quitosano.*

	Germinación en las semillas de arroz (%)
Sin gel de quitosano	**82**±2,64
Con gel de quitosano al 2,5% (2 cc/kg de semilla)	**87±3,20**

Incrementos del crecimiento de las plantas a 12, 30 y 60 días, en el cultivo de arroz (*Oriza sativa* variedad SD20A).

Para estas mediciones se utilizó un diseño completamente aleatorizado y con tres repeticiones por tratamiento, se utilizó un cuadro de 1 m^2, lazándose al azar en tres partes distintas por hectárea, extrayendo 6 plantas por medición para un total de 18 muestras en cada uno de los casos. Los cultivos de arroz, tienen una duración alrededor de 120 días, pero su crecimiento vegetativo oscila hasta los 60 días de siembra, razón por la cual en este trabajo la última medición se realiza el día 60. (Rodríguez *et al.,* 2004). En la Tabla 2, se observan las diferencias expresadas en centímetros entre el cultivo testigo y el cultivo utilizado con gel de quitosano. A las muestras testigo se les aplico un tratamiento convencional y a las muestras tratadas con quitosano, adicional al tratamiento convencional se realizó el proceso de desinfección de semilla y se asperjo a los 30 días de siembra en una proporción de 2 L/ha a una concentración de 2,5%.

Tabla 2. *Altura de la plantas a los 12, 30 y 60 días de siembra para los diferentes tratamientos***.**

	12 días		30 días		60 días	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Altura de la planta (cm)	15,86	19,01	54,88	60,44	75,92	86,73
	±3,25	±2,84	±1,80	±4,20	±5.79	±3,42

La aplicación de elicitores como el quitosano, es uno de los métodos más ecológicos y económicos para el control de plagas y enfermedades, además de mantener a las plantaciones protegidas con un alto sistema de defensas. (Rodríguez *et al.,* 2004).

En la Figura 8, se detalla el incremento del porcentaje con respecto a la altura en cada una de las fases del cultivo, demostrando un aumento en la altura del tratamiento del quitosano con respecto al testigo de hasta 16,57%.

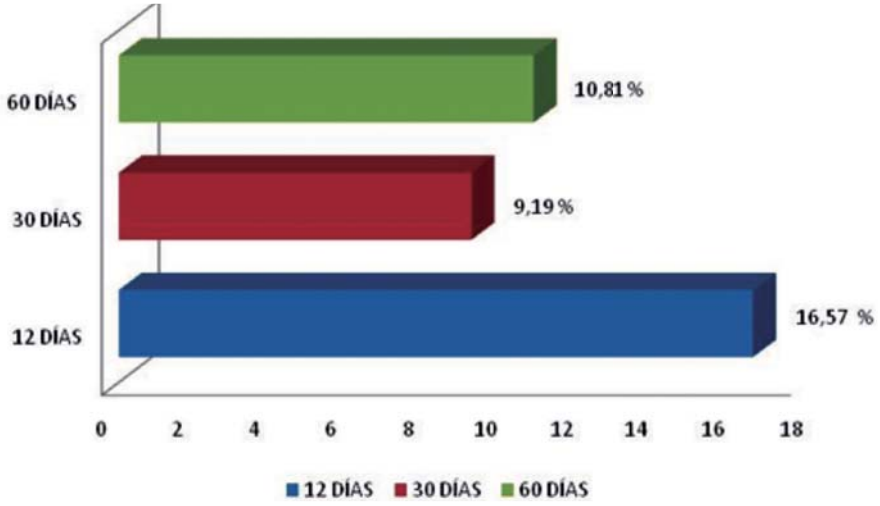

Figura 8. Incremento en porcentajes de las mediciones en el cultivo (quitosano vs testigo).

Incrementos del crecimiento de las raíces en porcentajes a 12, 30 y 60 días, en el cultivo de arroz (*Oriza sativa* variedad SD20A*)*.

Se realizó un seguimiento visual al desarrollo de las plántulas, en cuando a raíces, vigor y tamaño, a los 12, 16 y 19 días, a través de procedimientos anteriormente explicados, con la finalidad de determinar el momento en la etapa de crecimiento en que la planta pasa a la fase de macollamiento. En la Figura 9, se observa el estado de las plántulas de arroz a los 12 días de germinación, en la fotografía (A) donde el cultivo no posee quitosano, se muestra una baja cantidad de raíces, menor vigor en las plántulas y menor crecimiento, a diferencia de la fotografía (B) donde el cultivo se le aplico quitosano. En la Figura 10, se observa el estado de las plántulas de arroz a los 16 días de germinación, en la fotografía (A) donde el cultivo no posee quitosano.

Figura 9. Plántulas de arroz, a los 12 días de germinación. (A) Desinfección de semilla sin quitosano. (B) Desinfección de semilla con quitosano.

Figura 10. Plántulas de arroz, a los 16 días de germinación. (A) Desinfección de semilla sin quitosano. (B) Desinfección de semilla con quitosano.

En este estudio se utilizó la variedad de arroz SD20A, creada y desarrollada en Venezuela por Fundación Danac, introducida del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Colombia), con la colaboración del Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD-Francia). (Danac, 2017).En la Figura 11, se observa el estado de las plántulas de arroz a los 19 días de germinación, en la fotografía (A) donde el cultivo no posee Quitosano. En la Figura 12, se observa el incremento de porcentaje en peso seco de las raíces para 12, 30 y 60 días de siembra.

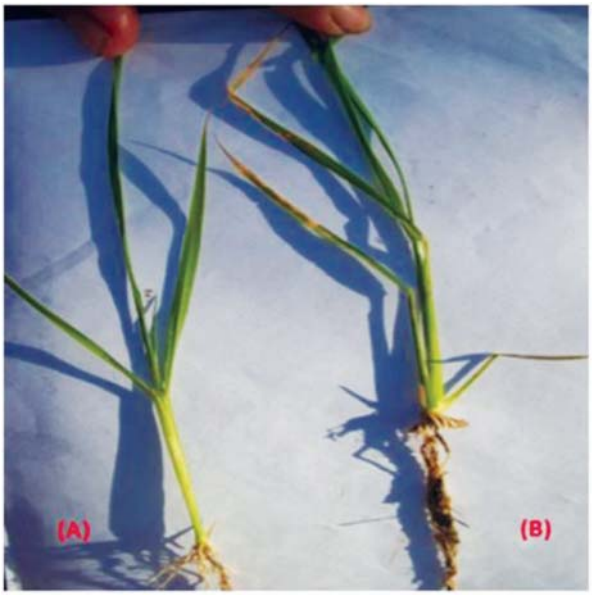

Figura 11. Plántulas de arroz, a los 19 días de germinación. (A) Desinfección de semilla sin quitosano. (B) Desinfección de semilla con quitosano.

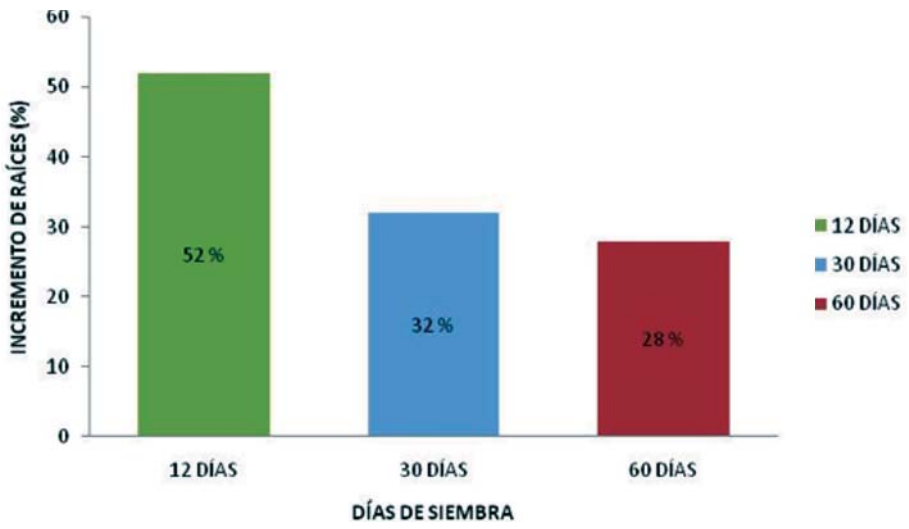

Figura 12. Incremento expresado en porcentaje de peso seco en las raíces para 12, 30, 60 días de siembra.

Se comparó el rendimiento de cultivo tratado con quitosano (con un tratamiento de desinfección de semilla de 2cc/kg de gel de quitosano al 2,5%, y una aplicación a los 30 días de 2 L/ha al 2,5 % de quitosano. En la Tabla 3, se muestra el rendimiento obtenido por ha de siembra en cada uno de los tratamientos.

Tabla 3. *Rendimiento de cosecha por ha sembrada.*

	Tratamiento con quitosano	Tratamiento sin quitosano
kg cosechado/ ha de Siembra	**6320**	**5295**

Discusión

Caracterización del Quitosano

Se pueden observar las bandas de los grupos funcionales característicos de la molécula de quitosano, evidenciándose la aparición de la banda del grupo amino a 1621 cm^{-1} y se observa una mejor definición de las bandas de los grupos OH a 3447cm^{-1} y N-H a 3258 cm^{-1} (Figura 6). En lo que respecta a las bandas encontradas para ambas muestras, resultaron acordes a las características del quitosano comercial (SIGMA–ALDRICH) (Yu *et al.,* 2009; Kumirska *et al.,* 2010; León *et al.,* 2017). El análisis mediante IR mostró la similitud en los espectros para cada una de las muestras, confirmando con estos resultados que la utilización de diferentes quitinas obtenidas por la desmineralización con HCl y H_3PO_4 no afectó la identidad del producto, pues se mantienen las bandas de los grupos funcionales más importantes, demostrándose así que las quitinas se transformaron en una nueva materia prima como el quitosano. La diferencia de Mv (masa molar) entre los resultados reflejados (Figura 7), para el quitosano extraído con HCl y H_3PO_4,(231±5,03 y 128±6,11KDa respectivamente), es debido a las diferentes propiedades de estos ácidos, en el caso del clorhídrico siendo un ácido fuerte, las concentración a las que se utiliza es menor, esto conlleva a una menor degradación en la cadena polimérica; en el caso del ácido fosfórico, siendo este un ácido débil y menos efectivo, amerita concentraciones mayores, sumado a esto la presencia de oxígeno en la estructura de este acido degrada de manera considerable las cadenas poliméricas. Se evidencia valores inferiores de Mv para los quitosanos comerciales (Colina *et al.,* 2015). Es importante destacar

el tipo de la fuente de donde provienen, se ha reportado que en el caso de quitosano obtenidos de camarones, la masa molecular es considerablemente más baja, a los quitosanos obtenidos de cangrejos, a nivel mundial un 70% del quitosano comercial proviene de fuentes de camarones.

Evaluación para la aplicación del quitosano obtenido, en forma de gel en cultivos del arroz variedad SD20A.

La aplicación de quitosano ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de las plantas, tanto en la estimulación de germinación de semillas como en el crecimiento de partes de la planta como raíces, retoños y hojas. (Lárez *et al.,* 2008). En la Tabla 1, se puede observar diferencias entre los porcentajes de germinación de las semillas impregnadas con quitosano y las que no fueron impregnas, estos se relacionan con los encontrados por Lárez *et al.* (2008), en donde se ha observado que la estimulación de la germinación de semillas por tratamiento con quitosano ha logrado elevar el porcentaje de germinación en diferentes cultivos. En este caso se obtuvo un incremento de 5 % en la germinación, esto es muy importante teniendo en cuenta la cantidad de hectáreas sembradas de este cultivo en Venezuela y el mundo, es por esto que al lograr aumentar el porcentaje de germinación se estaría incrementando directamente los rendimientos del cultivo por hectárea en este rubro. En otros trabajos donde se trataron semillas de arroz con quitosano y uno de sus oligomeros, se observó también que había inducción de la actividad del quitosano en el proceso de germinación, lo cual afirma los resultados obtenidos. (Rodríguez *et al.,* 2004).

Los resultados arrojados en la Tabla 2, demuestran los beneficios del quitosano, este tiene la potencialidad de inhibir numerosos hongos fitopatógenos y de estimular los mecanismos de defensas de las plantas, lo que garantiza un buen tamaño de las mismas en los cultivos (Olmos, 2007**).** Aunque en este trabajo solo se está evaluando el quitosano en el crecimiento de la planta, una de las causas de los bajos rendimientos a nivel mundial de este cultivo, son los daños causados por las enfermedades y en especial las de origen fungoso, siendo entre los 25 y 35 días donde la planta muestra mayor susceptibilidad, se puede denotar que en este trabajo los resultados a los 30 días de las plantas con quitosano poseen una altura de 60,84 cm superior por 9,19% (Figura 10), al tratamiento convencional. Se ha demostrado que cuando este tipo de cultivos presentan activo macollamiento (raíces), un gradual incremento de la altura de las plantas, y la emergencia de las hojas a intervalos regulares, dan lugar a un buen rendimiento de cosecha en el cultivo. (Jiménez *et al.,* 2009).

Incrementos del crecimiento de las raíces en porcentajes a 12, 30 y 60 días, en el cultivo de arroz (*Oriza sativa* variedad SD20A*)*.

En la Figura 11, en la fotografía (A) donde el cultivo no posee quitosano, se muestra una baja cantidad de raíces, menor vigor en las plántulas y menor crecimiento, a diferencia de la fotografía (B) donde el cultivo se le aplico quitosano. Esto también se observa en las Figuras 10, 11 y 12. Además en la Figura 11, también se observa el macollamiento que comienza cuando la plántula está establecida (15 - 20 días) y generalmente termina cuando se inicia el desarrollo del primordio floral, a diferencia de la fotografía (A) en la cual la plántula no presenta ningún macollamiento, esto quiere decir que aún no ha terminado de establecerse para la siguiente etapa vegetativa que es el macollaje. Nótese el número de hojas fundamental en el desarrollo de estos cultivos, a los 19 días de germinación la fotografía (A) presenta 4 hojas y en la fotografía (B) tratamiento con quitosano presenta 5 hojas.

El quitosano tiene la propiedad de hacer más eficiente el desarrollo del arenquima, el cual mejora la distribución del oxígeno hacia las raíces, lo que conlleva a un mejor desarrollo de la planta. Al conferir resistencia a la pared celular vegetal, permite a las plantas tratadas resistir en mejor forma el stress hídrico, tanto el exceso como la falta de agua y, por tal motivo, se han observado buenos resultados en arroz y en plantas creciendo bajo condiciones de sequía, en plantaciones y cultivos en suelos rojo-arcillosos, en plantas creciendo en suelos con poca disponibilidad de agua, etc. En este mismo sentido, el quitosano protege a las raíces de las plantas tratadas de las pérdidas de

agua o deshidrataciones normales al momento del transplante, permitiendo un mejor y rápido crecimiento radicular de las plantas tratadas en suelos con bajo nivel de agua. El uso potencial está en ciertas zonas de inferior condición de suelo destinadas al desarrollo agropecuario y en sectores de poca disponibilidad de agua de riego. (González *et al.,* 2009). En la Figura 12 se observa que para 12 días las plántulas en etapa de crecimiento vegetativo obtuvieron hasta un 52% por arriba en peso seco de raíz, estos incrementos de raíces en cada una de las etapas del cultivo, representan un gran beneficio en cuanto al anclaje y absorción de nutrientes de las plantas, permitiendo un mayor y mejor desarrollo del cultivo como se ha venido presentando en los diferentes resultados antes expuestos. En la Figura 12 se puede asumir que como el quitosano sirve como filtrante de las radiaciones UV, y adicionalmente considerando sus propiedades antifúngicas, se resume que la planta estará mucho más protegida del sol. (Lárez *et al*., 2006; Rivero *et al*., 2009).

En la Tabla 3 se encontró una diferencia de 1025 kg/ha, y un incremento en la cosecha de 16,21% con respecto al tratamiento sin quitosano. De conformidad con los resultados obtenidos en la presente investigación se ha demostrado que el cultivo de arroz, variedad SD20A, tuvo un desarrollo vegetativo diferente de acuerdo al tratamiento al que fue sometido. Estos rendimientos de cosecha superiores al del tratamiento sin quitosano, eran de esperarse de acuerdo al seguimiento desde la etapa de germinación hasta la etapa de crecimiento vegetativo. Los bioestimulantes como el quitosano contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas aumentando su desarrollo y mejorando su productividad en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales y su rendimiento. (Jiménez *et al.,* 2009, Rivero *et al*., 2009). Evaluando la factibilidad económica con el uso del quitosano, un rendimiento como los expresados en la Tabla 3, con incrementos de cosecha 16,21 %, demuestran una disminución de costos por hectárea, una mayor utilidad del cultivo, a su vez garantiza el pago del producto, sin generar un costo adicional en el ciclo de este rubro.

Conclusiones

Se observa un incremento en la etapa de germinación de semilla con quitosano. Las plantas tratadas presentaron alturas mayores a las que no fueron tratadas con este polímero. Además, se observó en las plantas de arroz un color verde más intenso, estos resultados se deben a la capacidad estimulante del quitosano, ya que actúa mejorando el enraizamiento y la producción de área foliar de la planta, lo que aumenta los niveles de clorofila y mejora el índice de asimilación neta para permitir un llenado del grano más eficiente y rápido.

El rendimiento de cosecha encontrado tuvo una relación directa con el comportamiento del cultivo en todas sus fases vegetativas, marcando diferencias significativas en las características de las plantas estudiadas, incrementando la producción 16,21% / ha.

Literatura citada

1. Aranaz, I., Mengíbar, M., Harris, R., Paños, I., Miralles, B., Acosta, N., Galed, G. & Heras, Á. (2009). Functional Characterization of Chitin and Chitosan. *Current Chemical Biology*, 3, 203-230.
2. Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Medina, J., Rosales, L. & Cárdenas, H., (2014). Evaluación de la actividad antifúngica del Quitosano contra el hongo Mycophorella Fijensis Morelet que produce la Sigatoka Negra que ataca el plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales.* 15, 312-338.
3. Barka, E. A., Eullaffroy, P., Climent, C. & Vernet, G. (2004). Chitosan improves development, and protects Vitis vinifera L. against Botrytis cinerea. *Plant Cell Reports* 22, 608-614.
4. Benhamou, N. (1992). Ultrastructural and cytochemical aspects of chitosan on Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici, agent of tomato crown and root rot. *Phytopathology* 82, 1185–1193.
5. Chung, Y.C. & Chen, C.Y., (2008). Antibacterial characteristics and activity of acid-soluble chitosan. *Bioresource Technology*, 99, 2806-2814.
6. Colina, M., Ayala, A. Rincón, D., Molina, J., Medina, J., Ynciarte, R., Vargas, J. & Montilla, B. (2014). Evaluación de los procesos para la obtención química de quitina y Quitosano a partir de los desechos de cangrejos. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 15(1), 21-43.
7. Costa, C., Teixeira, V., Marcia C., Delpecha, J., Souza, V. & Costa, M. (2015). Viscometric study of chitosan solutions in acetic acid/sodium acetate and acetic

acid/sodium chloride. *Carbohydrate Polymers*, 133, 245–250.

8. Danac. (2011). Workshop on Data analytics at sCale. Recuperado de: *http://danac.org.ve/wp-content/uploads/Conexion-Danac-abril-2011-especial.pdf*
9. Devlieghere, F., Vermeulen, A. & Debevere, J. (2004). Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21, 703-714.
10. Fedeagro - Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios. (2015). Estadísticas Agropecuarias en Cereales. Recuperado de: *http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp.*
11. González, D., Cruz, A., Martínez, B., Ramírez, M. & Rodríguez, A. (2009). Actividad antifúngica in vitro de la quitosana Sigma frente a hongos fitopatógenos causantes del manchado del grano en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.). *Fitosanidad*, 13, 2.
12. González, C., Valbuena, A., Celis, B., Perentena, L. & Colina, M. (2015). Degradación oxidativa de quitosano con peróxido de hidrógeno. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 16,1, 43-68.
13. Jiménez N., Jiménez M., Falcón A., Gonzáles G. & Silvente J. (2009). Evaluación de tres dosis de quitosano en el cultivo de pepino en un periodo tardío. *Revista Electrónica de la Ciencia en Granma*, 13, 1-6.
14. Kasaai, M. (2008). A review of several reported procedures to determine the degree of N-acetylation for chitin and chitosan using infrared spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 71, 497-508.
15. Kumirska, J., Czerwicka, M., Kaczynski, Z., Bychowska, A., Brzozowski, K., Thöming, J. & Stepnowski,P. (2010). Application of Spectroscopic Methods for Structural Analysis of Chitin and Chitosan. Mar. *Drugs*., 8, 1567-1636.
16. Kurita, K. (2006). Chitin and chitosan: Functional biopolymers from marine crustacean. *Marine Biotechnology*, 8,203-226.
17. Lárez, C. (2006). Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. *Avances en Química*, 1, 15-21.
18. Lárez C., Sánchez, J. & Millán, E. (2008). Viscosimetric studies of chitosan nitrate and chitosan chlorhydrate in acid free NaCl aqueous solution. *Polymer*. 14-18.
19. León, O., Muñoz-Bonilla, A., Soto, D., Ramírez, J., Márquez, Y., Colina, M. & Fernández-García, M. (2017). Preparation of oxidized and grafted chitosan superabsorbents for urea delivery. *Journal of Polymers and the Environment*, *doi: 10.1007/s10924-017-0981-x2017.*
20. Li, Y., Chen, X., Liu, C., Liu, C., Meng, X., Yu, L. & Kenendy, J. (2007). Physicochemical characterization and antibacterial property of chitosan acetates. *Carbohydrate Polymers*, 67, 227-232.
21. Liu, H., Du, Y., Wang, X. & Sun, L. (2004). Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *International Journal of Food Microbiology*, 95, 147-155.
22. Molina, J. (2015). Desmineralización de la quitina utilizando ácido fosfórico para la obtención de quitosano y su aplicación en el cultivo de arroz. (Tesis Master). Universidad del Zulia. Venezuela.
23. Nieto, J., Peniche, C. & Padrón, G. (1991). Characterization of chitosan by pyrolysis-mass spectrometry, thermal analysis and differential scanning calorimetry. *Thermochimica Acta*, 176, 63-68.
24. Olmos, S. (2007). Apuntes de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. Cátedra de Cultivos II Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Recuperado de: *http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf*
25. Perentena, L., González, C., Celis, B., Valbuena, A. & Colina, M. (2015). Síntesis de bases de Schiff derivadas de Quitosano por reacción con p_dimetilamino benzaldehído y 4-hidroxi-3-metxibenzaldehído. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 16,1, 1-27.
26. Rabea, E., Badawy, M., Stevens, C., Smagghe, G. & Steurbaut, W. (2003). Chitosan as antimicrobial agent: Aplications and mode of Action. *Biomacromolecules*, 4 (6), 1457-1465.
27. Rivero D., Cruz A., Martínez B., Ramírez M. & Rodríguez, A. (2009). Actividad antifúngica in vitro de la quitosana sigma frente a hongos fitopatógenos causantes del manchado del grano en el cultivo de arroz (Oriza Sativa).*Fitosanidad*, 13, 101-107.
28. Rodríguez A., Rodríguez M., Falcón A., Guridi F. & Cristo E. (2004). Estimulación de algunas enzimas relacionadas con la defensa en plantas de arroz (Oryza Sativa) obtenidas de semillas tratadas con quitosana. *Cultivos tropicales*, 25, 111-115.
29. Valbuena, A., Valbuena, C., Colina, M. & Diaz, N. (2012). Synthesis of chitosan derivatives with antifungal and antibacterial properties. *Adv. in Chitin Sc*., XIV.
30. Valenzuela, C. & Arias, J. (2012). Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal. *Avan. Cien. Veter.*, 27: 33-47.
31. Xing, W., Zhao, Y. & Zuo, J. (2009). Microbial activity and community structure in a lake sediment used for psychrophilic anaerobic wastewater treatment. *Journal of Applied Microbiology*, 109, 1829–1837.
32. Yu, T., Li, H.Y. & Zheng, X. (2007). Synergistic effect of chitosan and Cryptococcus laurentii on inhibition of Penicilliumexpansum infections. *International Journal of Food Microbiology,* 114, 261-266.
33. Zemmouri H., Drouiche M., Sayeh A., Lounici H. & Mameri N. (2012). Coagulation Floculation test of Keddara´s Water Dam Using Chitosan and Sulfate Aluminium. *Procedia Engineering*, 33, 254-260.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Enero 23 de 2017
Aceptado: Marzo 10 de 2017

Desarrollo de material didáctico multimedia del cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales

Development of multimedia teaching material of plant tissue culture with agricultural and environmental applications

Desenvolvimento de material de ensino multimídia de cultura de tecidos de plantas com aplicações agrícolas e ambientais.

Oscar Agudelo Varela[1], Miguel Macgayver Bonilla Morales[2] & Adriana Carolina Aguirre Morales[3]

[1] Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Información y la Comunicación.

[2] Lic. Pdn. Agrop., Magister en Ciencias Biológicas. [3]Ingeniera Agrónoma, Magister en Ciencias Biológicas.

[1]G. I. Horizonte Mediático, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona. Villavicencio, Colombia. [2,3]CorpOrquídea y G.I. EduCiTec, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona. Villavicencio, Colombia.

[1]oscar.agudelo@unillanos.edu.co, [2] mmbonillam@unal.edu.co, [3]acaguirrem@gmail.com

Resumen

Las aplicaciones pedagógicas tradicionales se fundamentan en el desarrollo de la clase con marcador y tablero, y con leves avances en el manejo de diapositivas; sin embargo, las tecnologías digitales presentan una serie de novedades que complementan el trabajo de la enseñanza con aprendizaje autónomo, que puede desarrollar el educando en áreas agrarias y ambientales. El desarrollo de material didáctico multimedia MDM complementa las actividades curriculares de los cursos, particularmente, los que tienen laboratorio, y por otro lado, generan en el estudiante habilidades para el aprendizaje autónomo. Se desarrolló un MDM para el aprendizaje de las prácticas realizadas en el laboratorio de cultivos vegetales, con arquitectura cliente/ servidor, usando tecnologías actuales en el desarrollo de software, con características de tiempo real y bajo el paradigma de desarrollo de aplicaciones isomórficas. Con base al MDM, se realizó evaluación cualitativa por parte de estudiantes de Licenciatura en Producción Agropecuaria, la cual reporto un 86% de aprobación del material. Se encontró que las herramientas digitales para el aprendizaje, facilitan y mejoran en cierta medida el aprendizaje de los educandos. El uso de tecnologías nuevas como React, permite mejorar el renderizado de las páginas y optimiza la carga del servidor en las peticiones necesarias por parte del aprendiz, y hace más eficiente el engranaje de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, el MDM permitirá fundamentar el desarrollo de habilidades y destrezas en la producción agraria y en el manejo de especies de ecosistemas con ambientes naturales.

Palabras clave: aprendizaje virtual, educación, laboratorio virtual, tecnologías en la educación.

Abstract

Traditional pedagogical applications are based on the development of the class with scoreboard and board, and with slight advances in the handling of slides; however, the digital technologies present a series of innovations that complement the work of the teaching with autonomous learning, that can develop the educating in agrarian and environmental areas. The development of multimedia didactic material MDM complements the curricular activities of the courses, particularly those that have a laboratory, and on the other hand, generate in the student skills for autonomous learning. An MDM was developed for the learning of the practices carried out in the plant culture laboratory, with client/server architecture, using current technologies in software development, with real-time characteristics and under the paradigm of Development of isomorphic applications. Based on MDM, qualitative evaluation was carried out by undergraduate students in agricultural production, which reported 86% approval of the material. Digital learning tools were found to facilitate and improve learning of learners to some extent. The use of new technologies like React, allows to improve the rendering of the pages and optimizes the load of the server in the necessary requests by the Apprentice, and makes more efficient the teaching-learning gear. In this way, MDM will support the development of skills and skills in agrarian production and in the management of ecosystem species with natural environments.

Key-words: virtual learning, education, virtual lab, technologies in education.

Resumen

As aplicações pedagógicas tradicionais são baseadas no desenvolvimento da classe com marcador e placa, e com ligeiros avanços na manipulação de slides; no entanto, as tecnologias digitais apresentam uma série de novidades que complementam o trabalho de ensino com aprendizagem autônoma que pode desenvolver o aluno em áreas agrícolas e ambientais. O desenvolvimento de material didáctico multimídia MDM complementa as atividades curriculares dos cursos, particularmente aqueles que possuem um laboratório, e, por outro lado, geram habilidades estudantis para a aprendizagem autônoma. Um MDM foi desenvolvido para aprender as práticas realizadas no laboratório de cultivo de plantas, com arquitetura cliente / servidor, usando tecnologias atuais em desenvolvimento de software, com características em tempo real e sob o paradigma do desenvolvimento de aplicativos isomórficos. Com base no MDM, uma avaliação qualitativa foi realizada por estudantes de graduação em Produção Agrícola, que relataram uma aprovação de 86% do material. Verificou-se que as ferramentas de aprendizagem digital facilitam e melhoram, até certo ponto, a aprendizagem dos alunos. O uso de novas tecnologias, como Reagir, permite melhorar a renderização das páginas e otimizar a carga do servidor nas solicitações necessárias por parte do aprendiz e torna a ferramenta de ensino-aprendizagem mais eficiente. Desta forma, o MDM permitirá basear o desenvolvimento de habilidades e habilidades na produção agrícola e na gestão de espécies de ecossistemas com ambientes naturais.

Palavras chave: aprendizagem virtual, educação, laboratório virtual, tecnologias na educação.

Introducción

Las tecnologías en la educación -TE- fomentan la cultura del uso de las herramientas en sistemas con fines más allá de lo informático, pues generan ambientes virtuales de aprendizaje que fortalecen la enseñanza y aprendizaje del usuario o educando (Guzmán, 2006). De esta manera, el uso de software aplicativos se han sumado Instituciones Educativas y Universidades de Norteamérica (Carnoy, 2004), Centroamérica (Romero *et al*., 2010) y Suramérica (Varela *et al*., 2014, 2015) obteniendo resultados satisfactorios de aprendizaje por parte de los educando. No obstante,

el sistema educativo en Colombia, generalmente, no utiliza las tecnologías de la innovación y la comunicación (TICs) para potenciar la calidad de la enseñanza y aprendizaje, que se presenta cuando se trabaja en conjunto con las TE (Carnoy, 2004).

Dentro de las ciencias aplicadas que particularmente requieren para su accionar las ciencias básicas, se encuentra el área de Biotecnología que ha tenido un enfoque en el cultivo de tejidos vegetales (CTV) para que los profesionales de diferentes áreas desarrollen habilidades y destrezas técnicas para la solución de problemas mediante la investigación y las empresas (Orozco & Olaya, 2016). En este sentido, el CTV posee una amplia incidencia en las aplicaciones agrícolas como la generación de plantas libres de patógenos, masivamente, a bajo costo, entre otras alterativas que permiten mejorar el agro en Colombia, aunque, también tiene diversas aplicaciones biológicas, químicas como otros ejemplos asociados a la agroindustria (Gonzáles *et al*., 2010). Además, esté tópico para su desarrollo requiere de laboratorios específicos para cada una de las actividades que implican mientras los explantes entran a la etapa *in vitro*, luego *ex vitro*, y finalmente, campo (Hernández, 2008; Ramírez *et al*., 2012). Por su parte, también se incluye en el programa de manejo y conservación de la flora asociado a especies nativas y endémicas mediante la generación de bancos de germoplasma *ex situ*, y adicionalmente, de este material, se utiliza para la repoblación en ecosistemas con ambientes naturales.

Por tal motivo, los estudiantes no poseen materiales multimedia que les permita generar aprendizaje autónomo, independiente del profesor, y que relacione la realidad de las habilidades técnicas necesarias para el desarrollo de labores en CTV. En este orden lógico, se realizó el diseño y desarrollo un laboratorio virtual de CTV con énfasis para promover el aprendizaje en componentes de biotecnología (CTV) en estudiantes universitarios, además de servir de apoyo para los docentes en sus clases.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del laboratorio virtual de CTV se aplicó la Metodología Ingeniería de Software Educativo (MeISE) propuesta por (Abud, 2009), con la finalidad de que los usuarios (educadores y educandos) puedan alcanzar aprendizaje autónomo. Esta metodología contiene las siguientes fases: análisis, diseño, desarrollo y prueba piloto.

Análisis

Se realizó una entrevista a los estudiantes de Ingeniería Agronómica (IA) y de la Licenciatura en Producción Agropecuaria (LPA) de la línea de profundización en Biotecnología y Propagación Vegetal que pertenecen a VII y VIII semestre, respectivamente. Las preguntas relacionaron: qué temas fueron los difíciles, qué material didáctico les hubiera gusta utilizar y qué aspectos mejorarían del curso. Dados los problemas en el aprendizaje teórico-práctico, ya que no manejan los conceptos adecuados sobre la temática ni las labores aplicativas que se ejecutan en el laboratorio (Levitus, 2010). Se revisó el material didáctico que hay sobre el desarrollo de las temáticas en laboratorios de CTV. Como el objetivo del análisis es determinar el contexto en el cual se va a usar el laboratorio virtual se tendrán los siguientes indicadores en esta fase: población objetivo y sus características; temas del contenido y sus características, principios pedagógicos aplicables -Autoregulación del aprendizaje-, y modos de uso de la aplicación.

Diseño

Diseño Educativo. Esta fase se enfoca en las temáticas que hacen relación al cultivo de tejidos vegetales de acuerdo a los temas planteadas en los textos de Levitus *et al*. (2010) y Roca & Mroinski (1991), además de los exigidos por la malla curricular de los programas en cuestión. A continuación se listan los temas seleccionados por los docentes de la línea de profundización en CTV: i) conociendo el laboratorio, ii) preparación de stock, iii) preparación de Medios de Cultivo, iv) micropropagación in vitro, v) etapa ex vitro, vi) cultivo in vitro de meristemos y ápices y vii) rescate y cultivo de embriones cigóticos.

Diseño Comunicativo y Computacional. El laboratorio virtual de CTV se desarrolló en un lenguaje para web, con la finalidad de que exista mayor disponibilidad y acceso a cualquier hora y lugar mediante cualquier dispositivo digital. Para lo cual se definió la estructura global y las configuraciones de diseño y plantillas para el despliegue de la información. Lo anterior implica, el diseño gráfico, la colocación de íconos, la definición del texto descriptivo en pantalla, la especificación y títulos de las ventanas, y las especificaciones de los elementos principales y secundarios del menú. Se adaptó una estructura jerárquica con lo que se logra un control de los contenidos, clasificándolos cada uno por módulos. Una vez establecida la estructura del laboratorio virtual de CTV, e identificados los componentes -páginas, guiones, animaciones y otras funciones de proceso-, Se definen las rutas de navegación que permitan al estudiante acceder al contenido y a los servicios del laboratorio virtual de CTV (Figura 1).

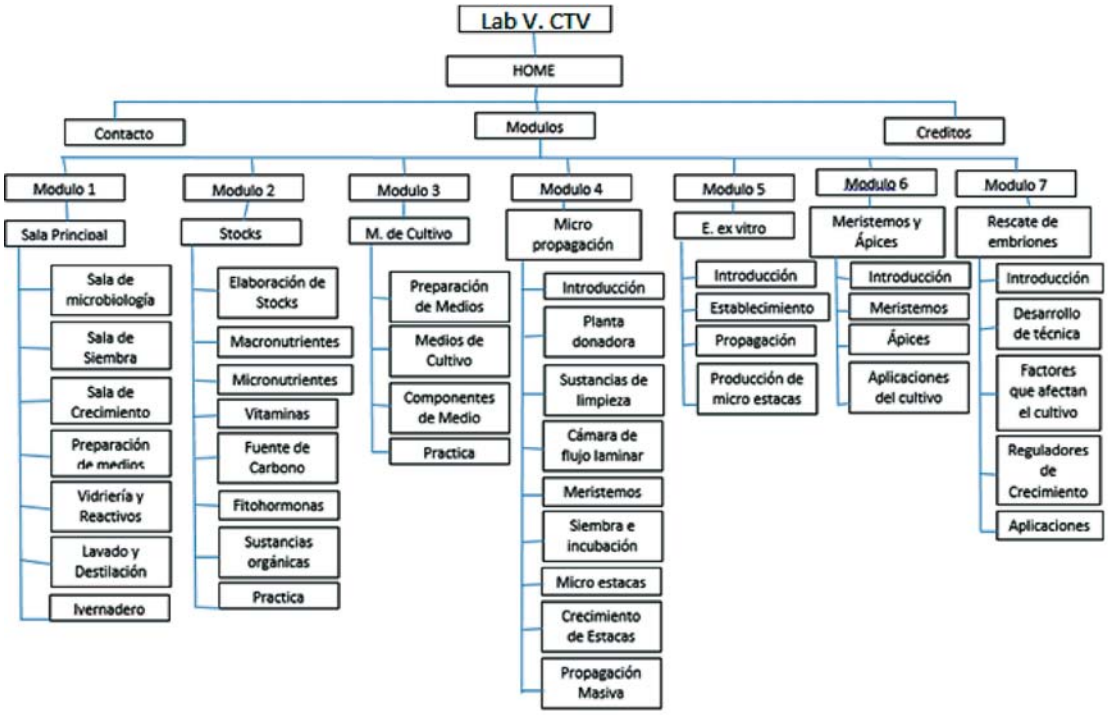

Figura 1. Mapa de navegación detallado sobre el MDM en CTV.

Desarrollo

El laboratorio virtual se desarrolló bajo la arquitectura cliente servidor e implementando el paradigma de desarrollo de aplicaciones isomórficas. El contenido de los temas está compuesto por texto, imágenes animaciones y simulaciones. Los cuales son planteados por los docentes o expertos en CTV, los encargados de digitalizar los textos son los monitores, los programadores toman los esbozos de las animaciones y simulaciones para su implementación en HTML5 o CSS3, las cuales son seleccionadas teniendo en cuenta los temas de difícil comprensión para los estudiantes y que aporte claridad a los conceptos, el diseñador gráfico genera las imágenes y retoca las fotografías, todos esos elementos son enviados al integrador, que se encarga de colocarlos en la plantilla. Las librerías y lenguajes utilizados para el desarrollo del laboratorio virtual, son libres y fueron las siguientes: i) Bootstrap, ii) ECMAScript 6, iii) React.js, iv) NodeJS, v) JQuery, vi) JSX, vii) CSS3, viii) HTML5. En esta fase se realizaron siete iteraciones, una por cada tema establecido, a cada una de ellas se les realizo su respectiva fase de despliegue.

La Figura 2 corresponde a las interfaces de pantalla principal, módulo preparación de stock y prácticas de laboratorio, en las cuales se pueden apreciar colores e imágenes atractivas y vibrantes para los estudiantes, que permite generar una empatía con la aplicación. La Figura 2A presenta los siete módulos con imágenes que las identifican, la Figura 2B presenta los distintos elementos que se tienen en cuenta para los stocks, y, finalmente, la Figura 2C es la plantilla de las prácticas de laboratorio.

Figura 2. MDM en CTV. A) Pantalla o interfaz principal, B) Módulo preparación de stock y, C) practica de laboratorio.

Fase de Pruebas

Después de haber generado el aplicativo web, el software debe ser probado para descubrir el máximo de errores posibles antes de su entrega a los estudiantes y docentes. De acuerdo a esto, se diseñó una serie de prueba del software donde se tuvieron en cuenta las siguientes estrategias: a) Se verifico la navegación de cada módulo construido, en búsqueda de errores, estas verificaciones las realizaron estudiantes de X semestre de Ingeniería de Sistemas; b) Se realizaron pruebas de aceptación con los docentes y algunos estudiantes de LPA. Estas se hicieron independientemente a cada módulo de la aplicación.

Prueba piloto

Esta prueba se realizó con 12 estudiantes del curso de tejidos vegetales -formalmente Propagación Vegetal- de séptimo semestre del programa de LPA, los cuales utilizaron el laboratorio virtual y posteriormente se recolecto información, mediante la aplicación de un cuestionario que indago sobre las características de presentación de la información, aspectos de la tecnología y aspectos didácticos del laboratorio virtual de CTV. Los resultados de la prueba piloto se utilizaron para realizar ajustes con miras a la aplicación de la prueba de campo. El cuestionario se realizó según valoración en la escala de Likert, así: totalmente de acuerdo = 4; de acuerdo = 3; en desacuerdo = 2; y totalmente en desacuerdo = 1 (Pérez, 2004).

Algunas de las preguntas en el aspecto del contenido fueron: La estructura del material permite la consulta de las prácticas y sus contenidos, los contenidos se relacionan con los temas de laboratorio

de CTV, la información permite interacción fácil con el usuario y los contenidos presentan animaciones y simulaciones. En el componente de tecnología: facilidad de instalación y uso del software. La interfaz es dinámica y agradable, el diseño gráfico está relacionado y es adecuado al contenido, el diseño técnico de animaciones y simulaciones es adecuada y el sistema de navegación es apropiado. Los aspectos del componente de didáctica son: los objetivos de aprendizaje están definidos, los objetivos de aprendizaje se relacionan con los contenidos y favorece el autoaprendizaje del cultivo de tejidos vegetales.

Para lograr una mayor aceptación por parte de los estudiantes, uno de los aspectos a tener en cuenta es la usabilidad y un factor importante es la velocidad de carga y respuesta de la aplicación (Hernández, 2016), con el fin de establecer esta medida se realizaron pruebas con 2 herramientas de uso web y con opciones de uso libre como lo son Pingdom y PageSpeed Insights. El análisis realizado con Pingdom estableció que el 61% de la carga de los 3,5 MB, corresponde a es Script y el 30 % a imágenes, el tiempo de carga está entre los parámetros considerados de carga normal (Hernández, 2016), otros indicadores se pueden ver en la Figura 3.

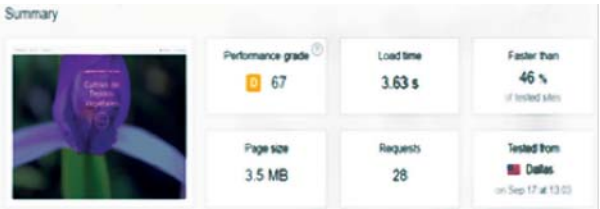

Figura 3. Pingdom, resumen de análisis para el MDM en CTV.

Page Speed Insights es una herramienta ofrecida por Google a los desarrolladores, la cual realiza un análisis a la página web y genera una evaluación de 0 a 100, siendo 100 la mejor evaluación, adicionalmente brinda sugerencia para mejorar la velocidad de carga y de despliegue en móviles. La evaluación en modo pc arrojo el resultado de 20 y sugerencias a elementos que deben corregirse, tales como: i) habilitar compresión, ii) Minificar JavaScript, iii) Optimizar imágenes, iv) Habilitar compresión. En la pestaña de móvil, PageSpeed Insights arrojo el resultado de 19 (ver Figura 4), además de los elementos que deben corregirse expuesto anteriormente, recomienda algunos que podrían corregirse: i) Prioriza el contenido visible, ii) Especificar caché de navegador, iii) Minificar CSS, iv) Minificar HTML.

Figura 4. *Page Speed Insights*, resumen de análisis relacionados con el MDM en CTV.

Adicionalmente *Page Speed Insights* ofrece un puntaje sobre la Experiencia de usuario, en la cual el laboratorio virtual obtuvo 100 de 100, ese puntaje se basó en los siguientes elementos: i) adaptación del contenido a la ventana gráfica, ii) aplicar el tamaño adecuado a los botones táctiles, son lo suficientemente grandes para que los usuarios los puedan tocar en una pantalla táctil, iii) tu página especifica una ventana gráfica que se adapta al tamaño del dispositivo, lo que permite que se procese correctamente en todos los dispositivos, iv) evitar los *plugins*, Parece que tu página no utiliza *plugins* y esto podría impedir que el contenido se utilice en muchas plataformas, v) Utilizar tamaños de fuente que se puedan leer.

Resultados y discusión

Se generó un software educativo que permite a los interesados, educadores y educandos, adquirir conocimientos y destrezas en el área de laboratorio de cultivo de tejidos vegetales. El desarrollo de este objeto virtual de aprendizaje tiene las propiedades específicas para que el aprendiz mediante la interacción pueda ir captando los saberes necesarios para su manejo y simultáneamente, comprenda lo

relacionado con la temática. Dentro de las experiencias relacionadas con el desarrollo de MDM en las ciencias se encuentra el realizado en morfología vegetal (Varela *et al*., 2014) e histología vegetal (Varela *et al*., 2015) que también permiten que el usuario pueda mediante la interfaz, la diagramación, el diseño, las pautas pedagógicas y metodológicas para el manejo de conceptos y prácticas puedan alcanzar habilidades metacognitivas para la comprensión de un saber específico.

El MDM en CTV se fundamentó en los saberes básicos y aplicados en esta área de la biotecnología, siguiendo los principios del conocimiento del laboratorio, preparación de stocks, medios de cultivo y técnicas de micropropagación de material vegetal. De igual manera, Ramírez *et al*. (2012) registran estos tópicos como los centrales en la enseñanza y aprendizaje, ya que son el sustento para desarrollar habilidades cognitivas y técnicas en el CTV. Además, estos temas que se plantea el Laboratorio Virtual en CTV tienen como eje como lineamentos textos de vital importancia en el aprendizaje de los procedimientos y técnicas en el CTV como lo establecido en el texto clásico de Roca *et al*. (1991) u otro más actualizado como el de Levitus *et al*. (2010).

Dentro de las temáticas desarrolladas en la TE la micropropagación in vitro es un ítem complejo porque implica destreza y habilidad, pero el Laboratorio virtual de CTV incluye aplicaciones teóricas que fundamentan los conocimientos previos como la visualización de los procesos para la claridad en la aplicación de forma didáctica. La prioridad en los perfiles profesionales de las carreras que desarrollan competencias en la biotecnología, lo primordial es que el profesional tenga los componentes conceptuales y consecutivamente las destrezas manuales para que mediante las aplicaciones pueda producir material vegetal (Gonzáles *et al*., 2010; Orozco & Olaya, 2016).

La interacción virtual implica profundizar los conocimientos teóricos de base con un alcance desde lo virtual, con la intención de alcanzar una experiencia significativa que lleve al educador o educando a percibir la realidad real, de tal manera, sirva como modelo para su imitación en el laboratorio o área de trabajo. En este orden de ideas, lo definido por Abud (2009) redondea de manera clara la columna vertebral del CTV siendo eje de un modelos simulador de la realidad con base lo establecido por Vidal & González (2002) que finalmente permiten generar una cultura científica para la resolución de problemas de cualquier índole que se desarrollen en laboratorio (Reigosa & Jiménez, 2000), como los que acomete el CTV.

Conclusiones

Con la aplicación de nuevas y actualizadas tecnologías usadas para el desarrollo de software con perspectiva a la construcción de material didáctico multimedia, se mejora la usabilidad, y por añadidura la experiencia del usuario, educador y educando, permitiendo el aprendizaje de los interesados, particularmente, en el área de cultivo de tejidos vegetales que requiere conceptos claros y habilidades técnicas específicas. Además, la sincronización de las animaciones, simulaciones y contenidos digitales, sumando la disponibilidad en la web, permite ampliar el acceso a las temáticas en estudio y a mejorar el rendimiento de los estudiantes en CTV con énfasis en la producción agraria y su desarrollo sostenible y sustentable con el ambiente, particularmente, ahondado el manejo y conservación de especies endémicas y nativas.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Dirección General de Investigaciones de la Universidad de los Llanos por su apoyo y financiación del proyecto “Desarrollo de laboratorio virtual de cultivo de tejidos vegetales, utilizando una estrategia metacognitiva para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Agronómica y Licenciatura en Producción Agropecuaria de la Universidad de los Llanos”.

Literatura citada

1. Abud, A. (2009). Me ISE: Metodología de Ingeniería de software educativo. *Revista internacional de educación en ingeniería*. 2 (1), 1-9.
2. Carnoy, M. (2004). Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos. UOC.19 p. Recuperado de: *http://www.uoc.edu/inaugural04/esp/carnoy1004.pdf*
3. Gonzales, C., Villa, J. & Bravo J. (2010). La biotecnología como empresa". *Unicauca*. 8(1), 83-92.
4. Guzmán, J. (2006). Las TIC y las crisis de la educación: algunas claves para su comprensión. Recuperado de: *http://www.virtualeduca.org/documentos/yanez.pdf.*
5. Hernández, D. (2016). Cómo medir optimizar velocidad página web. Recuperado de: *http://alfredohernandez-diaz.com/2015/09/29/comomedir-optimizar-velocidad-pagina-web/*
6. Hernández, M. (2008). Propuesta de apoyo para la gestión eficiente de la biotecnología. *Revista EAN*. 62, 5-26.
7. Levitus, G., Echenique, V., Rubistein, C., Hopp, E. & Mroginski, L. (2010). Biotecnología y mejoramiento vegetal II. ARGENBIO (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología). Ediciones: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 648 p.
8. Orozco, L. & Olaya, D. (2016). Indicadores del programa nacional de biotecnología. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. 23 p. Recuperado de: *https://es.scribd.com/document/3347516/Programa-Nacional-de-Biotecnologia-Indicadores*
9. Pérez, G. (2004). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. 2 Vol. Ed. La Muralla Madrid. 72 p.
10. Ramírez, H., Guevera, M. & Escobar, R. (2012). Cultivo de Tejidos Vegetales conceptos y prácticas. Guía de estudio. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Valle de Cauca, Colombia. 227p.
11. Reigosa, E. & Jiménez, P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias. 18*(2), 275-284.
12. Roca, W. & Mroginski, L. (1991). Cultivo de tejidos en la Agricultura. Fundamentos y aplicación. Centro de Investigación en Agricultura Tropical, Cali-Colombia. 969 p.
13. Romero, P., Domínguez, J. & Guillermo, C. (2010). El uso de las Tic´s en la educación de comunidades rurales y urbanas del sureste de México. *Revista de Educación a Distancia*. 22,1-19.
14. Varela, A., Bonilla, M. & Romero, A. (2014). Desarrollo de material multimedia en Morfología Vegetal y su implementación utilizando una estrategia metacognitiva para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de Licenciatura en Producción Agropecuaria, Universidad de los Llanos. In Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. 1-9.
15. Varela, A., Bonilla, M. & Romero, A. 2015. Implementación de Material Didáctico Multimedia en Histología Vegetal Mediante una Estrategia Metacognitiva para Fortalecer el Aprendizaje en los Estudiantes de I, II y IV Semestres de la Licenciatura en Producción Agropecuaria, Universidad de los Llanos. In 13th LACCEI Annual International Conference. 1-5.
16. Vidal, G. & González, H. (2002). Evaluación pedagógica del simulador del laboratorio químico modelchemlab. *Revista Pedagogía Universitaria*. 7 (4), 17-29.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Febrero 18 de 2017
Aceptado: Marzo 31 de 2017

La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual

The green economy: a necessary environmental and social change in today's world

A economia verde: uma mudança ambiental e social necessária no mundo de hoje

Oscar Iván Vargas Pineda[1], Juan Manuel Trujillo González[2] & Marco Aurelio Torres Mora[3]

[1]Ingeniero Agroindustrial; [2]Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Ambientales; [3]Biologo, Doctor en Tecnología Energética y Ambiental para el Desarrollo.

[1, 2, 3]Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana -ICAOC, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Campus posgrados. Villavicencio, Meta, Colombia.

[1]oscar.vargas@unillanos.edu.co, [2]jtrujillo@unillanos.edu.co, [3]mtorres38@gmail.com

Resumen

El concepto de economía verde es una de las estrategias globales para enfrentar las crisis económica y ambiental que sufren las sociedades contemporáneas. Metodológicamente, se aborda la conceptualización, los objetivos, la implementación y las críticas de diversos sectores de la sociedad a este nuevo paradigma económico. Se halló que autores y organizaciones civiles tienen grandes expectativas frente a los retos y desafíos de esta estrategia global que tiene dentro de sus objetivos la sustentabilidad, la erradicación de la pobreza y la inclusión de sectores sociales vulnerables. Se concluye que la economía verde puede aportar al mantenimiento de un ambiente sano y al uso adecuado de los servicios ecosistémicos, tanto para la generación presente como para las generaciones futuras.

Palabras clave: desarrollo sostenible, economía verde, inclusión social, recursos naturales.

Abstract

The concept of green economy is one of the global strategies to confront the economic and environmental crises faced by contemporary societies. methodologically, we approach the conceptualization, objectives, implementation and critiques of various sectors of society to this new economic paradigm. It was found that authors and civil organizations have high expectations of the challenges and challenges of this global strategy within their objectives of sustainability, poverty eradication and the inclusion of vulnerable social sectors. It is concluded that the green economy can contribute to the maintenance of a healthy environment and to the proper use of ecosystem services, both for the present generation and for future generations.

Key-words: sustainable development, green economy, social inclusion, natural resources.

Resumo

O conceito de economia verde é uma das estratégias globais para lidar com as crises econômicas e ambientais sofridas pelas sociedades contemporâneas. Metodologicamente, a conceituação, objetivos, implementação e críticas de diferentes setores

da sociedade são direcionados a este novo paradigma econômico. Verificou-se que as organizações e autores da sociedade civil têm grandes expectativas diante dos desafios e desafios dessa estratégia global, cujos objetivos incluem sustentabilidade, erradicação da pobreza e inclusão de setores sociais vulneráveis. Conclui-se que a economia verde pode contribuir para a manutenção de um ambiente saudável e o uso adequado dos serviços ecossistêmicos, tanto para a geração atual como para as gerações futuras.

Palavras chave: desenvolvimento sustentável, economia verde, inclusão social, recursos naturais.

Introducción

La última década ha traído una serie de inconvenientes para la humanidad, problemas como el cambio climático, escasez ambiental, la crisis en sectores de vital importancia para el desarrollo como la de combustibles, alimentos y agua, y finalmente al sistema financiero y al conjunto de la economía mundial (Bittencourt *et al.,* 2012; Martínez *et al.,* 2015; Junges, 2016). La crisis económica y ambiental provienen de un mismo origen y se potencian recíprocamente debido al modelo económico actual, que busca beneficios a corto plazo sin considerar a los ecosistemas como bienes escasos, ni las consecuencias que se generan sobre el ambiente y la sociedad (Câmara, 2014; Cruz, 2016).

Como respuesta a la problemática que se afronta en la actualidad surge una nueva tendencia en la economía, la economía verde, que se ha visto favorecida, indudablemente, por las dificultades que afronta el paradigma económico predominante, debido a la crisis y fracasos del mercado que se generó durante esta primera década del siglo XXI (Bittencourt *et al.,* 2012; Chacin & Abreu, 2015), en particular la crisis financiera y económica de 2008. Sin embargo, al mismo tiempo se evidencia un mejor camino a seguir (Martínez *et al.,* 2015; Esquivel *et al.,* 2016), un nuevo paradigma económico, en el cual la obtención de la riqueza material no se ha de obtiene a costa del incremento de los riesgos ambientales, la escases ecológica o la desigualdad social (PNUMA, 2011).

Este nuevo pensamiento económico busca estrategias para solucionar las diversas crisis que dificultaron el desarrollo de la sociedad mundial en los últimos años (Riosvelasco, 2016; Dressler *et al.,* 2016). Las consecuencias del cambio climático, la crisis de los alimentos, la reciente crisis económica y financiera y los bajos índices en la lucha contra la pobreza, fueron factores importantes para la definición del concepto, al que contribuyeron las Naciones Unidas a través del programa para el medio ambiente – PNUMA. En la cumbre de Río +20, el concepto de economía verde buscó generar un cambio al primado político general del desarrollo sostenible, formulado en 1992 en Río de Janeiro, en una estrategia multidimensional concreta, cuyo elemento central es un cambio económico estructural (PNUMA, 2011).

El concepto de economía verde no reemplaza al de desarrollo sostenible, pero en la actualidad se reconoce que, para alcanzar la sostenibilidad, es necesario cambiar el modelo de *economía marrón* (Bina, 2013; Riosvelasco, 2016), donde se alcanzaba riqueza sin tener en cuenta los problemas

tales como la desigualdad social o el agotamiento de los recursos (Herrán, 2012; Palma, 2016). La sostenibilidad sigue siendo un objetivo vital a largo plazo, y para alcanzarlo es necesario enverdecer la economía (PNUMA, 2011).

¿Qué es la economía verde?

El concepto de Economía Verde no es un concepto nuevo, fue introducido en 1984 por Pearce, Markandya y Barbier en su libro *Blueprint for a Green Economy,* donde se define como "un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que resulta en mejoras del bienestar humano en el largo plazo, sin comprometer a las generaciones futuras a riesgos ambientales y escasez ecológicas significativas" (Zúñiga *et al.,* 2015; Gasparatos *et al.,* 2017), sin embargo, hasta Río+20 fue introducido oficialmente (UNEP, 2012).

La economía y el ambiente actualmente logran un alto grado de interacción debido a la concienciación ambiental de la sociedad, teniendo en cuenta los daños que las actividades productivas causan sobre el entorno natural (Gudynas, 2011; Haidar & Berros, 2015). Muchas de estas actividades son causantes de procesos de contaminación en los recursos agua, aire, suelo y biodiversidad, que afectan de manera directa sobre la dinámica social (Bittencourt *et al.,* 2012; Díaz, 2016). Esa toma de conciencia ha permitido que se busquen alternativas más sostenibles y responsables con el ambiente (Law *et al.,* 2016), en el sentido de alcanzar una serie de acciones y regulaciones por parte del estado y de iniciativas sociales para controlar, minimizar, corregir y prevenir los efectos nocivos de las actividades económicas sobre el sistema natural. Este proceso de actividades se conoce en los medios, como economía verde (EOI y OPTI, 2010; Lebedev *et al.,* 2015).

El concepto de economía verde se relaciona con el de "economía ecológica", término que surge de la traducción al español de "*green economy*" (PNUMA, 2012). De tal manera, la economía verde fue presentada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, a finales de 2008, como un mecanismo integral y práctico de trabajo, que busca mediante el análisis y apoyo a las políticas de inversión incentivar los sectores verdes y cambiar los sectores económicos hostiles con el ambiente (Ambec *et al.,* 2013; Castro, 2016). Actualmente, la economía verde se describe como una economía que busca mejorar el bienestar humano y alcanzar la equidad social (Morganti, 2015; Fuentes & Lopez, 2015; Charan & Venkataraman, 2017), mediante la reducción significativa de los riesgos ambientales y el uso sostenible de los servicios ecológicos. Es la economía que busca un desarrollo con bajas emisiones de carbono, eficiente en el uso de los recursos y socialmente inclusiva (Campos, 2010; Morganti, 2015).

A nivel empresarial este concepto no tiene una definición clara (Jackson & Senker, 2011; Chacin & Abreu, 2015). En España, existen definiciones como la de *Fundació Fòrum Ambiental* de Cataluña, donde asume la economía verde como el conjunto de empresas y de actividades económicas dedicadas a la prevención –antes-, a la mitigación –durante- y/o la corrección –después- de los problemas generados a los sistemas naturales por las actividades antrópicas. Sin embargo, es necesario considerar que el concepto de economía verde deriva de una serie de discursos por parte de organizaciones a nivel mundial, entre los que se destacan los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. *Discursos de organizaciones destacadas sobre el concepto de economía verde.*

Organización	Discurso
Iniciativa Verde del Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP).	Surge el 2008 como respuesta a la crisis financiera, alimentaria y energética, llevó al Nuevo Acuerdo Verde Global (Global Green New Deal - GGND), que recomienda inversiones en las políticas públicas para impulsar la transición verde.
Estrategia de crecimiento verde (Green Growth Strategy - GGS) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).	También como respuesta a la crisis de 2008, como marco de su posición política para la Conferencia Rio+20. Con estrategias como los indicadores de progreso y una caja de herramientas para la elaboración de políticas para los países miembros.
"Estrategia Europa 2020" (Europe 2020 Strategy) de la Unión Europea	Otra respuesta a la misma crisis, donde la se adopta una estrategia de "crecimiento inteligente, sostenible y inclusivo" para un periodo de tiempo máximo de diez años
Enfoque "Transición e Inovación Verde" (Green Transition and Innovation approach) de Asia.	Surge en el 2009, publicando reportes sobre energía; ambiente y cambio climático; los recursos naturales; y las perspectivas culturales; introduciendo el concepto de "desarrollo verde", mediante innovaciones verdes.
El G-20 (Grupo de los 20 países industrializados y emergentes)	Que incluyó entre sus objetivos "una recuperación inclusiva, verde y sostenible".
Confederación Sindical International (International Trade Union Confederation - ITUC),	Surge el concepto e iniciativa de empleos verdes
Organizaciones de negocios europeas	Cuyos temas de desarrollo son tecnología de medio ambiente y ecoindustrias.

Fuente: (IBON, 2011).

Finalmente, según Carfi & Schilirò (2012) una economía verde es aquella que se apoya en tres estrategias principales: la reducción de las emisiones de carbono, una mayor eficiencia energética y el uso de recursos naturales, y la prevención de la pérdida de la biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos. Para lograr la implementación de esas estrategias es necesario el apoyo mediante inversiones a nivel público y privado, como también el de reformas políticas y cambios regulatorios (Jones & Carabine, 2013; Gehring, 2016). Es indispensable por lo tanto preservar, fortalecer y cuando así se requiera, reconstruir el capital natural como un activo económico y de beneficio público, del cual dependen algunos sectores de la sociedad para su desarrollo (Díaz, 2016).

Objetivos de la economía verde

Es importante revisar antes de abordar los objetivos de la economía verde, el contexto del orden mundial, donde los problemas ambientales globales, como el cambio climático, pueden generar consecuencias irreparables para la humanidad (Le Quang, 2015; Charan & Venkataraman, 2017). En ese orden de ideas, a nivel económico, en la actualidad se presenta un incremento en el precio de los combustibles renovales, en el precio de los alimentos y en el de las materias primas (Jackson & Senker, 2011; Trigoso *et al.,* 2016). El aumento de la demanda de energía (pronosticado por la Agencia Internacional de la Energía -AIE), muestra que la dependencia en el uso del petróleo y de otros combustibles fósiles continuará por un largo tiempo (Lucio, 2015; Gasparatos *et al.,* 2017). La seguridad alimentaria, a nivel general no ha dimensionado el problema, por tal razón, no se están generando soluciones alternativas para alimentar a una población de nueve mil millones de personas en el año 2050 (Vaque, 2016; Dressler *et al.,* 2016). La escasez de

agua dulce es un problema mundial y las previsiones indican que para el 2030 habrá un desequilibrio mayor entre la demanda anual y el suministro renovable de agua dulce (Dercon, 2014; Monzonís *et al.,* 2015; Mekonnen & Hoekstra, 2016). Con respecto a la dinámica social, según UNICEF & OMS (2015), para los servicios básicos de saneamiento se evidencia que aproximadamente 663 millones de personas en el mundo se encuentran sin acceso al agua potable. Todos estos problemas representados en las actuales crisis, están afectando la capacidad para sostener la prosperidad en todo el mundo y alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio –ODM- que erradicarían la pobreza extrema.

Una de las principales acciones que busca la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible, es la erradicación de la pobreza, de manera que se garantice una mejor calidad de vida, sin afectar los recursos naturales (Ciocoiu, 2011; Esquivel *et al.,* 2016). Por esta razón, difundir el concepto de economía verde sin tener en cuenta las necesidades de los grupos vulnerables y el deterioro natural es un error, considerando que no se garantiza una recuperación de la dinámica ambiental y social en el corto, mediano y largo plazo (Câmara, 2014; Haidar & Berros, 2015). De acuerdo Biswas & Roy (2015) Las estrategias propuestas para alcanzar estos objetivos son mostradas en la Figura 1.

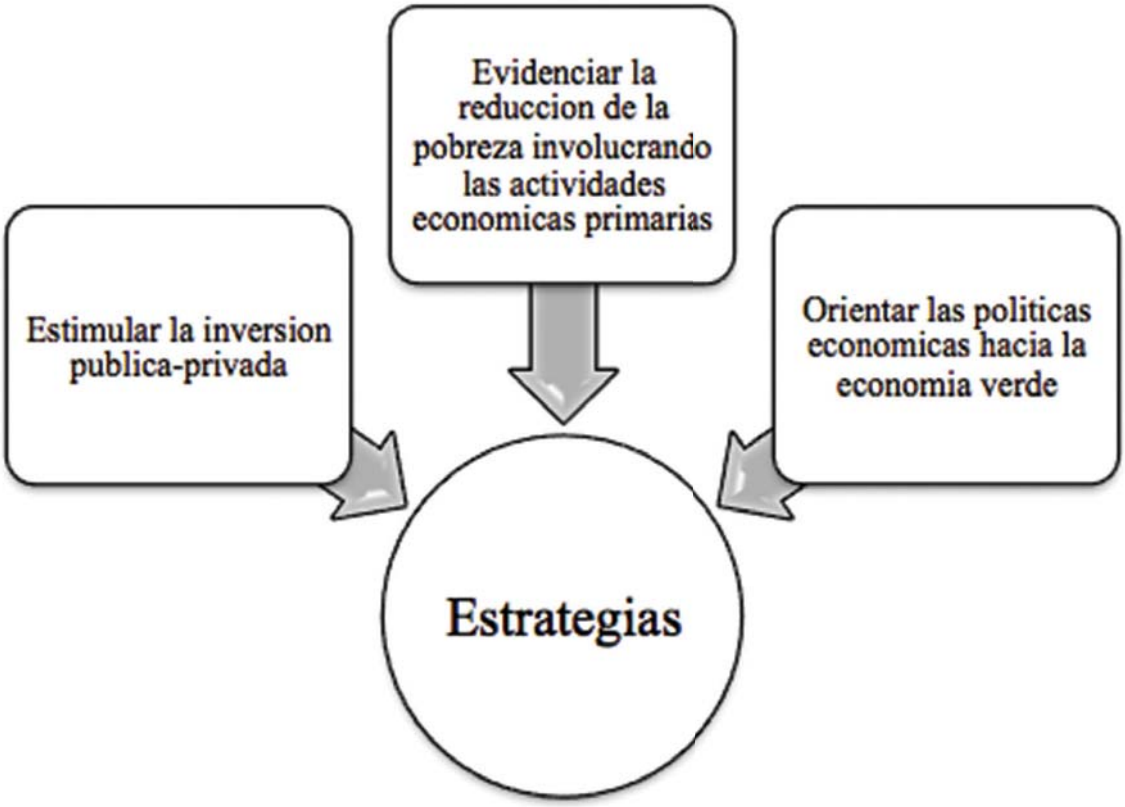

Figura 1. Estrategias para lograr los objetivos de la economía verde.

El Informe sobre la Economía Verde –GER- de PNUMA, contrasta con la "Economía Marrón", cuyo motor de crecimiento es el capital físico-tecnológico y financiero, o capital construido, cuya riqueza se produce al costo de una dependencia excesiva de los combustibles fósiles, del agotamiento de los recursos naturales y de las pérdidas ambientales. Por otro lado, la economía verde, se dimensiona hacia el capital natural, que puede alcanzar niveles de crecimiento y de empleos similares a los de la economía marrón y superarla en el mediano y largo plazo, asegurando mayores beneficios ambientales y sociales en su implementación (Bianchi & Szpak, 2016; Le Quang, 2015).

Para lograr la transición hacia la economía verde se consideraron ocho sectores principales de la economía con capacidad para: disminuir la pobreza, invertir en el capital natural y de su recuperación, generar empleos y mejorar la equidad social, incentivar a las energías renovables y eficiencia energética, la movilidad y sustentabilidad urbana (UNEP, 2011), un resumen de estos sectores puede verse en la Tabla 2.

Tabla 2. *Sectores de la economía fundamentales para lograr la transición hacia la economía verde.*

Sector	Descripción
Bosques	Reducir la deforestación, aumentando la reforestación; certificar los productos provenientes de los bosques y el pago de servicios ambientales.
Agropecuario	Cambiar las prácticas de administración del uso de fertilizantes, agua; semillas; mecanización de áreas cultivables; el manejo integral de pesticidas y nutrientes.
Recursos hídricos	Conservar las fuentes de aguas subterráneas y superficiales, con el uso eficiente del recurso, para generar condiciones de calidad de vida aceptable a la población.
Pesca	Generar el aumento sostenible de actividades innovadoras de producción y el financiamiento para reducir el exceso de pesca a nivel mundial.
Ecoturismo	Conducir al desarrollo de la economía local, con el aumento de la participación de la comunidad local, de los grupos vulnerables, en la cadena de valor del turismo.
Energías renovables	Aumentar la matriz energética proveniente de fuentes renovables, invirtiendo en los biocombustibles, aplicaciones fotovoltaicas y eólicas, entre otras.
Transporte	Modificar el transporte privado a público, teniendo en cuenta que la movilidad depende del uso del territorio, es necesario mejorar una adecuada planeación.
Industria de manufactura	Fortalecer la producción mediante la prolongación de la vida útil de los productos f, con procesos de rediseño y reciclaje, aumentando la eficiencia del uso de los recursos naturales y energéticos.

Fuente: D'Avignon & Cruz (2011); Gibbs & O'Neill (2015)

Con base en el documento del PNUMA, "hacia una economía verde", se observa que sus objetivos conducen a alcanzar bajas emisiones de carbono, a utilizar los recursos naturales de forma eficiente y es socialmente incluyente.

Implementación de la economía verde

Para optimizar la implementación de este modelo económico se deben incentivar los sectores de la producción que inciden directamente con el ambiente, mediante el uso de alternativas viables y razonables por parte del sector público en general (Mancilla & Carrillo, 2011; Loiseau *et al.,* 2016), tal como se expresa en la Figura 2.

Figura 2. Alternativas para ser implementadas en el sector público en general

Fuente: Mancilla & Carrillo (2011); Loiseau *et al*., (2016).

Teniendo en cuenta lo anterior y estudios realizados por la UNEP (2011) en el informe *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*, para potencializar y alcanzar una economía verde se requiere invertir anualmente el 2% del PIB global, lo que permitiría mantener el ritmo actual de crecimiento económico y a su vez lograr cambios hacia procesos sostenibles (Riosvelasco, 2016). Adicionalmente, es necesario por parte de los Estados promover los incentivos fiscales, medidas de comando y control, e instrumentos económicos que ayuden a la conservación de los recursos naturales (Coronel, 2012; Kumar, 2017). Todas las inversiones junto con las reformas políticas, deben impulsar la transformación de los sectores involucrados en la economía verde, de manera que adquieran una posición competitiva en el largo plazo (Gehring, 2016; Biswas & Roy, 2015).

La reconfiguración de la economía hacia el marco de la sostenibilidad puede conducir a la ecoeficiencia, es decir, al uso más eficiente de los recursos naturales y de beneficios a la sociedad, tales como la generación de “empleos verdes”, y en un nivel macro a reducir la pobreza, a minimizar las desigualdades de ingresos, y de esta manera lograr una economía con crecimiento incluyente (Morganti, 2015). Para alcanzar este fin, las opciones son amplias y variadas, incluyen desde la generación directa de empleos verdes, el acceso a bienes y servicios ambientales por parte de las comunidades marginadas, la estructuración de estrategias específicas de

transferencia monetaria condicionada, los subsidios directos a ciertos sectores industriales y la reestructuración de la política nacional de compras públicas (Zapata, 2011; Pitkänen *et al*., 2016).

Yeyanran & Qiang (2016), enuncian que además de las inversiones propuestas es necesario consolidar aspectos como: marcos regulatorios sólidos, limitar el gasto en áreas que agotan el recurso natural, aplicar impuestos e instrumentos basados en el mercado que permitan modificar las preferencias de los consumidores y estimulen la inversión verde y la innovación, inversión en la formación y desarrollo de capacidades, al igual que el fortalecimiento de los procesos de gobernanza en todo nivel.

También Saikku *et al.* (2015), proponen la necesidad de esquemas regulatorios o de normalización en materia de derecho ambiental dirigido a sectores como:

- La construcción con eficiencia energética.
- Aumento en los estándares de emisiones para vehículos.
- El aumento de porcentaje de la matriz energética de los países con energías renovables.
- El manejo económico de los residuos y del reciclaje.
- El desarrollo urbano planificado y del transporte, donde se tengan en cuenta medios alternativos.
- El ecoetiquetado de productos de consumo masivo.

Otras consideraciones importantes para lograr la transición hacia una economía verde se encuentran a nivel internacional en los Acuerdos multilaterales ambientales (Kumar, 2017), donde se establecen los marcos legales e institucionales para abordar los desafíos ambientales globales (Pitkänen *et al*., 2016). Entre estos acuerdos se destacan el de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la renovación de un acuerdo pos-Kyoto para el carbono (Biswas & Roy, 2015). Pero de igual forma, todas estas consideraciones no pueden abordarse indistintamente para todos los países, sino que se debe plantear una manera diferencial en cuanto al abordaje de la economía verde, para lo que se propone dividir los países en tres grupos con ciertas características (Khor, 2011; Serrano, 2015), pero a su vez con algún grado de responsabilidad, de la siguiente forma:

- Países desarrollados: con un papel de pioneros, pero con la obligación de modificar sus patrones de producción y consumo.
- Países en desarrollo: con la posibilidad de alcanzar sus objetivos dentro de los esquemas de la sostenibilidad.
- Países industrializados: que deben garantizar ayuda financiera y tecnológica a los países en desarrollo.

Críticas a la economía verde

Desde grupos de la sociedad civil y gobiernos surgen críticas hacia la transición a una economía verde, teniendo en cuenta que no aborda de manera adecuada o clara los aspectos sociales, económicos y ecológicos, pilares del desarrollo sostenible (Geng *et al.,* 2017), sino que, por el contrario, puede entrar a convertirse en un nuevo marco para el desarrollo sostenible, substituyendo los tres pilares mencionados (Loiseau *et al.,* 2016). Desde el Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente, se afirma que “el logro de la sostenibilidad depende considerablemente de la adecuación en la economía”, lo que hace necesario examinar el concepto de una economía verde y la manera en cómo se promovería la sostenibilidad económica, ecológica y social dentro de esta.

Otra crítica que aparece es el carácter economicista de la economía verde, que, aunque tiene como base la producción de sectores más sostenibles que permiten reducir problemas ambientales, sigue teniendo como patrón económico la acumulación y el crecimiento infinito (Lander, 2011; Karakul, 2016). Para Droste *et al.* (2016), superar el orden económico actual, supondría la necesidad de convertir la producción económica a términos físicos, de manera que se haga evidente la capacidad finita de los recursos naturales y de asimilación de los deshechos de la actividad antrópica en el planeta. Unmüßig *et al.* (2012) y Diyar *et al.* (2014), afirman que la economía verde es un término inapropiado, equívoco científico y filosófico, con el que no se logrará el desarrollo

sostenible y la erradicación de la pobreza. También Montefrio & Dressler (2016), añaden que se construyó a partir de ambigüedades, sin sustento científico o filosófico, y que por el contrario permitirá legitimar la apertura de mercados, crear más tensión con la diversidad ecológica y cultural del planeta y de la humanidad.

En el debate ético, se señala que la economía verde está enmarcada en un fundamentalismo neoliberal, modelo de visión antropocéntrica (Musango *et al*., 2014), para lo cual se plantea por lo tanto la necesidad de abordar otras formas de relación de los seres humanos con su entorno (Mundaca *et al.,* 2016), de explorar el significado de otras cosmovisiones y/o patrones culturales basados en el reconocimiento de los derechos de la naturaleza, expuestos por algunas sociedades latinoamericanas (Serrano, 2015; Lindman & Söderholm, 2016). Desde sectores sociales radicales, la economía verde no es más que el modelo imperante con el nombre de verde, distante del paradigma actual, que tiene dominación de la naturaleza para extraer de ella los mayores beneficios posibles para los negocios y para el mercado (Shan & Niles, 2016), y no busca realmente otro paradigma de economía de preservación, conservación y sostenimiento de toda la vida (Potts *et al.,* 2014; Pérez, 2016).

Conclusiones

La economía verde se convierte en un modelo que promueve el crecimiento, la creación de ingresos y puestos de trabajo, “empleos verdes”, que procura generar un cambio en la interacción entre progreso económico y sostenibilidad ambiental, en particular si la riqueza se mide teniendo en cuenta los bienes naturales y no únicamente la productividad. Junto a lo anterior también aporta de manera sustancial en la reducción de la desigualdad social entre países y en la erradicación de la pobreza en el mundo. De igual forma es necesario abordar maneras que logren anular las ideas de liberalización de los mercados y que fomenten las relaciones comerciales en condiciones de igualdad entre el Norte y el Sur.

Cabe resaltar que la implementación de la economía verde puede lograr cambios tecnológicos que permitan la adopción de estrategias ambientalmente sostenibles, que hacen uso de los recursos naturales de manera responsable y que los residuos propios de su actividad pueden ser reincorporados al proceso productivo, disminuyendo de esa forma las causas de contaminación. Pero para alcanzar los objetivos propuestos por la economía verde es necesario que las alternativas propuestas sean aceptadas y desarrolladas tanto por los países desarrollados y en vía de desarrollo, mediante la asignación de recursos económicos necesarios, mayor rigurosidad en las normatividades ambientales, la creación de subsidios a las actividades amigables con el ambiente, al igual que la optimización de los procesos de planificación del territorio. Asimismo, es necesario crear un nuevo marco económico que permita a los países concertar en un mismo nivel, sin perder de vista las premisas fundamentales del desarrollo sostenible.

Por último, la economía verde procura dentro de sus objetivos la erradicación de la pobreza y la inclusión de sectores sociales vulnerables, para alcanzar un desarrollo económico dentro de parámetros de la sostenibilidad, es decir el mantenimiento de un ambiente sano y el uso adecuado de los servicios ecosistémicos, tanto para la generación presente como para las generaciones futuras.

Literatura Citada

1. Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S. & Lanoie, P. (2013). The Porter hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of environmental economics and policy*, 7(1), 2-22.
2. Bianchi, E. & Szpak, C. (2016). Empleo verde: el rol del estado y las empresas ante el cambio climático. *Revista Argentina de Investigación en Negocios*, 2(1-2), 7-20.
3. Bina, O. (2013). The green economy and sustainable development: ¿an uneasy balance? *Environment and Planning C: Government and Policy*, 31(6), 1023-1047.
4. Biswas, A. & Roy, M. (2015). Green products: an exploratory study on the consumer behaviour in emerging economies of the East. *Journal of Cleaner Production*, 87, 463-468.
5. Bittencourt, A. L., Vieira, R. S. & Martins, Q. J. N. (2012). Economia verde: conceito, críticas e instrumentos de transição. *Revista Direito e Política*, 7(2), 788-811.

6. Câmara, J. B. D. (2014). Reflections on the Green Economy (Redemption of the Principles of Mill and Pigou): A View of a Brazilian Environmentalist. *Journal of Environmental Protection*, 5(12), 1153.
7. Campos, M. (2010). Economía verde. *Revista Éxito Empresarial* (151), 1-4.
8. Castro de Doens, L. (2016). Financiamiento verde para el desarrollo sostenible. *Economía y Desarrollo*, 156(1), 155-167.
9. Carfì, D. & Schilirò, D. (2012). A coopetitive model for the green economy. *Economic Modelling*, 29(4), 1215-1219.
10. Chacin, J. & Abreu, Y. J. (2015). Logística Verde y Economía Circular Green Logistics and Circular Economics. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 80-91.
11. Charan, A. S. & Venkataraman, H. (2017). Greening the Economy: A Review of Urban Sustainability Measures for Developing New Cities. *Sustainable Cities and Society,* 32, 1-8.
12. Ciocoiu, C. N. (2011). Integrating digital economy and green economy: opportunities for sustainable development. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 6(1), 33.
13. Coronel, D. (2012). Breve análisis sobre la economía verde. *Ecosostenible*, documento de trabajo 001-2012.
14. Cruz, P. S. C. (2016). Recursos naturales en la economía: ¿es posible el crecimiento verde? *Revista Arbitrada Formación Gerencial*, 15(1), 25-50.
15. Dercon, S. (2014). ¿Is green growth good for the por? *The World Bank Research Observer*, *29*(2), 163-185.
16. Dressler, W., de Koning, J., Montefrio, M. & Firn, J. (2016). Land sharing not sparing in the "green economy": The role of livelihood bricolage in conservation and development in the Philippines. *Geoforum*, 76, 75-89.
17. Díaz, J. R. (2016). Economía Verde y Empleo: las potencialidades laborales de la" Transición Ecológica" en España/Green Economy and Employment: employment potential of the ecological transition in Spain. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 34(2), 433.
18. Diyar, S., Akparova, A., Toktabayev, A. & Tyutunnikova, M. (2014). Green Economy–Innovation-based Development of Kazakhstan. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 140, 695-699.
19. Droste, N., Hansjürgens, B., Kuikman, P., Otter, N., Antikainen, R., Leskinen, P. & Thomsen, M. (2016). Steering innovations towards a green economy: Understanding government intervention. *Journal of Cleaner Production*, 135, 426-434.
20. D'Avignon, A. & Cruz, L. (2011). El carácter necesariamente sistémico de la transición en dirección a la economía verde. *Economía verde: desafíos y oportunidades, (8)* ,18-37.
21. Escuela de organización industrial & fundación OPTI (2010). Informe Empleo verde en una economía sostenible. Green Job.
22. Esquivel Alcántara, S. E., Salgado Vega, M. D. C. & Rodríguez Marcial, R. (2016). Empleo verde y cambio climático: una disertación.21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán. AMECIDER – ITM.
23. Fuentes, M. V. & López, M. D. L. V. (2015). El campo de la investigación social: la sustentabilidad como concepto problematizador. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación.*, 6(1), 1-18.
24. Gasparatos, A., Doll, C. N., Esteban, M., Ahmed, A. & Olang, T. A. (2017). Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 161-184.
25. Gehring, M. (2016). La Transición Legal a una Economía Verde. *Revista de Derecho Ambiental*, 6, 8-43.
26. Geng, R., Mansouri, S. A., Aktas, E. & Yen, D. A. (2017). The role of Guanxi in green supply chain management in Asia's emerging economies: A conceptual framework. *Industrial Marketing Management*, 63, 1-17. *https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.01.002*
27. Gibbs, D. & O'Neill, K. (2015). Building a green economy? Sustainability transitions in the UK building sector. *Geoforum*, 59, 133-141.
28. Gudynas, E. (2011). Desarrollo sostenible: una guía básica de conceptos y tendencias hacia otra economía. *Otra Economía*, 4(6), 43-66.
29. Haidar, V. & Berros, V. (2015). Entre el sumak kawsay y la "vida en armonía con la naturaleza". *Revista THEOMAI. Estudios críticos sobre Sociedad y Desarrollo* 32, 128 – 150.
30. Herrán, C. (2012). El camino hacia una economía verde. Producción: Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert – FES. México. Recuperado de: *http://www.fes-energiayclima.org/*
31. IBON. (2011). La economía verde: ¿Ganancias o pérdidas para los pobres del mundo? IBON International.
32. Jackson, T. & Senker, P. (2011). Prosperity without growth: Economics for a finite planet. *Energy & Environment*, 22(7), 1013-1016.
33. Jones, L. & Carabine, E. (2013). Exploring Political and Socio-Economic Drivers of Transformational Climate Policy: Early Insights from the Design of Ethiopia's Climate Resilient Green Economy Strategy. Overseas Development Institute, Working Paper. *http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2646522*
34. Junges, J. R. (2016). Principios ecológico-éticos de la sostenibilidad socio ambiental: el caso de la Economía y de la Agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioética*, 1, 1-13.
35. Karakul, A. K. (2016). Educating labour force for a green economy and renewable energy jobs in Turkey: A quantitave approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 568-578.
36. Khor, M. (2011). Challenges of the green economy concept and policies in the context of sustainable development, poverty and equity. *The Transition to a Green Economy: Benefits, Challenges and Risks from a Sustainable Development Perspective*, 97p. Recuperado de *http://purochioe.rrojasdatabank.info/transition-4.pdf*

37. Kumar, P. (2017). Innovative tools and new metrics for inclusive green economy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 24, 47-51.

38. Lander, E. (2011). Informe: La economía verde: el lobo se viste con piel de cordero. *Transnational Institute*. 10p. *https://www.tni.org/files/download/green-economy_es.pdf*

39. Law, A., De Lacy, T., Lipman, G. & Jiang, M. (2016). Transitioning to a green economy: the case of tourism in Bali, Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 111, 295-305.

40. Le Quang, M. (2015). Buen Vivir y Ecosocialismo. Enfoques teóricos y políticas públicas. *Revista THEOMAI. Estudios críticos sobre Sociedad y Desarrollo,* 32, 4 – 12.

41. Lebedev, Y., Anufriev, V., Lebedeva, T., Kaminov, A. & Yachmenyova, A. (2015). Professional Training of Future Green Economy Specialists and Strategic Priorities for Sustainable Subsurface Management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 214, 657-666.

42. Lindman, ⍰. & Söderholm, P. (2016). Wind energy and green economy in Europe: Measuring policy-induced innovation using patent data. *Applied Energy*, 179, 1351-1359.

43. Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K. & Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 139, 361-371.

44. Lucio, P. (2015). La necesaria transición energética. *El siglo de Europa*. 1133, 25-25.

45. Mancilla, A. S. & Carrillo, S. M. (2011). La Economía Verde desde una perspectiva de América Latina. *Fundación Friedrich Ebert en Ecuador, FES-ILDIS*. Disponible en: *www. fes-ecuador. org*

46. Martínez Rodríguez, M. C., Mora Arellano, P. & Reynoso Pérez, R. (2015). Economía verde vs. economía azul: un análisis de viabilidad. 20° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Cuernavaca, Morelos del 17 al 20 de noviembre de 2015. AMECIDER – CRIM, UNAM.

47. Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science advances*, 2(2), e1500323. *https://doi.org/ 10.1126/sciadv.1500323*

48. Montefrio, M. J. F. & Dressler, W. H. (2016). The Green Economy and Constructions of the "Idle" and "Unproductive" Uplands in the Philippines. *World Development*, 79, 114-126.

49. Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T. & Paredes-Arquiola, J. (2015). A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, 482-493.

50. Morganti, P. (2015). Bionanotechnology & Bioeconomy for a Greener Development. *J. Appl. Cosmetol*, 33, 51-65.

51. Mundaca, L., Neij, L., Markandya, A., Hennicke, P. & Yan, J. (2016). Towards a Green Energy Economy? Assessing policy choices, strategies and transitional pathways. *Applied Energy*, 179, 1283-1292. *https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.086*

52. Musango, J. K., Brent, A. C. & Bassi, A. M. (2014). Modelling the transition towards a green economy in South Africa. *Technological Forecasting and Social Change*, *87*, 257-273.

53. Palma, J. G. (2016). Algunos Aspectos de la Economía Latinoamericana Actual y de su Contexto Internacional. *Políticas Públicas*, 9(1). Recuperado de: *http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/politicas/article/viewFile/2543/2331#*

54. Pearce, D. W., Markandya, A. & Barbier, E. (1989). Blueprint for a green economy. Ed: Earthscan. 192p.

55. Pérez, M. (2016). Ecoinvolucrate: Alternativa para la sostenibilidad en la Arquitectura. *Estoa. Revista de la Facultad de arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, (5), 29-35.

56. Pitkänen, K., Antikainen, R., Droste, N., Loiseau, E., Saikku, L., Aissani, L. & Thomsen, M. (2016). What can be learned from practical cases of green economy?–studies from five European countries. *Journal of Cleaner Production*, 139, 666-676.

57. PNUMA. (2011). Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza. Síntesis para los encargados de la formulación de políticas. New York: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de: *www.unep.org/greeneconomy*

58. PNUMA. (2011). Green Economy Developing Countries Success Stories. New York: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de: *www.unep.org/greeneconomy*

59. PNUMA. (2011). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nueva York: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de: *www.unep.org/greeneconomy*

60. PNUMA (2012). Economía Verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza: Una perspectiva desde América Latina y el Caribe. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Ecuador. Disponible en: *http://bit.ly/2p8ha3n*

61. Potts, J., Lynch, M., Wilkings, A., Huppé, G., Cunningham, M. & Voora, V. (2014). The state of sustainability initiatives review 2014: Standards and the green economy. *International Institute for Sustainable Development (IISD) and the International Institute for Environment and Development (IIED)*, 332.

62. Riosvelasco, P. O., Argüelles, V. T., Morales, S. N., Gómez, E. A. M., Castaño, V. M. & Solís, S. S. (2016). Conceptos de una industria verde: revisión de literatura. *CULCyT*, (55).

63. OMS/UNICEF *(2015).* Progresos en materia de agua potable y saneamiento Informe de actualización 2015 y evaluación del ODM. 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza. Recuperado de*: http://bit.ly/2tvdQSN*

64. Saikku, L. Antikainen, R. Droste, N. Pitkänen, K. Loiseau, L. Hansjürgens, B. Kuikman, P. Leskinen, P. & Thomsen, M. (2015). Implementing The Green Economy In Aeuropean Context Lessonslearned From Theories, Conceptsand Casestudies. *Partnership For European Environmental Research*, Peper Report 13 – 19.

65. Shah, K. U. & Niles, K. (2016). Energy policy in the Caribbean green economy context and the Institutional Analysis and Design (IAD) framework as a proposed tool for its development. *Energy Policy*, 98, 768-777.

66. Serrano, M. M. (2015). Cambio Climático y la Gran Transformación del Siglo XXI: Hacia un Futuro Sostenible. *Derecho & Sociedad*, (35), 146-151.

67. Trigoso, V. R., Rojas, A. J. M., Silveira, B. M. I., Gómez, T. L., Ruiz, M. W., Lozano, M. B. & Ríos, R. J. (2016). Caracterización fisicoquímica de arenas en el distrito de San Juan Bautista y su potencial uso en la fabricación de celdas solares. *Conocimiento Amazónico*, 4(1), 29-41.

68. Unmüßig, B., Fatheuer, T. & Sachs, W. (2012). Crítica a la Economía Verde Impulsos para un futuro social y ecológicamente justo. Ed: Fundación Heinrich Böll. 46p. Recuperado de: *https://mx.boell.org/sites/default/files/gruene_oekonomie_.pdf*

69. UNEP. (2011). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, Recuperado de : *www.unep.org/greeneconomy*

70. UNEP (2012). Economía Verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza: Una perspectiva desde América Latina y el Caribe. XVIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. United Nations Environment Programe. Recuperado de: *http://bit.ly/2ueZvXJ*

71. Vaqué, L. G. (2016). El impacto de la implantación de una "Economía Circular" para la Industria alimentaria en la Unión Europea. *BoDiAlCo*, (18), 3-7.

72. Yeyanran G. & Qiang, Z. (2016). Literature Review: The Green Economy, Clean Energy Policy and Employment. *Journal Energy Procedia,* 88, 257 – 264.

73. Zapata, C. (2011). El papel del crecimiento incluyente en la economía verde en los países en desarrollo. *Economía verde: desafíos y oportunidades, (8),* 73 – 79.

74. Zúñiga-González, C. A., Blanco-Roa, N. E., Berrios, R., Martínez-Avendaño, J. & Navas-Calderón, J. (2015). Impacto de la reducción de Metano en las Economías Verde de los sistemas de producción pecuaria de América Latina. Universitas (León). *Revista Científica de la UNAN-León*, 6(1), 30-48.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 15 de 2017
Aceptado: Abril 27 de 2017

Etnobotánica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia

Ethnobotanical and uses of the plants of the rural community of Sogamoso, Boyacá, Colombia

Etnobotânica e uso de plantas na comunidade rural de Sogamoso, Boyacá, Colômbia

Manuel Galvis Rueda[1] & Manuel Torres Torres[2]

[1]Licenciado en Biología, Especialista en Ecología, Especialista en Gestión Ambiental. Magister en Educación.
[2]Ingeniero Agrónomo, Especialista en Ingeniería Ambiental. Magister en Administración de Negocios, Candidato a Doctor en Ingeniería Ambiental.

[1]Universidad Pedagógica de Colombia - Grupo de Investigación GECOS. [2]Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Grupo de Investigación GIGASS-Semillero de Investigación Germinando una e-idea

[1]manuelgalvis@gmail.com, [2]manuel.torres@unad.edu.co

Resumen

Se investigó el uso de plantas medicinales entre los habitantes de Sogamoso, población agraria en el departamento de Boyacá, Colombia, donde campesinos en sus huertos y paisajes de zona andina y páramo preservan y usan una alta diversidad de plantas, manteniendo una cultura de saberes tradicionales, para el tratamiento de enfermedades humanas o de uso etno-veterinario; aprovechando así los beneficios que conlleva la conservación, para preservar y utilizar especies registradas. La metodología desarrollada fue una investigación de acción participativa, donde se realizaron encuestas de tipo específico a 100 personas, quienes expresaron tener un uso de las plantas medicinales. Se incluyó la caracterización ecológica de la zona elegida, comprendiendo las microcuencas de río Monquirá y río Cusiana, donde los recursos *in-situ* fueron inventariados con la comunidad, recopilándose fotografías, usos de las plantas nativas, exóticas o cultivadas en huertos. Como resultado se obtuvo la descripción a nivel botánico, ecológico, climático, así como las prácticas para la conservación o siembra, inventariándose más de 178 especies, en 55 familias con sus respectivos usos medicinales y formas de preparación, incluyendo la categorización de plantas frías, calientes, de aplicaciones externas o de elaboración de productos. Se recopilo el saber popular y se rescató el uso tradicional de plantas medicinales nativas que poseen los mayores o abuelos y que es transmitido de generación en generación.

Palabras clave: Etnobotánica, plantas medicinales, tradición, uso

Abstract

It was investigated the use of medicinal plants among the inhabitants of Sogamoso, agrarian population in the Department of Boyacá, Colombia, where peasants in their orchards and landscapes of Andean and Páramo area preserve and use a high diversity of plants, maintaining a Culture of traditional knowledge, for the treatment of human diseases or of ethno-veterinary use; Taking advantage of the

benefits of conservation, to preserve and use registered species. The methodology developed was a participatory action research, where specific type surveys were conducted to 100 people, who expressed their use of medicinal plants. The ecological characterization of the chosen area was included, including the microwatersheds of Río Moniquirá and Río Cusiana, where the in-situ resources were inventoried with the community, recopilándose photographs, uses of native, exotic or cultivated plants. In orchards. As a result, the description was obtained at the botanical level, ecological, climatic, as well as practices for the conservation or sowing, inventariándose more than 178 species, in 55 families with their respective medicinal uses and forms of preparation, including the categorization of cold, hot plants, external applications or product elaboration. Popular knowledge was compiled and the traditional use of native medicinal plants owned by the elderly or grandparents and transmitted from generation to generation, was rescued.

Key-words: Ethnobotany, medicinal plants, tradition, use

Resumo

O uso de plantas medicinais foi investigado entre os habitantes de Sogamoso, uma população agrária no departamento de Boyacá, Colômbia, onde camponeses em seus pomares e paisagens dos Andes e páramo preservam e usam uma grande diversidade de plantas, mantendo uma cultura de conhecimento tradicional, para o tratamento de doenças humanas ou etno-veterinárias; aproveitando os benefícios da conservação, para preservar e usar espécies registradas. A metodologia desenvolvida foi uma pesquisa participativa, onde foram realizadas pesquisas de tipo específico para 100 pessoas, que expressaram uso de plantas medicinais. A caracterização ecológica da área selecionada foi incluída, incluindo as microquencas do rio Monquirá e do rio Cusiana, onde os recursos in situ foram inventariados com a comunidade, coletando fotografias, uso de plantas nativas, exóticas ou cultivadas em pomares. Como resultado, a descrição foi obtida a nível botânico, ecológico e climático, bem como práticas de conservação ou plantio, inventando mais de 178 espécies em 55 famílias com seus respectivos usos medicinais e formas de preparação, incluindo a categorização de plantas frias, Hot, aplicações externas ou desenvolvimento de produtos. O conhecimento popular foi coletado e o uso tradicional de plantas medicinais nativas que os anciãos ou avós possuíam e transmitido de geração em geração foi resgatado.

Palabras clave: Etnobotânica, plantas medicinais, tradição, uso

Introducción

El norte de los Andes se caracteriza por una alta diversidad biológica y gran cantidad de endemismos. Al mismo tiempo, se considera una de las ecoregiones más amenazadas del mundo (Olson & Dinerstein, 1998). En Colombia, la región Andina ya ha sido transformada en un 63% debido a una fuerte presión sobre los recursos naturales ya que el 70% de la población nacional está asentada en esta región (IvH, 2003). En la cordillera oriental colombiana, la cual ya está deforestada en más de un 60%, se realizó este estudio en la cuenca alta de quebrada la Chorrera río Monquirá y río Cusiana, municipio de Sogamoso Boyacá, la cual hace parte de uno de los últimos relictos boscosos de gran extensión (POT Sogamoso, 2000). Allí se han llevado a cabo varios estudios ecológicos y de conservación. Sin embargo, son muy pocos los estudios en esta región sobre el uso de las plantas por los humanos –etnobotánica-. Por esta razón se realizó esta investigación para recuperar el conocimiento del uso tradicional de las plantas por la comunidad, como una opción para establecer una conexión directa entre los estudios ecológicos y la gente y, como una estrategia para la conservación de los recursos

naturales.Las plantas medicinales tiene un marcado auge y se sitúan día a día en un destacado lugar como una de las medicinas alternativas del futuro, que garantizará eficacia, seguridad y bajos costos, siempre y cuando sea usada en forma adecuada y se garantice la calidad de los productos (Fonnegra & Jiménez, 1995).

El hombre siempre ha mantenido íntimo contacto con las plantas, esto le ha permitido acumular un rico acervo de conocimiento de las especies que utiliza tanto para alimentar se como para curarse (Ramírez-Aza, 2005). Las plantas, según sus diferentes modos de uso o preparación, pueden actuar desde el plano propia-mente físico -tejidos, órganos, y sistemas del cuerpo-, hasta estados mentales, emocionales, o incluso el campo energético y espiritual, como en el caso de las esencias florales, descubiertas por Bach (1926, 1934). En todos los países y en todos los sistemas de salud, es frecuente el uso de las plantas o de sus principios activos en la terapéutica. La identificación del valor curativo de las plantas, igualmente ha sido la fuente para la investigación fitoquímica, la identificación de los principios activos, y en algunos casos, el desarrollo de nuevas drogas. El progre- so de la industria farmacéutica, la producción de drogas sintéticas, han limitado en alguna medida la utilización de la fitoterapia; sin embargo, en los últimos años ha crecido el interés por las plantas medicinales (Gupta, 1995).

De esta forma, se habla de un uso tradicional que hace referencia a las pruebas documentales que demuestran que las sustancias activas presentes en las plantas medicinales se han utilizado durante tres o más generaciones para un uso medicinal o relacionado con la salud. En los casos en que el uso sea registrado como tradición oral y no escrita, las pruebas se obtendrán recurriendo a un profesional competente o a grupos indígenas o comunidades afrocolombianas que mantengan dicha historia (Fonnegra, 2003). En este contexto, se toma la etnobotánica como una herramienta útil para el rescate del conocimiento sobre el uso del recurso vegetal y como el campo científico que estudia las interacciones que se establecen entre el hombre y las plantas a través del tiempo y en diferentes ambientes (Hernández, 1979). En este enfoque, todas aquellas plantas que contienen, en alguno de sus órganos, principios activos, los cuales, administrados en dosis suficientes, producen efectos curativos a las enfermedades de los hombres y de los animales.

La identificación del valor curativo de las plantas está relacionado con las propiedades medicinales (Cárdenas, 1989). Según Fonnegra & Jiménez (1999) se calcula que en el mundo existen de 350 mil a 500 mil especies vegetales, de las cuales en Colombia se encuentran de 35 mil a 50 mil y aproximadamente 5 mil especies han sido utilizadas por indígenas y campesinos para combatir el amplio espectro de enfermedades. Sin embargo hay que tener en claro que desde la antigüedad, el ser humano se sirve de la fuerza curativa de la naturaleza para aliviar el dolor y curar la enfermedad. La valoración y trabajo directo con las comunidades reviste gran importancia en los conocimientos del uso y aplicación de las plantas nativas, sumado a la cultura de los campesinos, fuente de investigaciones y proyección de la biodiversidad de plantas y del rescate de las costumbres andinas. El conocimiento uso, manejo y aplicación de curandería de medicina tradicional campesina rural todavía permanece en la zona de Sogamoso, aunque se está disminuyendo debido a que es más una práctica de los adultos mayores, que de los jóvenes, todo esto motivado por el desplazamiento a las grandes ciudades. Su aplicación se realiza más por lo fácil del acceso a las plantas, bajos costos económicos, fe y creencia de cura de las plantas sin efectos segundarios, al contrario del hecho de acudir a las farmacias y usar productos sintéticos costosos. Por esta razón, es de gran importancia la investigación con el fin de valorar y rescatar el conocimiento del uso de las plantas medicinales en la medicina tradicional de los habitantes rurales del municipio de Sogamoso.

La investigación tuvo como objetivos generales: realizar listados de plantas y sus usos, así mismo la necesidad de llevar a cabo un estudio exhaustivo y cuantitativo sobre el uso y ecología de las especies usadas en la región. El conocer la frecuencia con que una planta se usa, para qué y cómo, son factores esenciales para entender el beneficio proporcionado

por las plantas en una comunidad, así como para identificar las consecuencias de su explotación y establecer mecanismos potenciales de mercadeo. Adicionalmente, el conocer los sitios y condiciones en donde las plantas existen, cómo se propagan, cuándo se cosechan y cuándo se siembran son algunos de los factores que nos permiten entender los requerimientos de propagación de las plantas. Este conocimiento facilita prácticas para recuperar plantas que estén en peligro de extinción y la producción de especies que puedan proporcionar un beneficio económico. Se presenta la información proporcionada voluntariamente por la comunidad de Sogamoso sobre plantas medicinales. Por lo tanto, esta publicación no busca en ningún momento ser una fuente para el tratamiento de enfermedades, pero sí una guía sobre el conocimiento tradicional en el uso y ecología de plantas medicinales de esta zona.

Materiales y métodos

Área de estudio.

La investigación se realizó en el municipio de Sogamoso Boyacá de la provincia del Sugamuxi zona centro oriental y vía al llano, del departamento de Boyacá, Cuencas río Moniquirá quebrada chorrera y río Cusiana de Sogamoso (Figura 1), los que presentan una temperatura promedio entre 14-16 ºC y cotas altitudinales entre 2.475- 3.900 msnm.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio y la zona central del departamento de Boyacá

Fuente:https://www.google.com.co/search?q=mapa+Sogamoso&biw=1440&bih

Recolección de información. Se recopiló información en las veredas, y Escuelas Chorrera, Pedregal, de zona páramo, las Cintas y Melgarejo, con las divisiones de sectores de zonas de sub-pçaramo y páramo Siscunsí**,** con una muestra de 10 habitantes por cada una de éstas, y se desarrolló en campo una encuesta de tipo especifica o botánica, que según Martínez *et al.* (2000) se lleva a cabo con el fin de conocer a fondo el uso popular de determinado género o especie. Los aspectos que se tuvieron en cuenta en la encuesta son: ubicación geográfica, altura sobre el nivel del mar, costumbres y prácticas, información sobre la situación de salud, padecimientos comunes, acceso a los sistemas oficiales de salud y datos del informante; como: edad y escolaridad. Se consultó a personas mayores de 50 a 70 años, quienes aún exhiben transmisión de información de forma continua entre la población (Berdonces, 1998). Estas encuestas se realizaron durante las salidas de campo o recorridos veredales, con el fin de recopilar información sobre plantas medicinales que se utilizan con mayor frecuencia en estas zonas. A medida

que se hacían las encuestas se colectaron pequeñas muestras de herbario o material vegetal, con registro fotográfico, para poder listar taxonómicamente, determinar y confirmar los nombres científicos en herbarios virtuales acreditados o comparar con colecciones del Herbario UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia).

Resultados

Análisis de encuestas. El estudio de las encuestas arrojó los siguientes resultados: la población entrevistada es típicamente una comunidad campesina cuyo nivel socio-económico predominante es la agricultura, combinado con el área pecuaria, con cultivos de papa y huertas caseras, con un nivel de educación de básica primaria y edades que oscilan entre 50 y 70 años. Se contó con la información de 100 personas de Sogamoso con apoyo de instituciones educativas y guardabosques del páramo sector Siscunsí**,** las cuales mencionan el uso de 175 especies de plantas con propiedades medicinales distribuidas en 55 familias y 130 géneros. El 80% informó que sí utiliza plantas medicinales y un 20% que no, en la Figura 2 se muestra dicha proporción desglosada en cada zona.

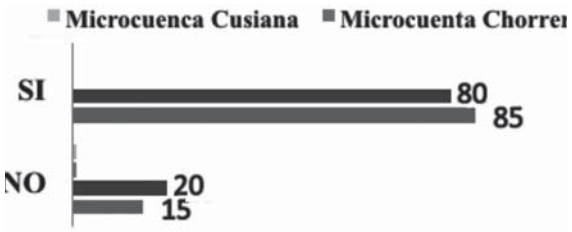

Figura 2. Uso de plantas medicinales en las dos microcuencas de la zona de estudio, Sogamoso, Boyacá.

Con el fin de establecer la relación en cuanto a la prioridad de utilización de servicio médico o la utilización de plantas medicinales antes de ir al médico local, se formuló una pregunta que ilustrara este evento encontrándose que indistintamente si tienen o no servicio de salud las personas de esta zona recurren primero a las plantas medicinales. Con respecto a lo anterior se puede mencionar que en Sogamoso es donde se cuenta con un cubrimiento mejor en cuanto a la prestación de servicios médicos de la población local (Figura 3).

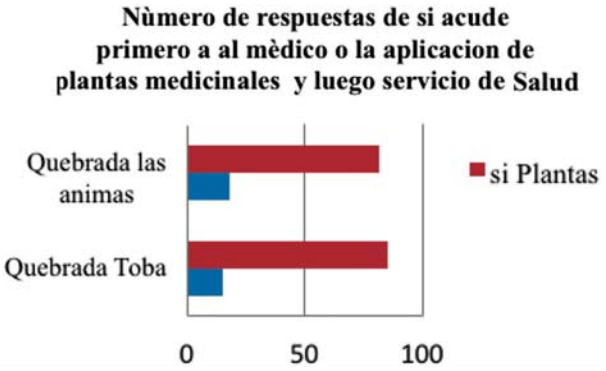

Figura 3. Utilización de servicios de salud o aplicación de plantas medicinales

Las familias botánicas con mayor número de especies y géneros reconocidos en empleo de la medicina local en Sogamoso Boyacá son: *Asteraceae* caléndula, sanalotodo con 39 en 23 géneros y *Labiatae* = *Lamiaceae* menta, orégano con 15 especies entre 12 géneros, luego *solanácea* papa, uchuva, 10 especies y 6 géneros; así mismo Apiaceae Apio, cilantro con 8 géneros y 8 especies, respectivamente. De cada planta reconocida como medicinal por uno o más de los entrevistados se obtuvo la siguiente información: enfermedad que cura la planta en cuestión, la parte específica de la planta que se usa y la manera de prepararla para su utilización (Tabla 1).

En cuanto al porcentaje de uso de las especies medicinales reportadas se halla que las utilizadas con una mayor frecuencia en el municipio son: *Calendula officinalis L*. (Asteraceae) con un 90% seguida de *Cymbopogon citratus (DC.) Stapf* (Poaceae) con un 85% y *Physalis peruviana L*. (Solanaceae) 80% (Figura 4).

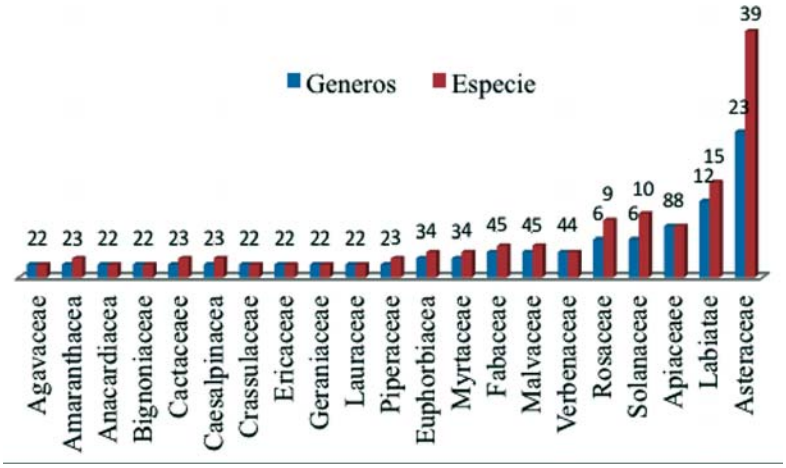

Figura 4. Frecuencia del uso de especies de plantas medicinales, según familia botánica en Sogamoso Boyacá Colombia.

Entre las enfermedades comunes que se controlan con plantas medicinales en Sogamoso y en zona rural, el mayor número de personas reportan su empleo para calmar dolor, estómago, nervios, golpes, dolor de cabeza, gripa, fríos, dolor de muela y quemaduras (Figura 5).

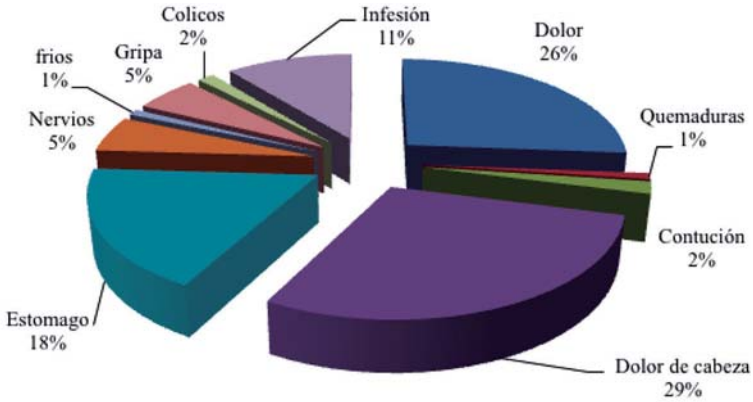

Figura 5. Malestares comunes controlados con plantas medicinales y frecuencia en su uso en Sogamoso Boyacá, Colombia

Plantas medicinales en la zona de estudio.

Acerca del número de especies utilizadas por municipio se puede mencionar que en primer lugar están la Vereda de primera Chorrera y Sector las cintas de río Cusiana Sogamoso, donde se conocen o utilizan 175 plantas con propiedades medicinales, en segundo lugar está el sector de cuenca las ánimas con cerca de 145. Al agruparse en diversidad según grupos sobresalen el uso de las dicotiledóneas comas de 150 especies y más de 100 géneros, mientras las monocotiledoneas son pocas las especies y la riqueza genérica usada como medicina (Figura 6).

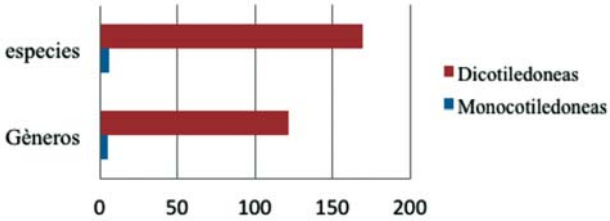

Figura 6. Diversidad de plantas medicinales según grupo de taxón utilizadas en Sogamoso, Boyacá

Al analizar los recorridos y el cuestionamiento sobre el porcentaje de cultivo o producción de plantas medicinales se puede establecer que los habitantes del municipio de Sogamoso, cuentan con una huerta casera para mantener las diferentes plantas medicinales ya que un 35 % las comercializa como aromáticas, mentas, poleo, toronjil, cidrón, principalmente en la plaza de Sogabastos de Sogamoso, mientras que un 65 % no las comercializa ya que son plantas nativas y de áreas de conservación (Figura 7).

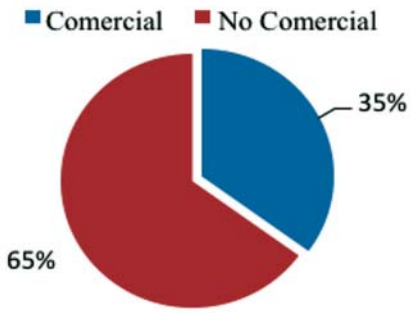

Figura 7. Comercialización de plantas medicinales en Sogamoso, Boyacá, Colombia.

Tabla 1. *Plantas con uso medicinal registradas en el municipio de Sogamoso, Boyacá.*

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Agavaceae	*Agave americana* Linneo	Motua, Cabuya, motua, penca	Antiinflamatorio, antihelmíntico	inflamaciones	Hojas, bulbillo	decocción, baños externos
Agavaceae	*Furcraea cabuya* Trelease	Fique	Antiinflamatorio, antihelmíntico	Inflamaciones, desinfectante, antiséptica, laxante, diurético y purifica la sangre.	Hojas, flores, bulbillo	infusión, decocción, Sabia, baños externos
Aloaceae	*Aloe vera* (Linneo) Burm. f.	Sábila, penca, Zábila	Diurético, expectorante	quemaduras, dolor de estómago, laxante, tratar el estreñimiento	Hojas	jugo, Sabia, cataplasma
Aloaceae	*Aloe arborescens* Mill.	Sábila	Tos, pulmonía, expectorante	Tratar quemaduras, dolor de estómago, laxante.	Hojas	jugo, Sabia, cataplasma
Amaranthaceae	*Amaranthus dubius* Mart. Ex Thell.	Bledo blanco	Alimento, digestivo, Pulmón, expectorante	Inflamación, bronquios, estomago, nutrición	Hojas y tallos	Decocción, infusión
Amaranthaceae	*Amaranthus hybridus* Linneo	Bledo	Digestivo, Estimulante	Dolor de estomago	Hojas y tallos	Infusión, decocción
Amaranthaceae	*Ptaffia iresinoides* (Kunth) Spreng	Plumaria	Anemia, Pulmón, gripa, fuerza muscular	inflamación bronquios, nutrición	Hojas y flores	Infusión, decocción, Cataplasma
Anacardiaceae	*Anacardium occidentale* Linneo	Merey, marañon	Expectorante, anti diarreico	Bronquios, dermatológico, contra la hipertensión	frutos y Hojas	jugo, cocción

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Anacardiaceae	*Mangifera indica* Linneo Kernel	Mango	Digestivo, bacterial, antimicrobial	Dolor de estómago, inflamación	Hojas y frutos	Cataplasma, Cocción, jugo
Annonaceae	*Annona cherimolia* Mill.	Chyrimoyo	Digestivo	Dolor de estomago	Hojas y frutos	Cocción, jugo
Annonaceae	*Annona muricata* Linneo	Guanabana	Anticancerigeno natural, anti diarrea, digestivo	Aromatizante, Digestivo, Dolor de estomago	Hojas y frutos	Cocción, jugo
Apiaceae	*Anethum gravelens.*Linneo	Eneldo	Antiespasmódico, carminativo	Dolor de estómago, digestivo, estimulante	Hojas y flores	Infusión y cocción
Apiaceae	*Apium graveolens* Linneo	Apio	Emenagogo, estimulante.	Dolor de estómago, segregación digestiva, diurético, estimulante	Hojas y tallos	Decocción, infusión, Cataplasma
Apiaceae	*Petroselinun crispus* (Mili Nyman Ex A. W. Hill.	Perejil	Tónico, digestivo, diurético.	Dolor de estómago, diurético, estimulante , condimento	Hojas y tallos	Infusión, decocción
Apiaceae	*Conium maculatum (*L.) Ben.	Cicuta	Antiinflamación, antiespasmódico	Inflamaciones, varices, diurético, estimulante	Hojas y tallos	Cataplasmas, dolor, uso exterior.
Apiaceae	*Coriandrum sativum* Linneo	Cilantro	Carminativo, vermífugo, culinaria.	Dolor de estómago, inflamación , condimento , mal aliento	Hojas y tallos	Infusión, Cocción, cataplasma
Apiaceae	*Daucus carota* Linneo	Zanahoria	Diurético. Emenagogo, artritis, anemia	Depuración, dolor de estómago, para la vista, inflamación	Hojas y raíz	Jugo, cocción, cataplasma
Apiaceae	*Foeniculum vulgare* Mill.	Hinojo, anis	anti flatulento, carminativo	Diarrea, digestión.	Hojas, semillas y tallos	Infusión, decocción, cataplasma
Apiaceae	*Eryngium sp.*	culantro	Carminativo, vermífugo.	Dolor de estómago, inflamación	Hojas y tallos	Cocción
Asteraceae Compositae	*Chamaemelum nobile* (L.) All.	Manzanilla	Analgésico, tónico.	Dolor de estómago, inflamación	Hojas y flores	Cocción, cataplasma
Asteraceae Compositae	*Artemisia sodiroi* Hieron. ex Sodiro	Ajenjo	Estimulante, analgésico.	Tónica, amarga	Hojas y tallos	infusión y cataplasma

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Asteraceae Compositae	*Artemisia vulgaris* Linneo	Ajenjo	carminativo, antihelmíntico, estimulante	trastornos digestivos	Hojas y tallos	infusión, decocción, cataplasma
Asteraceae Compositae	*Artemisia absynthium* Linneo	Ajenjo	Estimulante, analgésico.	Retraso y dolor menstrual, afección estomacal digestivos	Hojas y tallos	Infusión, decocción, pomada. Afecciones de la garganta y la tos, Tonificante,
Asteraceae Compositae	*Ambrosia cumanensis* Kunth	Altamisa	carminativo, antiespasmódico	Cólicos, dolor	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae Compositae	*Baccharis microphylla* HBK.	Sanalotodo	Diurético, antiespasmódico.	Dolor riñón, digestión	Hojas y tallos	infusión , baños, decocción
Asteraceae -Compositae	*Baccharis latifolia* (R.& P.) Pers	Chilco	Antiséptico	Dolor, Riñones	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Baccharis tricuneata (L. f.) Pers.*	Sanalotodo	Diurético, inflamación	Fiebre, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción, baños,
Asteraceae -Compositae	*Bidens sinapifolia*	Cadillo	Antiespasmódico	Infecciones	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Calendula oficcinalis* Linneo.	Caléndula	antibacteriano, Estimulante.	Eritemas piel, bactericida externo	Hojas y flores	infusión, decocción, baños,
Asteraceae -Compositae	*Cynara scolymus* Linneo	Alcachofa	Cardiotónico, diurético	Digestivo, sistema sanguíneo	Hojas y flores	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Espeletia grandiflora* Humb. & Bonpl.	Frailejón	Reumatismo, respiratorio	dolor, artritis, fiebre	Hojas, pubescencia, resina y flores	infusión, cataplasma, decocción
Asteraceae -Compositae	*Espeletia incana. Cuatrec.*	Frailejón	Reumatismo, dolor de oído, gripa	dolor, artritis, fiebre	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Espeletia congestiflora* Cuatrec	Frailejón	Reumatismo, dolor de oído, gripa	dolor de oído, fiebre	Hojas	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Gnaphaliun bogotensis*	Viravira	carminativo, antiespasmódico	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, cataplasma, decocción
Asteraceae -Compositae	*Hieracium avilae* Kunth	Hierba	Diurético	Dolor.	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Hipochaeris radicata* Linneo	Falso diente de león	Insomnio, diurético	Dolor, inflamación	Hojas y flores	infusión, decocción

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Asteraceae -Compositae	*Hipochaeris sessiiflora* Kunth	falso/león	gástricos, nervios.	Dolor, inflamación	Hojas y flores	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Helianthus anus* Linneo	Girasol	Digestivo, respiratorio.	Dolor, inflamación estomago	Hojas, semillas y flores	infusión, ecocción, semillas
Asteraceae -Compositae	*Hipochoeris radicata* Linneo	Falso diente de león	Diurético	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Lactuca sativa* Linneo	Lechuga	Diurético, tónico nervios	Dolor, inflamación	Hojas	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Chamomilla recutita* Linneo	Manzanilla	Conjuntivitis, neuralgias, inflamación	dolor, parpados,	Hojas y tallos	infusión, cataplasma, decocción
Asteraceae -Compositae	*Matricaria chamomilla* Linneo	Manzanilla matricaria	antiespasmódico, inflamación	dolor de estomago	Hojas y tallos	Decocción, cataplasma, baños.
Asteraceae -Compositae	*Montanoa ovalifolia* Deless. ex DC	Upacón	antiespasmódico, inflamación	mal del corazón	Hojas y flores	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Pentacalia andicola* (Turcz.) Cuatrec	buva, romero, chica	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Pentacalia corymbosa* (Benth.) Cuatrec	barito, buba	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Smalanthus piramidalis* (Triana) H.Rob.	Arboloco	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y flores	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Senecio abietinus* Willd. ex Wedd.	Romero	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Senecio andicola* (Turcz.) Cuatrec	barito, romero	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Senecio canescens (Humb. & Bonpl.) Cuatrec.*	falsa arnica blanca	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y flores	infusión, cataplasma, decocción
Asteraceae -Compositae	*Senecio formosus* Kunth.	Arnica	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y flores	infusión, decocción, baños externos
Asteraceae -Compositae	*Senecio microchaete* Wedd.	Romero de pàramo	Antiespasmódico, inflamación	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Asteraceae -Compositae	*Stevia lucida* Lag.	Jarilla	Antiespasmódico, inflamación	Dolor de espalada, digestivo	Hojas y tallos	infusión, decocción
Asteraceae -Compositae	*Sonchus oleraceus* Linneo	Cerraja	Analgésico	Dolor de espalada, digestivo	Hojas y tallos	decocción, infusión
Asteraceae -Compositae	*Tagetes sp.*	Flor de muerto	Laxante, digestiva	Purgante	Hojas, flores y tallos	infusión, baños, decocción
Asteraceae -Compositae	*Taraxacum officinale* G. H. Weber ex Wigg.	Diente de león	Fiebre, laxante	Digestivo, diurético	Hojas y flores	decocción, infusión
Asteraceae -Compositae	*Tagetes zipaquirensis.* H. et B.	Ruda de tierra.	Fiebre, infección	diurético	Hojas y flores	infusión, baños, decocción
Balsaminaceae	*Impactiens balsamina* Linneo	bellahelena	Fiebre, diurético, pectoral	Dolor, nervios, bronquios	Hojas y tallos	decocción
Berberidaceae	*Berberis glauca* DC.	Espino oro, uña de gato	Fiebre, dolor de garganta	Dolor de garganta	Hojas, flores y tallos	infusión, decocción
Bignoniaceae	*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth	Chicala	Pectoral.	infusión	Hojas y flores	infusión, decocción
Bignoniaceae	*Jacaranda caucana* Pittier ·	Gualanday	pectoral, digestivo	Infecciones, ulceras externas	Hojas y tallos	infusión, decocción, baños,talcos
Boraginaceae	*Borajo officinalis* Linneo	Borraja	tosferina, expectorante	controla la tos	Hojas y tallos	decocción
Brassicaceae	*Brassica sp*	berro de agua	Astringente, hemorragias	Inflamación estómago, dolor riñón	Hojas y tallos	infusión, decocción
Cactaceae	*Opuntia ficus-indica (L.) Mill.,*	Tuna penca	Digestivo, estreñimiento	Digestivo, estreñimiento	Hojas y tallos	infusión, jugo, cataplasma, decocción
Cactaceae	*Opuntia schamanii* F. A. C. Weber ex A. Berger.	tuna, penca	Diurético.	Digestivo, indigestión, estreñimiento	Hojas y tallos	decocción
Cactaceae	*Phyllocactus phyllanthus (L.) Link*	flor de cactus	Refrescante, diurético.	Tos, bronquios inflamación, tensión	Hojas y tallos	infusión, decocción
Caesalpinaceae	*Caesalpinea spinosa* (Molina) Kuntze.	Dividivi	Sudorífico, antiinflamatorio	Tos, dolor de garganta, infección externa	Hojas y tallos	infusión, baños, decocción

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Caesalpinaceae	*Cassia occidentales* (L.) *Link,*	Brusca aitera	antiespasmódico	Inflamación estómago y fiebre	Hojas y tallos	infusión, decocción
Caesalpinaceae	*Cassia velatina*	Alcaparro	Antihelmíntico, digestivo.	inflamación estomago	Hojas y tallos	infusión, decocción
Caprifoliaceae	*Sambucus nigra* Linneo	Saúco	Antiinflamatorio	hematomas	Hojas y tallos	Decocción, baños.
Caprifoliaceae	*Sambucus peruviana H.B. & K.*	Saúco	Astringente, carminativa, antihelmíntico.	Tos, gripa, inflamación externa	Hojas y tallos	infusión, baños, decocción
Caricaceae	*Carica cundinamarcense* Linneo	Papayuela	Digestivo, diurético	dolor de estomago	Hojas y tallos	decocción, jugo, baños
Caricaceae	*Carica papaya* Linneo	Papayo	Digestivo, diurético	Inflamación, digestivo	Hojas y tallos	infusión, decocción, jugo, baños
Chenopodicacea	*Beta vulgaris* Linneo	Acelga	Tónico, Digestivo, insomnio	Dolor, falta de sueño	Hojas y tallos	infusión, decocción
Chenopodicacea	*Chenopodium ambrosioides (L.) Mosyakin et Clemants*	Paico	antiparasitario	Purgante	Hojas y tallos	maceración
Chenopodicacea	*Chenopodium quinoa* Willd.	Quinua, ceñizo	Dolor de oído	Inflamación, digestivo	Hojas y frutos	infusión, decocción, jugo
Commelinaceae	*Tradescanthya multiflora*	suelda consuelda	Dolor, soldar huesos, fracturas	dolor, artritis, fiebre	Hojas y tallos	infusión, decocción, cataplasma
Convolvulaceae	*Ipomoea batata* Linneo	batata	Pectoral	Inflamación, digestivo	frutos	infusión, decocción
Coriariaceae	*Coriaria ruscifolia L.*	reventadera, teñidera	Desinflamante	Inflamación, digestivo	Hojas y Frutos	infusión
Crassulaceae	*Echeverya bicolor* (Kunth) E. Walther	Chupa huevo	Gripa	dolor de oído, fiebre	Hojas	Infusión, cataplasma
Crassulaceae	*Bryophyllum pinnatum (Lam.) Pers.*	Colombiana	Diurético	Inflamación, digestivo	Hojas	Infusión, cataplasma
Cucurbitaceae	*Cucurbita maxima. Duchesne in Lam.*	Auyama	Sangre	Inflamación, digestivo	Hojas y fruto	infusión, decocción, jugo
Cucurbitaceae	*Curcubita pepo* Linneo	Calabaza	Diurético	Inflamación, digestivo	Hojas y tallos	infusión, decocción, jugo

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Cupressaceae	*Cupressus luxitanica Mill.*	pino cipres	Diurético	Tos, bronquios inflamación	Hojas y tallos	infusión, baños,decocción
Cyperaceae	*Dichoromena ciliata*	tote	Digestivo, diurético	inflamación, dolor,	Hojas y tallos	infusión, decocción
Dioscoreaceae	*Dioscorea elegantula* Kunth	Zarza parrilla	desinflamante, Digestivo	Fiebre, inflamación	Hojas y raíz	infusión, decocción
Equisetaceae	*Equisetum bogotensis Kunth*	Cola de caballo	Antiinflamatorio, digestivo.	inflamaciones	Hojas y tallos	decocción
Equisetaceae	*Equisetum giganteum.* Linneo	Cola de caballo	Diurético, antifebril	inflamación, dolor, fiebre	Hojas y tallos	infusión, baños, decocción
Ericaceae	*Vaccinum merydionales Sw.*	agras	Diurético, digestivo, antiespasmódico	Inflamación, dolor	Hojas y frutos	decocción, jugo
Ericaceae	*Befaria resinosa* Mutis ex L. f	Pegamosco	Infección	inflamación	Hojas y flores	infusión, decocción
Euphorbiaceae	*Ricinus communis* Linneo	Higuerilla	Infección , Diurético	Purgante, mal de riñón	Hojas y semillas	infusión, decocción
Euphorbiaceae	*Croton funckianus* Müll. Arg.	Sangregado	Digestivo, fiebre	Digestivo, ulcera gástrica	Hojas y tallos	infusión, decocción
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla* Linneo,	Lechera	baños, inflamación	Inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Euphorbiaceae	*Euphorbia orbiculata* Kunth -	leche eterna	baños, inflamación	Verrugas, hongos	Hojas y tallos	infusión, decocción
Fabaceae	*Medicago hispida* Linneo	Carretón	Diurético, digestiva	Digestiva y mal riñón	Hojas y tallos	infusión, decocción
Fabaceae	*Trifolium sp.*	Carretón	Infección, micotico.	Digestiva, mal de riñón y hogos	Hojas y flores	infusión, decocción
Fabaceae	*Vicia faba* Linneo	Haba	Diurético, cicatriz	dolor, cortaduras	Hojas y frutos	maceración
Fabaceae	*Desmodium incanum* DC.	pegapega	Carminativo, diurético	Dolor	Hojas y tallos	infusión, decocción
Fabaceae	*Trifolium repens* Linneo	Trebol blanco	anti inflamación, Diurético	Fiebre, inflamación ulcera	Hojas y flores	infusión, decocción
Fagaceae	*Quercus Humboldtii* Bonpland	Roble	tónico, tensión	inflamación externa, ulcera	Hojas y tallos	infusión, baños, decocción
Geraniaceae	*Erodium moschatum* (L.) L´Hér.	Alfilere	Antigripal, estomático	Fiebre	Hojas y tallos	infusión, decocción

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Geraniaceae	*Pelargonium odoratissimum (L.) L'Hér.*	Geranio de olor	Digestivo	nervios, dolor	Hojas y tallos	infusión, baños, decocción
Juglandaceae	*Juglans neotropical* Diels.	Cedro nogal	Digestivo.	Fiebre, inflamación ulcera	Hojas y tallos	Infusión, baños
Labiateae	*Salvia palaefolia* H.B.K.	Mastranto	Nervios, dolor.	debilidad , nervios, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción
Labiateae	*Sautereia brownii* Briq.	Poleo	Tónico, dolor	Fiebre, inflamación estomago	Hojas y tallos	infusión, decocción
Labiateae	*Stachys Sp.*	Mentha nativa	Tónico, nervios	Fiebre, inflamación, dolor	Hojas y tallos	infusión, decocción
Labiateae	*Thymus vulgaris* Linneo	Tomillo	Dolor, fiebre	Fiebre, inflamación estómago, nervios	Hojas y tallos	infusión, decocción
Labiateae	*Rosmarinus oficinales* Linneo	Romero	Anti-espasmódico.	dolor de cabeza, caída cabello	Hojas y tallos	decocción, pomada, cataplasma
Labiateae	*Origanum majorana* Linneo	Mejorana	antiespasmódico, Fiebre, dolor	quemaduras, dolor de estomago	Hojas y tallos	decocción, infusión
Labiateae	*Ocymum basilicum* Linneo	Albahaca	Dolor, indigestión	febrífugo, expectorante	Hojas y tallos	decocción, infusión
Labiateae	*Mentha arvensis* Linneo	Menta	Dolor, tónico, digestivo	Dolor, indigestión, fiebre	Hojas y tallos	decocción, infusión
Labiateae	*Mentha piperita* Linneo	Yerbabuena	Tónico, fiebre	Dolor, indigestión, fiebre	Hojas y tallos	decocción, infusión, cataplasma
Labiateae	*Melissa officinalis* Linneo	Toronjil	Tónico, antiespasmódico, fiebre	Dolor, Fiebre	Hojas y tallos	decocción, infusión
Labiateae	*Marrubium vulgare* Linneo	Marrubio	Contusiones, hipertensión.	Dolor, indigestión	Hojas y tallos	decocción, infusión
Labiateae	*Minthostaquis mollis* (HBK) Gr.	Oregano	antiespasmódico, antiinflamatorio	dolor de oído, alivia golpes	Hojas y tallos	decocción, infusión, baños, cataplasma
Labiateae	*Salvia bogotensis*	Salvia	Astringente, estreñimiento.	dolor de estomago	Hojas y tallos	decocción, baños, infusión
Labiateae	*Lepechinia bullata* (*Kunth*) *Epling*	salvia negra	Tónico, baños	dolor de oìdo,alivia golpes	Hojas y tallos	decocción, infusión, baños
Labiateae	*Salvia*	Salvia, erisipela	Fracturas y Dolor	Tónico, estomacal	Hojas y tallos	decocción, infusión

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Lauraceae	*Persea americana* Mill.	Aguacate cura	Pectoral, emoliente.	gripal, indigestión	Hojas y fruto	decocción, infusión, baños
Lauraceae	*Laurus nobilis* Linneo	Laurel	Tos, baños	Bronquios, indigestión	Hojas y tallos	decocción, infusión, cataplasma
Liliaceae	*Allium cepa* Linneo	Cebolla	expectorante, digestivo	Bronquios, indigestión	Hojas y tallos	decocción, cataplasma, infusión
Liliaceae	*Allium sativum* Linneo	ajo	Hipotensor, digestivo	Presión alta, Dolor estomago	Hojas y tallos	decocción, infusión, cataplasma
Linaceae	*Linum usitatissimum* Linneo	Linaza	resfríos, baños	Presión alta, Dolor estomago	Hojas y semillas	decocción, infusión
Lycopodiaceae	*Licopodium clavatum* Linneo	Caminadera	Pectoral	Dolor articulaciones, estomago	Hojas y tallos	decocción, infusión
Malvacea	*Malva sylvestris* Linneo	Malva	expectorante, inflamación	problemas respiratorios	Hojas y tallos	decocción, infusión, baños,
Malvacea	*Malva peruviana* Linneo	Malva	Emoliente, laxante.	Dolor, digestiva, caída cabello	Hojas y tallos	infusión, decocción
Malvacea	*Hibiscus rosasinencis* Linneo	cayeno	Dolor, tónico nervioso	Dolor, nervios, bronquios	Hojas y flores	infusión, decocción
Malvacea	*Malvaviscus sp.*	Malvavisco	Tos, bronquitis	Dolor, nervios, bronquios	Hojas y tallos	infusión, decocción
Malvacea	*Sida rombifolia* Linneo	Escobilla	Anti diarreica.	Dolor riñón, digestión	Hojas y tallos	infusión, decocción
Moraceae	*Ficus carica* Linneo	Higo, Brevo	Disentería, carminativo.	Infusión, Cocción	Hojas y tallos	estreñimiento, quemaduras
Myrtaceae	*Myrcianthes leucoxyla* (Ortega) Mc. Vaugh	Arrayan	espasmódico, Fiebre	masticado, cataplasma	Hojas y tallos	dolor de muela,
Myrtaceae	*Eucalyptus globulus. Labill.*	Eucalipto	expectorante, fiebre	Tos, febrífugo, problemas respiratorios	Hojas y tallos	vapores, pomada, baños, cataplasma
Myrtaceae	*Psidium guajava Sw.*	Guayabo	Tos, diurético, infecciones.	Diarrea, digestión.	Hojas, fruto	infusión, decocción, jugo
Myrtaceae	*Psidium araca Sw.*	Chovo	Antiespasmódico	Diarrea, digestión.	Hojas y frutos	infusión, decocción, jugo
Oxalidaceae	*Oxalis medigaguinea*	Chulco	antiespasmódica	Fiebre, dolor, Tos, infecciones	Hojas y tallos	infusión, decocción
Oxalidaceae	*Oxalis Sp.*	Acedera	Desinflamante, antifebril	Fiebre, dolor, infecciones	Hojas y tallos	infusión, decocción

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Phytolacceceae	*Phytolacca bogotensis* H.B.K	Guava	Cicatrizante.	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción, baños
Piperaceae	*Phytolacca icosandra* Linneo	Guava	Tónico, fiebre	Dolor, inflamación	Hojas y tallos	infusión, decocción, baños
Piperaceae	*Piper bogotensis* C. DC.	Cordoncillo	Diurético, astringente.	Inflamación, dolor riñón	Hojas y tallos	infusión, decocción baños
Piperaceae	*Piper angustifolium* Ruiz & Pav	Cordoncillo	Diurético, inflamatorio	Tónico, estomacal, nervios	Hojas y tallos	infusión, decocción
Piperaceae	*Peperomia subspathulata* Yunck	canelon	espasmódico	Fiebre, Dolor .	Hojas y tallos	Infusión, Cocción
Poaceae	*Cymbopogon citratus* DC, Stapf.	carrizo, limonaria	fiebre, anti flatulento	dolor de estomago, cabeza	Hojas y tallos	infusión, decocción baños
Plantaginaceae	*Plantago major* Linneo	Llantén	infección, cicatrizante, diurético.	heridas externas, infección	Hojas	Baños, decocción
Plantaginaceae	*Plantago linearis* Kunth.	Llantén	Dolor	Cataplasma, infusión	Hojas	Cataplasma, infusión
Plantaginaceae	*Plantago lanceolata* Linneo	Llantén	Diarrea, astringente	heridas externas, infección	Hojas	Baños, decocción
Polygalaceae	*Monnina phytolacaefolia* H.B.K.	Guaguito	Astringente	Tónico, Tos, bronquios	Hojas y tallos	infusión, decocción
Rosaceae	*Fragaria vesca Coville*	Fresa	Astringente	Tónico, digestivo	Hojas y frutos	infusión, decocción, jugo
Rosaceae	*Malus sylvestris (L.) Mill.*	Manzana	Astringente.	dolor, tónico,, digestivo	Hojas y frutos	infusión, decocción, jugo
Rosaceae	*Pirus communis* Linneo	Peral	Tos, Tónico	dolor, tónico,, digestivo	Hojas y frutos	infusión, decocción, jugo
Rosaceae	*Prunus domestica* Linneo	Cerezo	Tos, fiebre	dolor, tónico,, digestivo	Hojas y frutos	infusión, decocción, jugo
Rosaceae	*Rubus glaucos* Benth	Mora	Expectorante	dolor, tónico,, digestivo	frutos	infusión, decocción, jugo
Rosaceae	*Rubus bogotensis* Kunth	Zarzamora	Diurético	dolor, tónico,, digestivo	frutos	infusión, decocción
Rosaceae	*Rubus urtisifolius* Kunth	Zarzamora, mora	expectorante	decocción	frutos	Tos, problemas respiratorios
Rosaceae	*Margirocarpus cetussus* Ruiz & Pav	Niguita	Digestivo	Digestivo	frutos	infusión, decocción, jugo fruta

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Rosaceae	*Rosa sp.*	Rosa	Nervios, tónico	Dolor, tónico	Hojas y flores	infusión, decocción
Rubiaceae	*Borreirea asinoides*	comino	Emenagogo, estimulante	diurético, dolor riñón	Hojas y tallos	infusión, decocción
Rutaceae	*Ruta graveolens* Linneo	Ruda	Analgésico	Dolor de Vientre, mal digestión	Hojas y tallos	infusión, decocción
Smilacaceae	*Salix humboldtiiana* Willd.	Sauce	Antipirética	Fiebre, infecciones hongos	Hojas y tallos	infusión, decocción
Smilacaceae	*Smilax tomentosa* Kunth ..	Bejuco canasto	anestésico, reumatismo	Dolor, purificar la sangre	Hojas y tallos	infusión, decocción
Solanaceae	*Capsicum annuum* Linneo	Ají pimiento	anestésico, dispepsia y reumatismo	Dolor, purificar la sangre	Frutos	Infusión, decocción. Depura, desintoxica, para gripe y catarros, contra la ronquera. Es estimulante.
Solanaceae	*Brugmansia arborea* auct. non (L.) Steud	Borrachero	reumatismo, Amigdalitis	Dolor	Hojas, flores y tallos	Baños, decocción en baños
Solanaceae	*Brugmansia sanguinea (Ruiz & Pav.) D. Don*	Borrachero	Estimulante, dolor, analgésico.	Dolor, desinflamar	Hojas y flores	infusión, decocción en baños
Solanaceae	*Cestrum sp*	Tinto	Diarrea, fiebre	Fiebre	Hojas y tallos	infusión, decocción en baños
Solanaceae	*Datura stramonium* Linneo	Estramonio	anestésico, Vermífuga	Dolor	Hojas, flor y tallos	infusión, decocción en baños
Solanaceae	*Licopersicon esculentum* Miller	Tomate	Antifebril, emoliente	Dolor, quemaduras, ulceras	Hojas y frutos	infusión, decocción
Solanaceae	*Nicotiana tabacum* .Linneo	Tabaco	anestésico, estimulante, bactericida	Dolor, infecciones piel, Quemaduras.	Hojas y tallos	infusión, decocción
Solanaceae	*Solanum lyciodes* Linneo	Gurrubo	Antiespasmódico, analgésico	Diarrea, digestión.	Hojas y tallos	infusión, decocción, baños
Solanaceae	*Physalis peruviana* Linneo	Uchuba	diurético	jugo, infusión	Hojas y frutos	problemas respiratorios, previene cataratas
Solanaceae	*Solanum nigrum* Linneo	Yerbamora	Antiespasmódico, antiinflamatorio	baños, cataplasma, cremas	Hojas y tallos	inflamaciones de piel

continuación Tabla 1

Familia	Nombre científico	Nombre común	Propiedades	Uso	Parte usada	Preparación
Solanaceae	*Solanum tuberosum* Linneo	Papa	Dolor, baños	inflamación, quemaduras	Hojas y tallos	paños cruda, decocción
Urticaceae	*Urtica urens* Linneo	Ortiga blanca	Tónico, sedante.	alergia, brotes	Hojas y tallos	decocción
Urticaceae	*Urtica dioca* Linneo	Ortiga nativa	Artritis, febrífugo.	cruda, decocción	Hojas y tallos	Alergia, brotes
Valerianaceae	*Valeriana longifolia* Kunth	Valerina de paramo	Aromática, carminativa.	decocción	Hojas y tallos	calmar nervios
Verbenaceae	*Aloysia citriodora Palau*	Cidrón	Antifebril, vulneraria.	control de nervios, fiebre	Hojas y tallos	Infusión, Cocción
Verbenaceae	*Lantana camara.* Linneo	Sanguinaria	Emoliente, sudorífico.	Retrasos menstrual,	Hojas, flor y tallos	Infusión y cocción
Verbenaceae	*Lippia hirsuta. L. f.*	mongon, salvio	Aromática, carminativa.	control de nervios, fiebre	Hojas y tallos	Infusión, Cocción
Verbenaceae	*Verbena Littoralis Kunth*	Verbena	Antifebril, infecciones	inflamación y fiebre	Hojas y tallos	Infusión, Cocción
Violaceae	*Viola tricolor* Linneo	Violeta, pensamiento	dermatitis, diurético	Inflamación, riñón, afección de piel	Hojas y tallos	compresas, infusión
Winteraceae	*Drimys granatensis* L.f.	Aji de paramo, canelo	Tónico, fiebre	Inflamación y fiebre	Hojas, flor y tallos	Mascar, infusión, baños

Discusión

La etnobotánica, la fitoterapia y la fitoquímica exhiben en los últimos años una relativa importancia en la medicina complementaria y en el ámbito académico (Cotton, 1997); sin embargo, algunas de estas disciplinas se encuentran aún asociadas al empirismo en muchos casos y faltan estudios químicos, clínicos y epidemiológicos que confirmen los principios activos. La investigación obtuvo información sobre el uso medicinal de las plantas, principalmente para afecciones, digestivas, respiratorias y dermatológicas que concuerdan con las establecidas por García (1992), dolencias que son tratadas principalmente con plantas medicinales, antes de acudir a los centros de salud de cada municipio.

Las formas de preparación de las plantas con propiedades medicinales en la zona de estudio son variadas y diversas se encuentra en primer lugar la decocción, en segundo la infusión. Luego el cataplasma. De acuerdo con Toscano - González (2006) los problemas de salud y la difícil consecución de medicamentos comerciales han llevado, nuevamente a la búsqueda de la medicina tradicional a través del manejo y uso de las plantas, aspecto que se evidencia en las zonas alejadas y que no tienen un acceso a los centros de salud.

De las 175 especies encontradas en este estudio, 35 están aprobadas para Colombia comparado con el trabajo de Fonnegra & Jiménez (1999).

Se hace indispensable en la zona de estudio consolidar los esfuerzos a favor de una agricultura sostenible, incluyendo especies medicinales y aromáticas con su cultivo, cosecha adecuada, procesamiento correcto y comercialización sostenible (Fonnegra, 2003), que ayude a la protección de la vegetación de la zona andina.

Conclusiones

El municipio de Sogamoso, Boyacá, presenta una importante diversidad de plantas con propiedades medicinales, se registraron 178 especies agrupadas en 55 familias botánicas y 130 géneros; las familias con mayor número de géneros son *Asteraceae* con 39 especies y *Labiatae* o *lamiaceae* con 15 y 12 géneros, respectivamente. Con respecto al número de especies utilizadas en el municipio de Sogamoso se puede mencionar que en primer lugar está la cuenca de Chorrera y páramo de río Cusiana con más de 100 especies; donde se conocen o utilizan más plantas con propiedades medicinales, en segundo lugar está la micro-cuenca de las animas que por los tipos de clima, suelos y ofertas ambientales del bosque andino, así como de las distancias benefician las futuras proyecciones de conservación.

Las especies medicinales reportadas con la mayor frecuencia de uso en cada uno de los lugares recorridos son: *Calendula officinalis L.* caléndula (Asteraceae) con un 90% seguida de *Mentha viridis L.* yerbabuena (*Lamiaceae*) con un 85% y *Melissa officinalis L* toronjil (Lamiaceae) 80%. Para el control de padecimientos comunes el mayor número de personas entrevistadas reportan el empleo de plantas para calmar dolores de estómago, nervios, golpes, dolor de cabeza, dolor de muela y quemaduras. Los aspectos relacionados con la forma de preparación de las plantas son diversos: decocción, macerados, infusiones, jugos, pomadas y cataplasmas.

Literatura citada

1. Bach, E. (1993, 1999). Bach por Bach. Obras Completas. Escritos florales. Ediciones Continente. Buenos Aires, Argentina.
2. Berdonces, SJL. (1998). Gran enciclopedia de las plantas medicinales. Ediciones Tikal. Madrid, España. 1096 p.
3. Cárdenas, M. (1989). Manual de plantas económicas de Bolivia. Editorial Los Amigos del Libro. Bolivia. 421 p.
4. Cotton, C. M. (1996). Ethnobotany: Principies and Applications. Ed: John Wiley & Sons, Ltda. 434 p.
5. Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 10, 221-268.
6. POT. (2000). Plan de ordenamiento territorial, Alcaldía de Sogamoso Boyacá.
7. Fonnegra, R. & Jiménez, SL. (1995). Plantas medicinales de venta libre en Colombia. Cespedesia. Universidad del Valle, Colombia.
8. Fonnegra, R. & Jiménez, SL. (1999). Plantas medicinales aprobadas en Colombia. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia.
9. Fonnegra, R. (2003). Plantas colombianas potencialmente medicinales y aromáticas. Documentos Ocasionales No. 2. Herbario Universidad de Antioquia. Colombia.
10. Gerald, GR & López, B. (1999). Patrones del uso de plantas medicinales entre los amuzgos del estado de Guerrero. Instituto Lingüístico de Verano, A. C. México.
11. Gupta, M. (ed.). (1995). 270 plantas medicinales iberoamericanas. Convenio Andrés Bello. Bogotá, Colombia.
12. Hernández, X.E. (1979). La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Editorial Alfredo Barrera. Instituto de investigaciones sobre recurso biótico. Xalapa, México.
13. IvH Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2003). Proyecto Andes. Antecedentes, Recuperado de: *http://araneus.humboldt.org.co /proyectoandes/index.html*
14. INVIMA. (2000). Lista Básica INVIMA. Productos Naturales. En: Rivera, A. Buitrón X. y P. Rodríguez. 2000. Uso y Comercio Sostenible de Plantas Medicinales en Colombia. Memorias del Seminario -Taller. Villa de Leyva, Boyacá.
15. INVIMA. (2003). Plantas medicinales aceptadas con fines terapéuticos. Recuperado de: *http://www.invima.gov.coversionl/consultas_publicas/archivos/Plantas-Medicinal es.pdf*
16. Martínez, J.V., Bernal, H.Y. & Cáceres, A. (2000). Fundamentos de agrotecnología de cultivo de plantas medicinales iberoamericanas. Convenio Andrés Bello y Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Santafé de Bogotá, Colombia.
17. Lagos, M. (2005). Especies con propiedades medicinales encontradas en las colecciones del herbario UPTC. Asociación Colombiana de Herbarios (ACH)-Universidad del Quindío. Colombia.

18. Olson, D. M. & Dinerstein, E. (1998). The Global 2000: A representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12, 502-515.

19. Ramírez-Aza, M. (2005). Manual el milagro de las plantas, aplicaciones medicinales y orofaríngeas. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Taller San Pablo. Bogotá, Colombia.

20. Toscano-González, JY. (2006). Uso tradicional de plantas medicinales en la vereda san Isidro, Municipio de San José de Paré Boyacá: Un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. *Revista Acta Biológica Colombiana,* 11(2), 137-146.

21. Zuluaga, RS. (1994). El aprendizaje de las plantas en la senda de un conocimiento olvidado (Enobotánica medicinal). Pre-prensa Ltda. Bogotá, Colombia.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 27 de 2017
Aceptado: Mayo 15 de 2017

Documentos de Trabajo

La academia en el pacto intersectorial por la madera legal en Colombia

The academy in the intersectoral ageement for legal timber in Colombia

A academia no pacto intersetorial para madeira legal na Colômbia

William Ricardo Díaz Santamaría

Ingeniero Forestal, Especialista en Educación y Gestión Ambiental,
Candidato a Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Universidad Nacional de Colombia

wrdiazs@unal.edu.co

Resumen

La vinculación de la academia al Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia y a los diversos Acuerdos Regionales, posibilita la incorporación de acciones puntuales enmarcadas en la investigación, la formación y la proyección social y comunitaria, que propendan por asegurar que la madera que se extrae, aprovecha, transforma, transporta, comercializa y usa en el país, provenga de fuentes legales. Aunque se reconoce la importancia en la formación académica de los profesionales del sector forestal y agroforestal, la incorporación de instituciones educativas que ofertan programas técnicos, tecnológicos y profesionales al Pacto y a los acuerdos regionales ha sido paulatina. Se genera por lo tanto un camino para afrontar las dinámicas en el sector forestal, la identificación de escenarios factibles para la búsqueda de alternativas productivas en las áreas boscosas del territorio nacional bajo la óptica de la legalidad, el reconocimiento de potencialidades de desarrollo y de conservación en las comunidades que viven en y del bosque, acompañados por los procesos formativos y académicos que deben generarse desde las instituciones educativas. Los compromisos de la academia están enmarcados en acciones para la divulgación y sensibilización en temas de legalidad forestal, la participación en iniciativas que propendan por la sostenibilidad del recurso, y la realización de acciones de orden investigativo y formativo de profesionales y de la comunidad directamente afectada por el tráfico de especies forestales.

Palabras clave: legalidad forestal, pacto intersectorial, especies forestales.

Abstract

The link between the Academy and the intersectoral pact for Legal timber in Colombia and the various regional agreements, allows the incorporation of specific actions framed in research, training and social and community projection, which Foster to ensure that the wood that is extracted, leverages, transforms, transports, commercializes and uses in the country, comes from legal sources. While recognizing the importance of academic training for forestry and agroforestry professionals, the incorporation of educational institutions that offer technical, technological and professional programs to the Pact and

regional agreements has been gradual. It is thus generated a way to confront the dynamics in the forestry sector, the identification of feasible scenarios for the search of productive alternatives in the wooded areas of the national territory under the optics of the legality, the recognition of potentials of development and conservation in the communities that live in and of the forest, accompanied by the training and academic processes that must be generated from the educational institutions. The Academy's commitments are framed in actions to disseminate and raise awareness in matters of forest legality, participation in initiatives that foster for the sustainability of the resource, and the carrying out of investigative actions and training of professionals and the community directly affected by traffic in forest species.

Key-words: forest legality, intersectoral pact, forest species

Resumo

A vinculação da academia ao Pacto Intersetorial para Madeira Legal na Colômbia e os diversos Acordos Regionais permite a incorporação de ações específicas enquadradas em pesquisa, treinamento e projeção social e comunitária, que visam assegurar que a madeira seja extraída , arreios, transformações, transportes, mercados e usos no país, provêm de fontes legais. Ao reconhecer a importância do treinamento de profissionais florestais e agroflorestais, a incorporação de instituições educacionais que oferecem programas técnicos, tecnológicos e profissionais no Pacto e acordos regionais tem sido gradual. Assim, é criado um caminho para lidar com a dinâmica no setor florestal, a identificação de cenários viáveis para a busca de alternativas produtivas nas áreas florestais do território nacional do ponto de vista da legalidade, o reconhecimento do potencial de desenvolvimento e conservação nas comunidades que vivem dentro e da floresta, acompanhadas pelos processos formativos e acadêmicos que devem ser gerados pelas instituições educacionais. Os compromissos da Academia são enquadrados em ações de divulgação e conscientização em matéria de legalidade florestal, participação em iniciativas que promovem a sustentabilidade do recurso e a realização de ações de ordem investigativa e formativa de profissionais e a comunidade diretamente afetada pelo tráfico de espécies florestais.

Palavras chave: legalidade, pacto intersetorial, espécies florestais

Introducción

La riqueza florística y ecosistémica del territorio colombiano se ha convertido en un garante de significancia y de reconocimiento a nivel internacional. La megadiversidad ha sido objeto de numerosos estudios e investigaciones sin que se haya llegado a determinar el ciento por ciento de sus especies. Sin embargo, dicha riqueza también ha propiciado la inmersión de factores de índole social, económica, política y cultural provocando la disminución significativa en las áreas boscosas del país. Más de cinco millones de ha deforestadas en el país desde el año 1990 hasta el 2013, ocasionadas por la expansión de la frontera agrícola, la minería, los incendios forestales, los cultivos ilícitos y la sobre explotación y tráfico de maderas, da origen a múltiples conflictos de orden ambiental que han obligado a las entidades e instituciones públicas y privadas a tomar cartas en el asunto. La degradación de los bosques naturales ha originado estrategias, alianzas y mecanismos de cooperación, con el propósito de asegurar que la extracción, aprovechamiento, transformación, comercialización y uso de maderas provengan de procedencias legales.

El Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia como acuerdo voluntario, ha reunido actores de índole público y privado de diversos sectores que abarcan la multidisciplinariedad del conflicto ambiental originado por el tráfico ilegal

de especies de la flora silvestre. Es así como se han vinculado autoridades ambientales, autoridades policivas, ministerios, asociaciones, ONG´s, entre otras entidades, para llevar a cabo acciones conjuntas en pro del aseguramiento y sostenibilidad de la madera legal en el país. Así mismo, el Pacto ha propiciado la puesta en marcha de acciones locales, mediante la implementación de acuerdos regionales que propician la ejecución de acciones conjuntas en un área determinada.

Dentro de los actores vitales para la realización de acciones puntuales, investigativas, formativas y de extensión comunitaria, se encuentran las instituciones educativas. El presente documento hace un análisis de las instituciones de educación superior que ofertan programas técnico, tecnológico y profesional de las áreas forestal y agroforestal y que se encuentran vinculadas al Pacto o a las Alianzas regionales -en el periodo 2009 a 2016-, determinando sus compromisos específicos, reconociendo las oportunidades para actividades puntuales e identificando posibles falencias para la realización de acciones de fomento, seguimiento, control y vigilancia al sector forestal del territorio colombiano.

Metodología

Para abordar la temática relacionada con la incorporación, alcances y proyecciones de la academia en el Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia, se ha empleado la técnica de estudio documental y bibliográfico, mediante la cual a partir del análisis de documentos relacionados con el tráfico de especies forestales, los planes de desarrollo, la cartilla sobre el Pacto Intersectorial y los Acuerdos Regionales sobre madera legal, se ha logrado establecer el papel fundamental de las instituciones educativas y sus consideraciones relacionadas con el aseguramiento de la legalidad de los productos forestales en cada uno de los eslabones de la cadena forestal.

Resultados

Atendiendo a la definición básica presente en la Ley General de Educación -Ley 115 de 1994, la educación se considera como es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes. Es de resaltar que el Artículo 67 de la Constitución Política de Colombia señala que:

“La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. La educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente”. (Constitución Política de Colombia, Artículo 67)

La educación más allá de generar unos procesos formativos y de adquisición de conocimientos, buscan el pleno desarrollo de la personalidad, el respeto a la vida y a los demás derechos humanos, fomenta la participación, el estudio y la comprensión crítica, reflexiva y analítica para la conservación, protección y uso racional de los recursos, el mejoramiento de la calidad de vida y la defensa del patrimonio cultural y ambiental de la Nación. En este sentido, se involucra a la comunidad educativa conformada por estudiantes, educadores, padres de familia, egresados, directivos y administradores; a la Familia como núcleo fundamental de la sociedad y a la sociedad propiamente dicha. Es precisamente este último actor quién debe vigilar la prestación del servicio educativo y el cumplimiento de la función social de las entidades o instituciones académicas (Ley 115 de 1994).

El análisis crítico de la realidad requiere del papel fundamental de la educación, para orientar, crear, innovar, sensibilizar y lograr cambios trascendentales en la sociedad, “Los triunfos principales de la

revolución hay que situarlos en la educación generalizada, la salud para todos, el empleo y la satisfacción de las necesidades básicas de la población" (Ángel, 2015)

De esta manera, como proceso transformador la educación le permite a la persona el conocimiento íntegro de su entorno desde una visión holística, ambiental si se quisiere denominar, que propicie cambios fundamentales para el mejoramiento de sus condiciones de calidad de vida y un desarrollo racional y adecuado con sus posibilidades ecosistémicas, sociales y económicas: "El acceso a la educación, la salud y las libertades cívicas son condiciones que facilitan la libertad humana" (Gutiérrez, 2007)

En este proceso de entendimiento, interacción y comprensión de la realidad del entorno, surge otro concepto integrador: la Educación Ambiental, entendida como: "El proceso que le permite al individuo comprender las relaciones de interdependencia de su entorno, con base en el conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural, para que a partir de la apropiación de la realidad concreta, se pueda generar en él y en sus comunidades actitudes de valoración y respeto por el ambiente" (Torres, 2003)

La educación propicia el respeto, el diálogo y las visiones multidisciplinarias. Solo desde esa integralidad se puede generar alternativas viables para el estudio, análisis y solución de los diferentes conflictos y situaciones presentes en un territorio dado: "La educación ambiental promueve la formación de una ciudadanía responsable en todas sus modalidades de enseñanza (formal y no formal) y sus diferentes niveles de actividad, desde la educación básica hasta la enseñanza superior. Sus contenidos y sus estrategias pedagógicas se fundan en el desarrollo conceptual, teórico y práctico del saber ambiental y se nutren de la acción concreta, tanto en los procesos de formación y de organización de los distintos actores sociales del desarrollo sustentable, como en la construcción y gestión de procesos democráticos de manejo del agua y los ecosistemas terrestres" (Leff, 2008)

Los propósitos básicos de la educación se logran cuando existe una correlación entre la escuela y la comunidad; por ello se requiere de contextualización en los currículos y programas académicos que permitan la posibilidad de influir en los individuos y transformarlos en pro del desarrollo humano y comunitario. Los procesos formativos requieren como tal de una interacción entre la escuela, la familia y todas aquellas entidades -personas naturales y jurídicas-, que hacen parte de la comunidad educativa. El rompimiento de estos lazos influye en la calidad y realidad de formación de los individuos: "La vinculación de la escuela a la comunidad es importante porque desde esta relación se pueden generar procesos de transformación, que incidan en el desarrollo individual y comunitario" (Torres, 2003).

Antecedentes del Pacto

Colombia ha sido caracterizado como uno de los países con mayor diversidad y riqueza ecosistémica y de especies en el planeta; con poco menos del 0,22% de la superficie terrestre alberga cerca del 10% de las especies conocidas en la actualidad (MinAmbiente, 2014). El 52,6% de su superficie terrestre, es decir cerca de 58 millones de hectáreas, está presente con cobertura de bosque natural (IDEAM, 2014). Sin embargo, la deforestación causada por la expansión de la frontera agrícola, la minería, la infraestructura, los incendios forestales, los cultivos ilícitos y, la sobre explotación de madera, ocasiona pérdidas significativas de la extensión boscosa en el país. Solamente en la década de 1990, cerca de 2,5 millones de ha fueron deforestadas (265.458 ha por año). Esta cifra que causa escándalo, ha descendido paulatinamente en los últimos años, llegando a consolidarse para el periodo 2012-2013, en 120.934 ha (IDEAM, 2014). En la Tabla 1 se resume este proceso.

Tabla 1. *Tasa anual de deforestación*

Periodo	Superficie cubierta por bosque natural (ha)	Superficie deforestada (ha)	Promedio anual de deforestación (ha/año)
1990 2000	64.128.972 61.474.388	2.654.584	265.458
2000 2005	61.811.060 60.232.884	1.578.176	315.635
2005 2010	60.449.256 59.039.119	1.410.137	282.027
2010 2012	60.036.759 59.704.620	332.139	166.070
2012 2013	58.936.251 58.815.317	120.934	120.934

Fuente. IDEAM (2014)

No puede desconocerse el impacto significativo que ha conllevado que estas tasas de deforestación continúen periodo tras periodo, por el hecho entre otros aspectos, de satisfacer las demandas de un mercado más allá a unos requerimientos de carácter local. Es de mencionar que, en la actualidad para poder efectuar la extracción de madera de bosque natural, se requiere de los debidos permisos emitidos por la Corporación Autónoma Regional respectiva. Sin embargo, cerca del 42% de la madera comercializada en el territorio nacional, corresponde a árboles que han sido extraídos ilegalmente (MinAmbiente, 2014), en un negocio tan lucrativo que puede dejar dividendos de 200 millones de dólares cada año en ventas (Revista Semana, 2009).

No obstante la cifra del 42% puede ser mayor; algunas entidades como el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) han indicado que la madera que se explota, se transporta y se comercializa en el país, puede llegar a una cantidad cercana al 75% (Ávila J, 2015). En este sentido se presenta una situación ambiental bien compleja en la cual interactúan aspectos de orden económico, social, político, normativo y cultural. El tráfico de especies silvestres se sitúa en el tercer lugar después del tráfico de drogas ilícitas y de armas de fuego, alcanzando un valor cercano a los 10.000 millones de dólares anuales, que aunado a los 1.000 millones generados por el tráfico de madera ilegal (Hernández & Linares, 2005) se convierten en un “negocio” de gran atracción para propios y extraños.

Los procesos engorrosos para solicitar un permiso de aprovechamiento forestal ante las Corporaciones Autónomas Regionales, el tráfico de salvoconductos, la adulteración y falsedad de estos documentos, la corrupción de funcionarios en estas entidades públicas y en los organismos policivos, la utilización de documentos “legales” para movilizar madera obtenida ilegalmente, sumado a la dificultad para realizar acciones de vigilancia y control en las zonas boscosas y en carretera -íntimamente relacionado con el bajo número de profesionales capacitados para tal fin y por la presencia de actores armados que dificultan las labores propias de control-, acentúan la problemática ambiental para las especies forestales silvestres de valor comercial (Ávila, 2015).

“La ilegalidad en el sector forestal es un problema que se presenta a lo largo de la cadena de extracción, transformación y comercialización, y que requiere por tanto un esfuerzo conjunto de los diferentes eslabones que la integran, en el cual cada uno asume la responsabilidad correspondiente,

desde los compradores de la materia prima, pasando por los transportadores y transformadores hasta los consumidores finales de los productos de madera, de manera que se asegure que se están vendiendo y comprando productos legales" (MinAmbiente, 2014)

Esta situación particular repercutió en que 24 entidades del sector público y privado en agosto de 2009, suscribieran el Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia, como un acuerdo voluntario que contribuyera a la implementación de la política ambiental nacional, al mejoramiento de la gobernanza forestal, y que tuviesen por principal objetivo asegurar que la madera extraída, transportada, transformada, comercializada y utilizada provenga de fuentes legales (MinAmbiente, 2011).

A raíz de la suscripción del Pacto surgen actividades de gran relevancia como la creación de la campaña Compra Madera Legal – Compra Responsable, la implementación de la Estrategia Nacional de Prevención, Seguimiento, Control y Vigilancia Forestal en el año 2010, la inclusión de aspectos sobre uso de madera y guadua legal en la Publicación de las Guías para la Construcción de Vivienda de Interés Social en el año 2011 (MinAmbiente, 2011). El Plan Nacional de Desarrollo "Prosperidad para Todos" (2010 – 2014), incluye como estrategia para la gestión del riesgo de pérdida de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, "impulsar la implementación del Pacto Intersectorial por la Madera Legal", estableciendo como marco la ampliación y ratificación de esta iniciativa durante el periodo 2011 – 2015 (MinAmbiente, 2011). El Pacto es ratificado el 31 de agosto de 2011, el presidente de la República, Juan Manuel Santos Calderón, anuncia que *"así como se ha emprendido una cruzada contra la minería ilegal, se ha incluido como objetivo de alto valor del Gobierno, la lucha contra el tráfico ilegal de madera"* (MinAmbiente, 2014).

Así mismo, las bases del Plan Nacional de Desarrollo "Todos por un nuevo país" (2014 – 2018) incluye dentro de la estrategia transversal de crecimiento verde, proteger y asegurar el uso sostenible del capital natural y mejorar la calidad y la gobernanza ambiental, para lo cual en el componente de reducción de la deforestación, se estipula que se debe adelantar, entre otras, acciones para la promoción de la legalidad de la oferta y la demanda de productos maderables, a través de la implementación del Pacto Intersectorial por la Madera Legal (Pulido, 2015).

Pacto Intersectorial por la Madera Legal - consideraciones

Suscrito en el año 2009, producto del acuerdo entre organizaciones públicas y privadas, ha logrado incorporarse en las decisiones políticas del territorio colombiano, a tal punto que fue incluido en los Planes de Desarrollo Prosperidad para Todos (2010 – 2014) y Todos por un Nuevo País (2014-2018). Su objetivo primordial para asegurar que la madera extraída, transportada, transformada, comercializada y utilizada exclusivamente de fuentes legales, involucra de forma directa a todas las entidades, instituciones, organizaciones y al consumidor final; así como a cada una de las industrias o empresas forestales presentes en los diferentes eslabones de la cadena forestal.

Paulatinamente se han vinculado cada vez más entidades e instituciones a este acuerdo voluntario (Tabla 2); de 24 organizaciones que lo conformaron en el año 2009 auspiciadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Fedemaderas y el Proyecto Posicionamiento de la Gobernanza Forestal en Colombia liderado por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) (MinAmbiente, 2014), se han hecho partícipes 72 entidades a diciembre de 2014 (Pulido, 2015).

Tabla 2. *Entidades firmantes del Pacto Intersectorial por la Madera Legal*

Sector	Entidad / Institución
Ministerios	• Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural • Ministerio de Comercio, Industria y Turismo • Ministerio de Minas y Energía • Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Corporaciones Autónomas Regionales	CAM, CAR, CARDER, CARDIQUE, CARSUCRE, CAS, CDA, CDMB, CODECHOCÓ, CORALINA, CORANTIOQUIA, CORMACARENA, CORNARE, CORPAMAG, CORPOAMAZONIA, CORPOBOYACÁ, CORPOCALDAS, CORPOCESAR, CORPOCHIVOR, CORPOGUAJIRA, CORPOGUAVIO, CORPOMOJANA, CORPONARIÑO, CORPONOR, CORPORINOQUIA, CORPOURABÁ, CORTOLIMA, CRA, CRC, CRQ, CSB, CVC, CVS
Autoridades ambientales de centros urbanos	• Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA- • Establecimiento Público Ambiental de Cartagena –EPA- • Secretaría Distrital de Ambiente – SDA-
Otras entidades estatales	• Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales –DIAN- • Instituto Colombiano Agropecuario –ICA- • Policía Nacional • Artesanías de Colombia S.A.
Asociaciones, fundaciones, ONG´s	• Asociación Colombiana de Camioneros -ACC- • Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible -ASOCARS- • Asociación Nacional de Empresarios de Colombia -ANDI- • Cámara Asomineros de la ANDI • Cámara Colombiana de la Construcción -CAMACOL- • Confederación Colombiana de Consumidores • Consejo Empresarial Colombiano de Desarrollo Sostenible -CEDODES- • Consejo Colombiano de la Construcción Sostenible –CCCS- • Conservación Internacional Colombia -CI- • Corporación Aldea Global • Federación Colombiana de Ganaderos -FEDEGAN- • Federación Nacional de Comerciantes -FENALCO- • Federación Colombiana de Municipios • Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera –COLFECAR- • Federación Nacional de Departamentos • Federación Nacional de Empresarios de la Guadua -FEDEGUADUA- • Federación Nacional de Industriales de la Madera -FEDEMADERAS- • Federación Nacional de Productores de Carbón -FENALCARBÓN- • Fondo Mundial para la Naturaleza -WWF Colombia- • Fundación para la Conservación del Patrimonio Natural –BIOCOLOMBIA- • Fundación Natura • Grupo de trabajo para la certificación forestal voluntaria • The Nature Conservancy -TNC- • Traffic América del Sur

continuación Tabla 2

Sector	Entidad / Institución
Academia	• Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA- • Universidad Distrital Francisco José de Caldas • Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Fuente. Autoría propia, basado en la información disponible en la página oficial del Pacto Intersectorial por la Madera Legal

Cada una de las entidades o instituciones firmantes del Pacto poseen compromisos generales que deben ser materializados según la naturaleza de sus funciones y objetivos institucionales; impulsar acciones concretas orientadas a asegurar la legalidad de la madera, adopción de políticas, normativas, códigos de conducta, políticas de adquisición y compra responsable, promover, suministrar y divulgar información sobre el tema, impulsar mecanismos e incentivos que permitan avanzar hacia el desarrollo forestal sostenible, suscribir acuerdos regionales, divulgar el concepto de gobernanza forestal y las prácticas sostenibles en el sector forestal y, efectuar acciones de supervisión y de control se plasman como tal en la hoja de ruta a seguir para la consolidación del Pacto. Dentro de los resultados tangibles de este Pacto se incluye la campaña Elija Madera Legal, compre responsable, cuyo objetivo es promover la compra responsable de productos forestales como una herramienta clave para combatir la ilegalidad de comercio de la madera, dirigiendo el mercado hacia esquemas de certificación como sello de calidad, buen manejo y prácticas sostenibles (Campaña Elija Madera Legal, 2014).

Pulido (2015), señala los resultados de las iniciativas conjuntas de las entidades adscritas al Pacto, mencionando los siguientes:

a. Identificación de las principales variables para construir el Sistema de Aseguramiento a la Legalidad.
b. Modelo Matemático para el Cálculo de la ilegalidad de la Madera en Colombia.
c. Identificación y dotación con equipos y tecnología para el proceso de identificación de maderas (en el bosque, carreteras y transformación).
d. Aplicación de la Guía de Cubicación de Maderas para 11 Autoridades Ambientales.
e. Protocolos de Control y Vigilancia en los eslabones de la cadena forestal.
f. Diseño preliminar de la Guía de Compras Responsables de Madera.
g. Talleres para la definición del Concepto de Madera Legal para Colombia.
h. Posicionamiento de los resultados mediante páginas web y redes sociales.
i. Fortalecimiento de las Mesas Forestales y los Acuerdos Departamentales por la Madera
j. Encuentros Pacto por la Madera Legal.

A su vez, se han puesto en marcha 18 acuerdos departamentales y/o regionales por la madera legal -hasta el año 2016-, que se convierten en “escenarios de socialización, fortalecimiento, compromiso, voluntad y responsabilidad compartida para buscar mecanismos efectivos de control, transparencia, mercados y compra responsable de madera” (PIMLC, 2014):

- Acuerdo intersectorial por la madera legal del Amazonas,
- Pacto por los bosques de Antioquia,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal en Caldas,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Cauca,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Chocó,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Cundinamarca,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal del Guainía,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de la Guajira,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal del Guaviare,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Huila,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Nariño,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Norte de Santander,

- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Quindío,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal de Risaralda,
- Pacto intersectorial por la madera legal del Tolima,
- Acuerdo intersectorial por la madera legal del Valle del Cauca,
- Acuerdo por la madera legal de Chigorodó y,
- Alianza Intersectorial por la Madera Legal para Bogotá D.C.

La Academia en el Pacto Intersectorial por la Madera Legal

Dada la importancia de las entidades educativas en la realización de acciones formativas, participativas, investigativas, de extensión social y trabajo con la comunidad, este sector se convierte en un actor decisivo para propiciar acciones decisivas en el manejo racional del bosque y que las actividades de extracción, aprovechamiento, transformación, transporte, comercialización y uso de los productos forestales maderables se lleven a cabo bajo principios de orden técnico y ético. Desde el año 2009 hasta el año 2016, tres entidades del sector de la educación han sido partícipes y firmantes del Pacto Intersectorial por la Madera Legal: el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Los compromisos de estas instituciones educativas están enmarcados en:

a. Acciones para la divulgación y sensibilización en temas directamente relacionados con el Pacto.
b. La adopción e implementación de acciones específicas de docencia, investigación, extensión y proyección social, orientadas a asegurar que el aprovechamiento, la transformación, el transporte, la comercialización y el uso de la madera se realice bajo procedimientos que permitan demostrar la legalidad de su procedencia.
c. Participación de iniciativas que propendan por la legalidad de la madera y el manejo forestal sostenible.

En los acuerdos regionales o departamentales, firmados hasta el año 2016, se encuentran presentes una serie de actores que se suscriben para la realización de acciones puntuales a nivel local. Sin embargo, el papel de la Academia se concentra solo en algunos de los acuerdos firmados a nivel regional, como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3. *Entidades educativas en Pactos Regionales por la Madera Legal*

Pacto regional	Entidades / Instituciones educativas
Pacto por los bosques de Antioquia	Universidad Nacional sede Medellín Escuela de ingeniería de Antioquia Universidad EAFIT Universidad Nacional Abierta y a Distancia Universidad de Antioquia Universidad de Medellín Universidad CES Sena Institución Universitaria Salazar y Herrera Politécnico Mayor Corporación Universitaria Remington
Acuerdo intersectorial por la madera legal de Norte de Santander	Sena
Alianza Intersectorial por la madera legal en Bogotá D.C.	Sena Universidad Distrital Francisco José de Caldas Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

En 15 de los 18 acuerdos regionales protocolizados, no se evidencia la incorporación de entidades del sector educativo como partícipes activos de los escenarios para materializar los alcances del Pacto por la Madera Legal. Ahora bien, las tres entidades educativas que han firmado el Pacto Intersectorial por la Madera Legal (Sena, Universidad Distrital y la UNAD) y la Universidad Nacional sede Medellín que ha firmado el Pacto por los Bosques de Antioquia, poseen programas académicos relacionados directamente con el manejo del bosque y con el sector forestal y agroforestal, tal como se indica en Tabla 4.

Tabla 4. *Programas académicos ofertados por entidades firmantes del Pacto*

Institución educativa	Programa académico
SENA	• Tecnólogo en manejo y aprovechamiento de bosques naturales • Técnico en aplicación de recubrimientos con pintura en madera • Técnico en carpintería • Técnico en construcción de viviendas modulares en madera • Tecnólogo en delineado y armado de estructuras en madera • Técnico en elaboración de objetos artesanales en madera • Técnico en fabricación de muebles contemporáneos y modulares • Tecnólogo en procesos productivos de la madera • Tecnólogo en silvicultura y aprovechamiento de plantaciones forestales • Auxiliar en trabajador de la madera
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	• Ingeniería Forestal
Universidad Nacional Abierta y a Distancia	• Ingeniería Agroforestal (ofertada solo para estudiantes antiguos) • Tecnología en Sistemas Agroforestales
Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín)	• Ingeniería Forestal

Sin embargo, existen otras entidades académicas presentes en diferentes regiones del territorio nacional, que ofertan programas directamente relacionados con el sector forestal y agroforestal que no se han incorporado al Pacto Intersectorial por la Madera Legal y/o sus acuerdos de índole regional (Tabla 5), y que de llegar a hacer parte de estas iniciativas, incidirían directamente en la divulgación, capacitación y orientación a procesos formativos, investigativos y de proyección comunitaria.

Tabla 5. *Programas académicos ofertados por entidades no inmersas en el Pacto*

Entidad académica	Programa ofertado
Universidad de Nariño	Ingeniería agroforestal
Universidad Tecnológica de Chocó	Ingeniería agroforestal
Unitrópico	Ingeniería agroforestal
Universidad del Tolima	Ingeniería forestal
Universidad Industrial de Santander	Ingeniería forestal
Universidad del Cauca	Ingeniería forestal

Discusión y conclusiones

Las instituciones educativas han carecido de un papel protagónico y preponderante en el Pacto Intersectorial por la Madera Legal y en los acuerdos regionales; solo tres entidades hacen parte del Pacto Nacional y solamente en tres acuerdos regionales de los 18 circunscritos hasta el año 2016, se destaca la participación de la academia. Mediante la articulación en los procesos formativos con la normatividad vigente y la institucionalidad, se puede lograr la formación de profesionales idóneos, éticos, responsables e idóneos para la ejecución y puesta en marcha de acciones puntuales que beneficien a la comunidad que vive directamente de los recursos forestales sin detrimento del bosque, logrando una articulación entre los discursos disyuntivos de conservación y desarrollo.

Ahora bien, las entidades educativas juegan un papel preponderante en la formación de los empresarios y beneficiarios del sector forestal en cada uno de sus eslabones. Las actividades formativas y académicas no pueden por lo tanto concentrarse exclusivamente a centros urbanos, se debe estar en constante búsqueda del mejoramiento de las condiciones de formación de la comunidad en los sitios de aprovechamiento, como una medida fundamental para asegurar la sostenibilidad del recurso y el uso racional del bosque. En la actualidad son muy pocos los empresarios de aserríos, depósitos de madera, carpinterías, fábricas de muebles, ebanisterías y comerciantes de productos forestales de primer y segundo grado, que poseen una formación de carácter profesional otorgada por una institución de educación superior, técnica o tecnológica específica del sector forestal. Su formación parte del conocimiento de técnicas fundamentadas en los procesos empíricos o de la capacitación puntual en algún “arte” o elaboración de un producto en específico, sin embargo, se requiere de un conocimiento a mayor profundidad sobre el sector forestal, más allá de la elaboración de un producto determinado que satisfaga una demanda en particular.

Los procesos investigativos en las instituciones educativas deben estar encaminados a la solución de las necesidades reales del sector productivo en materia de madera legal. Es común encontrar que la academia va en una dirección y las necesidades reales del país en otra. Es así como surgen decenas de procesos investigativos que no poseen un verdadero sentido social y cuya repercusión en la comunidad es mínima o en muchos casos nula. Se requiere por lo tanto de proyectos de investigación y proyectos aplicados que resuelvan, o por lo menos ayuden en la solución, de los diferentes situaciones y problemas de la comunidad, se incentiven los sistemas productivos con especies forestales nativas que por cierto son las más traficadas, y se despliegue la formación resaltando la megadiversidad de especies y ecosistemas del territorio nacional y no solo se procure la reforestación y el uso masivo de unas pocas especies -generalmente de carácter exótico- que no han contado con las debidas investigaciones sobre el impacto ambiental en los ecosistemas tropicales y ecuatoriales generadas en las diferentes regiones.

Se requiere de una serie de investigaciones, publicaciones, foros, talleres, seminarios y conversatorios, en los cuales la comunidad pueda participar directamente y se beneficie de los conocimientos técnicos mínimos, para lograr que las acciones de extracción, aprovechamiento, transformación, transporte y comercialización se lleven a cabo de forma racional y coherente con la conservación del recurso forestal. Los protocolos de aprovechamiento, la descripción de actividades silviculturales, el desarrollo de técnicas y tecnologías limpias y la puesta en marcha de proyectos piloto, se convierten entre otras, en pilares para el conocimiento y la divulgación de prácticas forestales sostenibles.

El estudio detallado de cada uno de los eslabones de la cadena forestal, sus alcances, limitaciones, fortalezas y debilidades, se convierte en otro escenario propicio para la inclusión de las entidades educativas en pro del objetivo y de los compromisos generales y específicos del Pacto, así como de los acuerdos regionales. No basta con reconocer las especies forestales empleadas, es de vital importancia su estudio a detalle para determinar el grado de articulación entre las diferentes empresas e industrias que componen la cadena forestal, la detección de puntos y zonas críticas, el reconocimiento de zonas estratégicas de producción y transformación a nivel rural y urbano en las escalas

local, regional y nacional y el grado de cumplimiento de la normatividad vigente en el empleo de madera legal por los diferentes eslabones de la cadena.

Los procesos de divulgación de información a través de revistas, página web, boletines, libros, periódicos institucionales, semanarios y otros, deben llegar directamente a la comunidad, pero también deben articularse acciones entre las instituciones educativas para lograr la cohesión y trabajo en equipo de la academia en beneficio del país. Así mismo, la articulación del sector productivo, las autoridades ambientales, las entidades de control -contraloría, procuraduría, fiscalía- y de policía deben coordinarse a través de la academia. Si bien existen unas funciones normativas atribuidas y una razón de ser de cada una de las entidades, es a través del conocimiento, donde se logrará el desarrollo íntegro y holístico del sector forestal. Hasta tanto no haya una vinculación fuerte, propositiva y participativa de la academia, se seguirán presentando fallas en el sistema formativo. Es de recordar que los profesionales que se emplearán en las entidades ambientales, de control, de policía y en las empresas forestales, se forman en las universidades estatales y privadas, que de no estar ellas presentes en las decisiones políticas, carecerán de espíritu emprendedor, analítico y crítico frente a la realidad del país.

Aunado a lo anterior, las instituciones educativas deben estructurar unos códigos de conducta y políticas de adquisición y compra responsable para la adquisición y/o venta de madera, para que de esta forma el ejemplo comience por casa y se logren evidenciar las dificultades y oportunidades para el cumplimiento del objetivo central del Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia.

Literatura citada

1. Ángel Maya, A. (2015). La fragilidad ambiental de la cultura. Historia y medio ambiente. Recuperado de: *www.augustoangelmaya.com*.
2. Ávila J, C. (2015). El país pierde 48.000 hectáreas de bosque al año. El Tiempo. Recuperado de: *http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/tala-de-arboles-ilegal-en-colombia-51113*
3. Campaña Elija Madera Legal. (2014). Elija Madera Legal. Recuperado de: *http://elijamaderalegal.blogspot.com.co/*
4. Grupo de Bosques 2014 - IDEAM. (2014). Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques 2014. Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
5. Gutiérrez Garza, E. (2007). De las teorías del desarrollo, al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario. *Trayectorias*, (25), 45 - 60.
6. Hernández, C. R. & Linares, H. J. E. (2005). El tráfico de especies silvestres como crimen organizado. *Revista Criminalidad*, 338 - 348. Recuperado de: *file:///C:/Users/estudiante/Downloads/especies%20_0.pdf*
7. IDEAM. (2014). Indicador ambiental. Proporción de la superficie terrestre cubierta por bosque natural. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
8. IDEAM. (2014). Indicador ambiental. Tasa Anual de Deforestación. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
9. Jardín Botánico de Medellín. (2015). Pacto por los bosques de Antioquia. Recuperado de: *http://www.botanicomedellin.org/servicios/area-cientifica/pacto-por-los-bosques/*
10. Leff, E. (2008). Discursos sustentables. México: Siglo XXI, editores.
11. MinAmbiente. (2011). Pacto por la Madera Legal en Colombia. Fedemaderas, 16.
12. MinAmbiente. (2014). Cartilla Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CARDER.
13. MinAmbiente. (2014). Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Biodiversidad Biológica. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
14. PIMLC. (2014). Acuerdos departamentales / regionales por la madera legal. Obtenido de Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia. *http://pactomaderalegalcolombia.weebly.com/acuerdos-regionales-adml.html*
15. Revista Semana. (2009). Pacto contra el tráfico ilegal de madera. Recuperado de: *http://www.semana.com/nacion/medio-ambiente/articulo/pacto-contra-trafico-ilegal-madera/106672-3*
16. SDA. (2015). Alianza Intersectorial por la Madera Legal en Bogotá D.C. Bogotá D.C.: Secretaría Distrital de Ambiente.
17. Torres Carrasco, M. (2003). Educación Ambiental. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Educación Nacional.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Abril 27 de 2017
Aceptado: Mayo 30 de 2017

Caracterización socio-económica del corregimiento La Pampa zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Socio-economic characterization of the Corregimiento La Pampa rural area of the municipality of Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Caracterização socioeconômica da área rural la Pampa do município de Palmira, Valle del Cauca, Colômbia.

Holbein Giraldo Paredes

Licenciado en Historia, Especialista en teorías, métodos y técnicas en investigación social, Magíster en Filosofía.

Profesor catedrático Universidad del Valle sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Profesor de jornada completa de la facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Libre. Cali, Valle del Cauca, Colombia.

holbein30@hotmail.com

Resumen

Se presenta una caracterización socio-económica de los habitantes del corregimiento La Pampa en zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia, en el año 2016. El objetivo de la investigación fue diagnosticar las problemáticas a nivel social, económico y ambiental que más afectan a esta comunidad, y establecer con precisión cuales son las necesidades en términos de capacitación. Se utilizó un enfoque de triangulación metodológica, o método mixto realizando un levantamiento de información cuantitativo mediante una ficha técnica de encuesta, tomando una muestra de 120 encuestas a hogares, la cual se cruzó con la información cualitativa obtenida a través de la realización de 15 entrevistas semiestructuradas en profundidad. A partir de la teoría de las NBI -necesidades básicas insatisfechas-, se pudieron establecer los altos índices de pobreza en los que se encuentran los habitantes del corregimiento La Pampa.

Palabras clave: pobreza rural, necesidades básicas insatisfechas, monocultivo, vereda.

Abstract

It is presented a socio-economic characterization of the inhabitants of the county of La Pampa in the rural area of the municipality of Palmira, Valle del Cauca, Colombia, in the year 2016. The objective of the research was to diagnose the problems at the social, economic and environmental level that most affect this community, and to establish precisely what the needs are in terms of training. A methodological triangulation approach, or mixed method, was used to lift quantitative information using a survey sheet, taking a sample of 120 household surveys, which crossed with the qualitative information obtained through the realization of 15 semi-structured interviews in depth. From the theory of the NBI - unsatisfied basic needs-, was able to establish the high

poverty rates in those who are the inhabitants of the Corregimiento La Pampa.

Key-words: rural poverty, unsatisfied basic needs, monoculture, rural area.

Resumen

Uma caracterização socioeconômica dos habitantes do distrito de Pampa na área rural do município de Palmira, Valle del Cauca, Colômbia, é apresentada em 2016. O objetivo da pesquisa foi diagnosticar os problemas sociais, econômicos e ambientais que mais afetam essa comunidade e estabelecem precisamente quais são as necessidades em termos de treinamento. Foi utilizada uma abordagem de triangulação metodológica, ou um método misto, por meio de uma pesquisa de informação quantitativa usando uma folha de dados da pesquisa, levando uma amostra de 120 pesquisas domiciliares, que foi comparada com a informação qualitativa obtida através de 15 entrevistas semi-estruturado em profundidade. Com base na teoria do NBI - necessidades básicas não atendidas -, foi possível estabelecer as altas taxas de pobreza nas quais os habitantes de La Pampa estão localizados.

Palavras chave: pobreza rural, necessidades básicas insatisfeitas, monocultura, área rural.

Introducción

Plantea Jaramillo (2006) que el problema de la pobreza genera un desequilibrio social ligado a factores estructurales representados en la insatisfacción de las necesidades y requerimientos básicos de los ciudadanos. Esta situación tan compleja se relaciona con una variedad de circunstancias que dependen de dinámicas históricamente determinadas por características sociales, económicas, políticas y culturales. El porcentaje más alto de población en condiciones de pobreza en Colombia, se encuentra en el sector rural y las estrategias para darle solución al problema más grave que enfrenta el campo colombiano deben considerar las características propias de las comunidades que habitan estas zonas, por esto resulta necesario abordarlo desde sus múltiples dimensiones, tratando de igual forma de construir propuestas de solución dentro de enfoques con tendencia al desarrollo de toda la población. En esta perspectiva, el desarrollo social debe centrarse en mejorar las condiciones de vida para aquellos sectores que por exclusión, inserción precaria o factores coyunturales se encuentran en condiciones de vulnerabilidad. A lo largo de la historia de país las comunidades campesinas han sido referentes para el desarrollo, aunque desgraciadamente su inclusión en los procesos de construcción social se presentó sin considerar el desarrollo de sus capacidades como eje central de las políticas y como un sector potencial en sí mismo. Según el DANE (2016), tercer censo nacional agropecuario, la pobreza en el campo afecta al 44,7 % de la población, situación que evidencia que en Colombia esta afecta más al campo que a las ciudades, al año 2017 según la encuesta sobre calidad de vida la pobreza en el sector rural llegó al 56,4%, dato preocupante porque muestra el incremento de pobres en el campo colombiano.

Una visita al corregimiento la Pampa permitió observar las condiciones de pobreza en las que viven sus habitantes. Según el Anuario estadístico de Palmira (2013) este corregimiento cuenta con 804 moradores, clasificados en el estrato 1 y 2, condiciones que motivaron el desarrollo de esta investigación, en el segundo semestre del 2016, surgida de una gran preocupación por el tema de la pobreza rural en Colombia, y en especial por su realidad inmediata, Palmira y sus comunas rurales, es así como se planteó realizar una investigación de carácter descriptivo que permitiera conocer más de cerca y de manera sistemática todas las problemáticas derivadas de esas condiciones de pobreza en las que viven muchas comunidades campesinas en las zonas rurales del municipio. De allí surgió la pregunta

orientadora: ¿Que caracteriza socio-económicamente a los habitantes del corregimiento la Pampa zona rural del municipio de Palmira, en el año 2016?

Materiales y métodos

El corregimiento la Pampa cuenta actualmente con 322 viviendas, de las cuales se encuestaron 120 que corresponde a una muestra cuantitativa de 37% de los hogares. Para escoger las viviendas a encuestar se estableció el criterio de seleccionar una de cada tres casas. Así mismo se aplicó una entrevista en profundidad a 27 personas las cuales son consideradas fundadoras del corregimiento la Pampa y cuyo rango de edad se encuentra entre los 64 y 87 años de edad.

El tipo de estudio desarrollado en esta investigación es descriptivo ya que permite caracterizar socio-económicamente a los habitantes del corregimiento la Pampa en zona rural de Palmira, Valle del Cauca, Colombia; para el abordaje metodológico se realizó una triangulación, o método mixto en la que se hizo un levantamiento de información cuantitativo a través de la aplicación de una ficha técnica de encuesta, tomando una muestra de 120 encuestas a hogares del corregimiento la Pampa, la cual se cruzó con la información cualitativa obtenida a través de la realización de 15 entrevistas semiestructuradas en profundidad , a personas que llevan más de veinte años viviendo en el corregimiento para que contaran la evolución y los cambios a través del tiempo, lo que permitió un mayor rigor en el abordaje del objeto de estudio.

Resultados

El corregimiento la Pampa hace parte de los asentamientos poblacionales rurales lineales ubicados en una infraestructura vial secundaria del municipio de Palmira, que fue creciendo demográficamente ligado al desarrollo del monocultivo de caña de azúcar, situado entre las comunas 12 y 13 al 2013 contaba con 804 habitantes, 542 censados en el estrato 1 y 262 en el estrato 2. (Anuario estadístico de Palmira, 2013). Cuenta con un colegio llamado Institución Semilla de la Esperanza Sede Heliodoro Villegas y con el puesto de salud Hospital Raúl Orejuela Bueno que presta servicios de atención básica en odontología, medicina general y enfermería.

Narra una de las entrevistadas:
"Años atrás este corregimiento era un conjunto de pocas casas rodeadas de grandes lotes baldíos donde se daba variedad de cultivos. Sus carreteras eran anchas y aunque tenían problemas de servicios públicos esto no era una razón para que sus moradores pudieran tener una vida agradable". (Doña Manuela).

Hoy por hoy esta versión sociodemográfica ha cambiado mucho, todos los lotes baldíos han sido reemplazados por el monocultivo de la caña viéndose obligados a vender y ahora habitar pequeños espacios, y con ellos la perdida de vegetación originaria de la región y el desplazamiento de la fauna silvestre a otras zonas, aspectos que han generado el deterioro de la calidad de vida de sus habitantes. Como lo expresa muy bien uno de sus pobladores en el siguiente comentario:

"La vereda hace más de 100 años existe eran puras fincas donde se cultivaba: café, árboles frutales, cítricos (naranja) y plátanos; había muchas casas. Hace unos 30 años todo evoluciono y se empezaron a vender las casas para la siembra del cultivo de caña de azúcar; al llegar la caña la gente se fue, ahora los que quedamos somos muy pocos". (María)

Esto es lo que narran las personas del corregimiento la Pampa, *"sus fundadores han fallecido siendo pocos los que conocen los mejores tiempos de la pampa".* (María) Es importante resaltar la manera como el corregimiento la Pampa según lo narrado por sus habitantes nace hace más de cien años, época por la cual estaba surgiendo en el Valle del Cauca la agroindustria azucarera, como bien lo ilustra la siguiente cita:

"Don Santiago M. Eder tras adquirir en remate los bienes de Jorge Enrique Isaacs, revitalizó las siembras de las suertes de caña e importó el primer molino o

trapiche con rueda hidráulica de metal, para reemplazar las ruedas hidráulicas de madera que habían sido construídas por los españoles en tiempos pasados. Con esto aumentó sobremanera la producción de azúcar, la cual pasaría del rudimentario azúcar de pan a otro más higiénico y de mayor competitividad en los mercados nacionales y extranjeros. Años después se constituyó una de las industrias más importantes del Valle del Cauca y Palmira fue epicentro de estos desarrollos con la fundación y posterior inauguración del Ingenio Manuelita durante los primeros años del siglo XX. Un siglo que marcó un señalamiento de progreso y de evolución social y empresarial para Palmira. Con el paso del tiempo se constituyeron en Palmira un gran número de empresas de diversos sectores, entre ellos uno de los más importantes el agroindustrial que llevó a la denominación de Capital Agrícola de Colombia" (Silva, 2004)

Según lo relatado en las entrevistas muchos de los fundadores del corregimiento la Pampa fueron migrantes de zonas del país como los departamentos de Cauca, Nariño, Tolima y Quindío, quienes llegaron atraídos buscando mejores condiciones de vida por el desarrollo de la agroindustria azucarera. "Mi mamá y mi papá llegaron muy jóvenes a la Pampa, fueron de los fundadores de la vereda, ellos venían del Tambo Nariño y aquí trabajaron, criaron a sus nueve hijos y vivieron por más de sesenta años" (Edilmira)

Caracterización social y económica de los habitantes del corregimiento la Pampa, Palmira.

Género. La mayor población encuestada en el corregimiento de la Pampa es la del género masculino con un 72% que equivale a 70 personas y el género femenino encuestado fueron 27, las cuales equivalen a un 28%.

Edad El mayor porcentaje de personas encuestadas se encontraban en el rango de edad entre los 30 y 39 lo que equivale a un 19% seguido del rango de 20-29 años que equivale a un 18%, cabe destacar que las personas mayores de 70 años corresponden a un 15% de los encuestados (Figura 1).

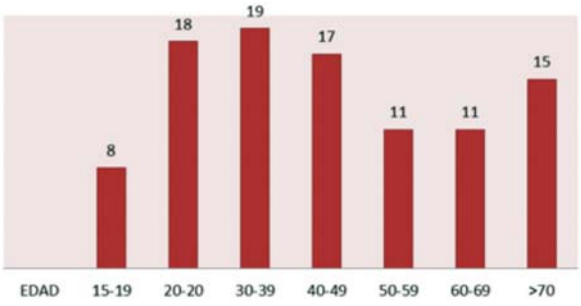

Figura 1. Edad de los habitantes de la Pampa, Palmira.

Familia. Se puede observar que el 54% de las personas que participaron en la encuesta no eran los jefes de la familia y que 46 personas encuestadas 46% Si eran jefe de familia (Figura 2). Del total de 46 personas jefes de familia, 40 eran padre o madre y el otro resultado relevante es que 6 personas jefes de familia son abuelos. La mayoría de las familias encuestadas, un 19% tiene 2 hijos, un 26% tiene 3 hijos y un 27% cuatro hijos, en este número de hijos se ubican los porcentajes más altos, lo que permite concluir que las familias en el corregimiento la Pampa están conformadas en un 72 % de 2 o 4 personas y muy pocas familias encuestadas tienen más de 6 miembros. Las familias están constituidas mayoritariamente por adultos con un dato de 201 personas adultas y en menor cantidad están los adolescentes 59 y niños 47.

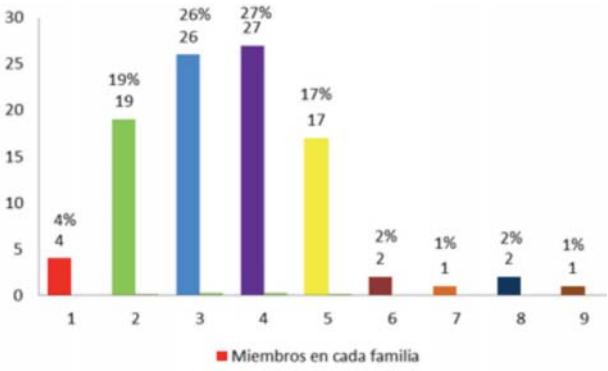

Figura 2. Conformación de las familias en la Pampa, Palmira.

Vivienda. El 89% de la población cuenta con una vivienda con estructura de ladrillo, en buenas condiciones, el 7% de la población tiene su hogar construido con materiales como bareque y madera, y el 4% restante de la estructura de vivienda de la población es de esterilla, guadua y paja (Figura 3). Dentro de las necesidades básicas que corresponden a los servicios públicos, encontramos que el 99% de la población cuenta con energía eléctrica, las familias del corregimiento la Pampa no cuenta con: agua potable, gas domiciliario, alcantarillado, vías pavimentadas e internet, donde el nivel de necesidades básicas insatisfechas con relación a la prestación de los servicios públicos para esta comunidad es del 100% en cuanto a estas.

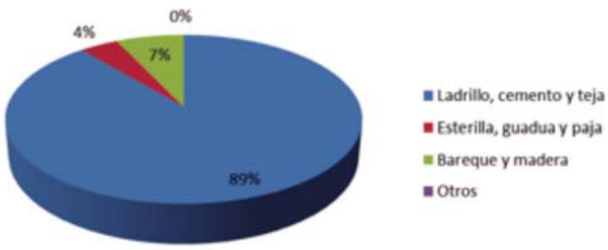

Figura 3. Materiales en que están construidas las viviendas de la Pampa.

Factores migratorios. Es posible observar que un 42% de la población encuestada es proveniente de la ciudad de Palmira, seguido por Nariño con un 29%, Cauca con un 7% y finalizando con menor porcentaje Galicia, Santander, Cerrito y Caldas con un 1% respectivamente (Figura 4). Gran parte de la población de la pampa correspondiente a un 82% reside allí hace más de 5 años, un 18% vive hace menos de 5 años en el corregimiento. La encuesta evidenció que los años con mayor migración de familias al corregimiento son los años que van desde 1970 a 1980 22% y de 1990 a 2000 otro 22%, los años con menor frecuencia van desde 1950 a 1960 y de 1960 a 1970 presentando un valor de 4% cada periodo (Figura 5).

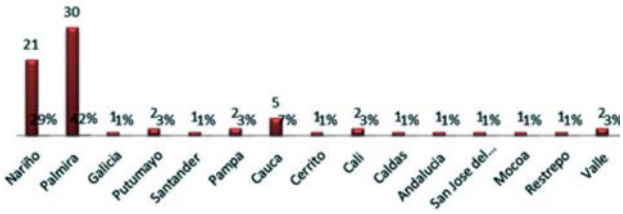

Figura 4. Lugar de nacimiento de los habitantes la Pampa, Palmira.

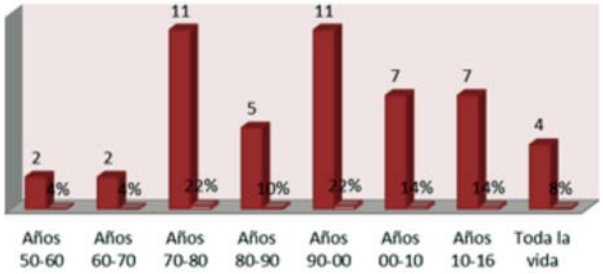

Figura 5. Año de traslado de los habitantes a la Pampa, Palmira.

Educación. El mayor grado de estudio de los habitantes de la Pampa es la secundaria 39% seguido de la primaria 36%, un 14% de los encuestados afirmaron no haber estudiado, un 11% tiene una carrera técnica lo que nos muestra que sus habitantes no tienen acceso a educación superior de pregrado y menos de postgrado (Figura 6). Un 44% de adolescentes y niños están cursando primaria y secundaria actualmente, un 38% de adolescentes afirma no estar estudiando actualmente y un 18% no respondió a esta pregunta.

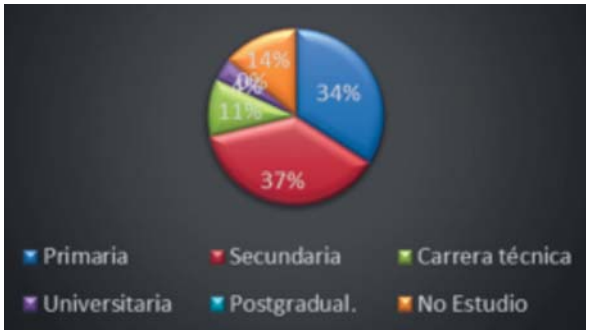

Figura 6. Escolaridad de los habitantes de la Pampa, Palmira.

Trabajo. En el 50% familias encuestadas solo 1 persona cuenta con trabajo actualmente y el 31 % de las familias cuentan con trabajo 2 personas y en un 12% de familias trabajan más de 3 personas, un 7% no respondió a esta pregunta (Figura 7). El 21%, se dedican a otra actividad diferente a la producción de productos agrícolas, pecuarios y forestales. Un 32% trabaja actualmente en los ingenios, un 20% en haciendas, 30% tiene otro tipo de trabajo, un 18% son amas de casa.

Figura 7. Personas que trabajan en las familias de la Pampa, Palmira.

Ingresos. El 73% de las personas encuestadas, oscilan entre uno y dos salarios mínimo mensual vigente smv, un 2% tiene ingresos de 2 a 3 smv, un 4% gana menos de 1 smv, también se evidenció que ninguna persona tiene ingresos mayores a cuatro salarios mínimos mensuales vigentes, 21 % de los encuestados no respondió a esta pregunta. EL 65% personas encuestadas no tiene alguna actividad comercial como familia, y 35% personas si la tiene, las cuales de ellas 18% corresponde a tiendas y 17% a producción pecuaria**.**

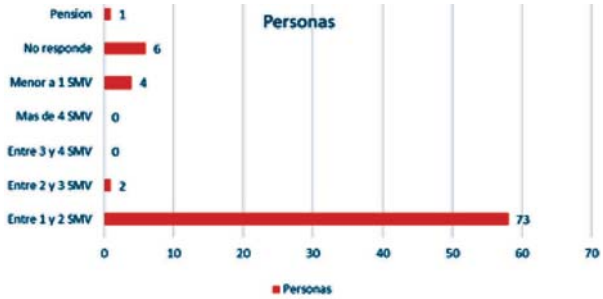

Figura 8. Ingresos de los habitantes de la Pampa, Palmira.

Actividad agrícola. El 99% de los habitantes del corregimiento la Pampa no cuenta con tierra disponible en la cual pueda implementar una producción agrícola, El 1% restante que cuenta con tierra, no cultiva por falta de recursos económicas o por difícil acceso al mercado local, además el monocultivo de caña hace que se dificulte el implementar otras producciones ajenas a ella (Figura 9). Rescatando que son muy pocas las familias que se arriesgan a cultivar algunos frutales y hortalizas. El 70% de la muestra encuestada considera que la comunidad no cuenta con superficie de bosque y 30 % de personas no tienen información al respecto. En cuanto a la fauna el 42% de los encuestados afirman que en la región hay presencia de “gurres”, un 34% de ardillas, 10% de “chuchas”, 8% de loros y 6% iguanas

Figura 9. Actividad agrícola de la Pampa, Palmira.

Problemas ambientales

La deforestación ha estado presente, ya que 44% de personas dicen que la tala ha sido la principal causa de la disminución de la superficie de los bosques y la desaparición de especies nativas de la zona. 48% afirman que la lluvia ha disminuido, la cual es preocupante porque afectan los arroyos, ríos y superficie del bosque. Respecto al cauce de los ríos y arroyos, el 28% de personas afirman que ha disminuido el cauce, muchas personas no saben cuáles son las causas de la posible disminución de arroyos y ríos, ya que solo el 20% de personas consideran que la principal causa es la deforestación. Los problemas ambientales más graves que enfrentan los habitantes del corregimiento la Pampa, (Figura 10), según sus respuestas en la encuesta son:

Contaminación del aire por la quema de la caña 26%
Contaminación de las aguas 25%
Malos olores 18%
Mal manejo de las basuras 17%
Contaminación por ruido 9%
Sustancias Químicas 5%

En la vereda la Pampa los habitantes están expuestos a muchos factores de contaminación debido a la industria de la caña y a la falta de cultura que presentan los habitantes con respecto al cuidado del medio ambiente, lo que impacta negativamente la salud sobre todo de niños y adultos mayores, donde se presentan con frecuencia afecciones respiratorias, cuadros de alergias y enfermedades gastrointestinales.

Figura 10. Problemas ambientales en la Pampa, Palmira.

Asistencia técnica

La Figura 11 muestra el abandono que ha sufrido la vereda la Pampa por parte del estado y la empresa privada, ya que vemos una escasa capacitación para estas personas. Donde el 20% de sus habitantes capacitados lo han hecho por medio de las entidades públicas y el sector privado quien es uno de los mayores beneficiados por los servicios de esta comunidad, pero no muestran interés para con ellos

Figura 11. Asesoría técnica en la Pampa, Palmira

Basados en los resultados se puede evidenciar un gran interés por parte de los habitantes de la comunidad de la vereda de la Pampa en recibir capacitación (Figura 12), lo que muestra un gran interés por superarse. Los aspectos en los que les gustaría recibir asesoría son:

A. En la producción de un cultivo
B. En la producción de ganado
C. En la comercialización
D. En el uso de maquinaria y equipo
E. En el diseño y construcción de infraestructura
F. En la solicitud de crédito y adquisición de insumos
G. En la transformación de productos agropecuarios

La producción de cultivos, ganado, su transformación y comercialización son unos de los aspectos en los cuales la comunidad de la vereda la Pampa, aspectos en los que les gustaría recibir capacitación que consideran pueden generarles más oportunidades y brindarles mejores ingresos y por lo tanto mejor calidad de vida.

Figura 12. Interés en recibir capacitación de los habitantes de la Pampa, Palmira.

Discusión

El corregimiento la pampa en zona rural de Palmira Valle del Cauca, con sus 804 habitantes clasificados en estrato 1 y 2 (Anuario estadístico de Palmira, 2013). Muchos de ellos migrantes campesinos que llegaron de zonas como Nariño, Cauca, Galicia, Santander, Cerrito y Caldas atraídos en los años setenta y ochenta por la expansión de la agro-industria azucarera, como lo plantea (Jaimes, 2012), la fuerte inserción migratoria producida por el desarrollo

de la industria de la caña de azúcar, indujo a tasas de crecimiento poblacional muy importantes en el departamento y de forma específica en el municipio de Palmira donde muchos de los migrantes provenían de departamentos como: Nariño, Cauca, Antioquia, Caldas y Tolima. A pesar de su relativo crecimiento poblacional en las dos últimas décadas el corregimiento la Pampa presenta la misma problemática de pobreza, atraso y abandono por parte del estado, donde la falta de estructura física es un elemento predominante, Para (MERPD, 2005) en la actualidad el porcentaje de hogares con viviendas inadecuadas es mayor en áreas rurales 16,4% vs 2.5% de las áreas urbanas. El sector rural tiene mayores necesidades básicas insatisfechas por cuanto no cuenta con apropiada infraestructura física y existe menor acceso a los programas sociales. En cuanto a Cobertura de servicios públicos la población con el porcentaje de NBI necesidades básicas insatisfechas en Colombia se encuentran en las zonas rurales (DANE, 2005) que, lo que evidencia que la población más pobre del país se encuentra en el campo, donde servicios básicos como acueducto, alcantarillado, teléfono y gas se encuentran en un porcentaje muy bajo de satisfacción con respecto a las zonas urbanas.

La falta de acceso a la educación es otro indicador preocupante de necesidades básicas insatisfechas en esta comunidad, factor que la subsume en la pobreza, el atraso y la falta de oportunidades para sus habitantes, ya que educación, empleabilidad y calidad de vida tienen una relación directa.

El 99% de las familias de la Pampa no cuenta con tierra para cultivar, lo que agrava su situación económica ya que depende de los empleos que pueden tener en los ingenios y las haciendas u oficios varios. Viviendas inadecuadas, falta de acceso a servicios públicos, bajos niveles de cobertura en educación, bajos salarios y falta de acceso a la tierra, la pobreza es la situación de aquellos hogares que no logran reunir en forma relativamente estable los recursos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de sus miembros. Del mismo modo se define como:

"la condición caracterizada por una privación severa de necesidades humanas básicas, incluyendo alimentos, agua potable, instalaciones sanitarias, salud, vivienda, educación e información. La pobreza depende no sólo de ingresos monetarios sino también del acceso a servicios". (Feres & Mancero, 2001)

El corregimiento la Pampa presenta indicadores de un alto índice de NBI, para Álvarez & Martínez (2001) la pobreza tiene una relación directa con las necesidades básicas insatisfechas. La pobreza es la imposibilidad de satisfacer una o más necesidades básicas para alcanzar una vida digna. El acceso a servicios sociales básicos tiene una gran importancia en este enfoque teórico. A continuación, se presentan los cinco Indicadores de Necesidades Básicas Insatisfechas en zonas rurales. Se considera pobre:

1. si no se goza de una vivienda con materiales adecuados.
2. si la vivienda no tiene servicios públicos de acueducto y alcantarillado o los que tiene son inadecuados.
3. si se presenta un nivel de hacinamiento crítico.
4. si el nivel de dependencia económica es alto.
5. cuando uno de sus niños entre los 7 y los 11 años no asiste a la escuela.

La calidad de vida de los habitantes del corregimiento la Pampa se deteriora al no contar con los servicios públicos básicos la ausencia de alcantarillado y acueducto.

Por otro lado se enfrentan a graves problemas ambientales como: la quema de la caña y la cría de ganado porcino que genera malos olores, factores que alteran la calidad del aire, al igual que la mala disposición de las aguas residuales de las viviendas. Este fenómeno de falta de agua potable genera toda una cadena de vulneraciones a los derechos humanos, como lo expresa la siguiente cita:

"El acceso a agua potable es una condición previa fundamental para el goce de varios otros derechos humanos, como los derechos a la educación, la vivienda, la salud, la vida, el trabajo y la protección contra tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes. También es

un elemento crucial para lograr la igualdad de género y erradicar la discriminación. Por ejemplo, en lo que respecta al derecho a la educación, cuando las instituciones educativas no cuentan con servicios higiénicos separados para las niñas, muchos padres no permiten a sus hijas asistir a la escuela, especialmente una vez que han comenzado a menstruar. La falta de acceso a agua potable y servicios de saneamiento también tiene graves repercusiones en el derecho a la salud. Según el PNUD, cada año mueren alrededor de 1,8 millones de niños por diarrea y otras enfermedades provocadas por el agua insalubre y las condiciones deficientes de saneamiento, cifra que es muy superior a la de las víctimas causadas por los conflictos armados.". (El derecho al agua, folleto informativo número 35, 2011, p. 13).

La falta de alcantarillado en el corregimiento la Pampa expone a sus habitantes a contraer enfermedades, la contaminación de los suelos por sus pozos sépticos en algunos casos de los pocos cultivos sembrado para su consumo al estar tan cerca del pozo séptico, eso representa posibles enfermedades intestinales. El acceso a soluciones de alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales es otro factor importante en la salud y la calidad de vida de la población, especialmente de los niños, niñas y adolescentes, quienes tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano que les permita desarrollar plenamente sus capacidades. El ambiente sano hace parte de las necesidades básicas que el Estado está obligado a satisfacer. Los departamentos y municipios tienen el mandato de realizar una prestación adecuada y eficiente de los servicios de alcantarillado. Con el acceso de toda la población a servicios de saneamiento básico, se disminuyen los riesgos de morbilidad y mortalidad por enfermedades relacionadas con el contacto con aguas residuales, tales como infecciones y hongos. Es necesario que los departamentos y municipios se esfuercen para garantizar que el mayor número de personas tengan acceso a servicios de eliminación de aguas residuales seguros y saludables.

La contaminación del aire por parte de los ingenios de la zona con la quema de caña está generando un problema ambiental muy grave para esta comunidad ya que se están contaminando las fuentes de agua del sector por mal manejos de basuras y enfermedades respiratorias. El uso de la quema o requema en la cosecha, o eliminación de los residuos agrícolas de la caña, es una práctica común que se realiza a lo largo y ancho de los países productores de caña de azúcar; dicha práctica, atenta en gran medida contra el medio ambiente, proporcionando una degradación exponencial del mismo, además, de una perdida notable de la fertilidad del suelo, igualmente, genera un detrimento de las propiedades tanto físicas como químicas del suelo. Como expresa a través de la siguiente cita, también se estableció que:

"La quema de 1 ha de caña de azúcar libera a la atmósfera 6.6 Mg de C al año, equivalente a 24.3 Mg de CO_2, planteándose, además, que esta última cifra, comparada con la capacidad de fijación de CO_2 por este cultivo, no resulta significativa, ya que 1 ha de caña de azúcar con alta tasa de crecimiento es capaz de secuestrar 80 Mg de CO_2 anualmente, lo que equivale a 21.7 Mg. año-1 de C (10)" (Zuaznábar y Cabrera, 2010, p. 3).

Como muy bien lo expresa Dávalos (2007) las personas expuestas a los contaminantes generados por la quema de la caña de azúcar inicialmente presentan irritación en las mucosas respiratorias y nasales, seguida de una hiper-reactividad alérgica ocasionada por la inflamación del sistema mucociliar, dicha inflamación puede degenerar en afecciones respiratorias altas y bajas, como faringitis, resfriado común, sinusitis, laringitis, otitis media, bronquitis, neumonía, bronconeumonía, asma bronquial y enfermedad pulmonar obstructiva crónica, las cuales se clasifican como infecciones respiratorias agudas que se presentan con mayor frecuencia en individuos asmáticos y en niños quienes aún no tienen totalmente desarrollado el sistema respiratorio y afecta con mayor frecuencia a adultos mayores.

A pesar de sus adversas condiciones de vida, los habitantes de la Pampa sueñan con un futuro mejor y por lo tanto les gustaría recibir capacitación en diversas áreas, lo cual les permitirá acceder a una mejor calidad de vida, se puede evidenciar un gran interés por parte de los habitantes de esta

comunidad en recibir capacitación en: producción de un cultivo, ganado, comercialización de productos agropecuarios, uso de maquinaria y equipo, diseño y construcción de infraestructura, solicitud de crédito y adquisición de insumos y en transformación de productos agropecuarios. La producción de cultivos, ganado, su transformación y comercialización son unos de los aspectos en los cuales la comunidad de la Pampa considera pueden generarles más oportunidades y brindarles mejores ingresos y por lo tanto mejor calidad de vida.

Conclusiones

Al igual que muchas zonas rurales en Colombia el corregimiento la Pampa en zona rural de Palmira presenta un alto índice de pobreza, con una población de 804 habitantes que provienen de familias migrantes atraídas a esta zona por el impacto que tuvo el desarrollo de la agroindustria de la caña, esta comunidad presenta un alto índice de necesidades básicas insatisfechas, no tienen agua potable, no hay alcantarillado, no hay servicio de gas, no hay teléfono, no hay internet. A partir de la teoría de las NBI -necesidades básicas insatisfechas-, se pudieron establecer los altos índices de pobreza en los que se encuentran sus habitantes. En términos educativos, la población del corregimiento la Pampa tienen muy bajo nivel educativo y nulo acceso a la educación superior lo que se convierte en un obstáculo para acceder a un mejor empleo y así mejorar la calidad de vida. La quema de caña el más fuerte emisor de contaminación, exponiendo a la comunidad a recibir las partículas del aire afectando su salud con problemas respiratorios. Los problemas ambientales provenientes del monocultivo de la caña no solo se ven reflejados en la quema sino también en todo su proceso productivo, la asimilación de agroquímicos en la comunidad, el vertimiento de desechos a las fuentes hídricas limitando el consumo directo de este. En tanto a Los problemas sociales más comunes son la drogadicción, falta de educación y delincuencia común. Los problemas económicos más representativos son el desempleo y bajos ingresos salariales.

Para mejorar las condiciones de vida de los habitantes del corregimiento la Pampa es necesario que haya un compromiso real del gobierno municipal de Palmira, pero también de las grandes empresas productoras de caña, de las universidades tanto públicas como privadas y de instituciones de formación laboral como el SENA, quienes a través de la responsabilidad social empresarial pueden brindar mejores oportunidades a los habitantes de esta comunidad a través de programas de capacitación en áreas específicas como: producción de cultivos, ganado, comercialización de productos agropecuarios, uso de maquinaria y equipo, diseño y construcción de infraestructura, solicitud de crédito y adquisición de insumos y transformación de productos agropecuarios, al igual que en emprendimiento empresarial y manejo de contabilidad en MIPYMES.

Agradecimientos

Participaron en la fase de la recolección y sistematización de información para esta investigación los siguientes estudiantes del programa de tecnología agroambiental de la Universidad del Valle sede Palmira: Andrea Angulo Arboleda, Juan Camilo Avella Calero, Daniela Bermúdez Plaza, Brigeth Carolina Bernal Contreras, María Alejandra Calderón Rojas, Hermes Humberto Cerón Trochez, Jorge Alejandro Delgado Nieva, Juan Camilo Fonseca Galarza, Alexandra Gil Rodríguez, Daniela Guzmán Romero, Paula Marcela Jaramillo Guevara, Karen Tatiana López Quiceno, Sharon Lisbeth Martínez Trujillo, María de los Ángeles Morales Sánchez, Maryori Ortiz Ortiz y Jhon Mario Parra, el autor les expresa a todos ellos infinitas gracias. Igualmente, agradecimientos a la profesora Jenny Vanessa Marín Rivera coordinadora del programa de tecnología agroambiental por su respaldo a esta investigación. A las líderesas Fabiola Núñez Ballabares y Leidy Jazmín Caicedo Nuñez quienes acompañaron y facilitaron el ingreso al corregimiento la Pampa, a ellas muchas gracias.

Literatura citada

1. Álvarez M, M.E. & Martínez, H. (2001). El desafío de la pobreza. Siglo del Hombre Editores, Fundación Social.
2. Anuario estadístico de Palmira. (2013). Alcaldía de Palmira, Recuperado de: http://fundacionprogresamos.org.co/anuarios_estadisticos/palmira/anuario_2013/anuario/12.pdf
3. Cabrera J. A. & Zuaznábar R. *(2010*) Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. i. balance del carbono. *Revista Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 1, p. 5-13. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr01110.pdf
4. CEPAL. (2000) "Opciones para reducir la pobreza rural". Revista 70. Abril.
5. CEPAL. (2007) "Panorama Socia de América Latina. Santiago de Chile".
6. Dávalos Á., E. (2007). La caña de azúcar: ¿una amarga externalidad? *Revista Desarrollo y sociedad.* pp. 117-164. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/pdf/dys/n59/n59a5.pdf
7. DANE (2005). Censo General. Recuperado de: http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1
8. DANE (2016) Tercer Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/agropecuario/metodologia_CNA-01_V1.pdf
9. El derecho al agua. Folleto informativo número 35 (2011) Printed at United Nations, Geneva ISSN 1014-5613 GE.10-14428 – March 2011 – 4,795 Recuperado de: http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf
10. Feres, J.C. & Mancero, X. (2001) El método de las necesidades basicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina. Recuperado de: http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo-III/Feres%20Juan%20Carlos%20y%20Xavier%20Mancero%20(2001b)%20El%20metodo%20de%20las%20necesidades%20basicas%20insatisfechas%20(NBI)%20y%20sus%20aplicaciones%20en%20America%20Latina.pdf.
11. Jaimes, S. M. (2012) Familia Caña y Banano: las actividades empresariales de Rodrigo Holguín. La carreta Editores, Medellín.
12. Jaramillo, P. S. (2006) Pobreza rural en Colombia. *Revista colombiana de Sociología.* ISSN 0120-159X Nº 27. pp. 47-62. Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/10993/1/Jaramillo.pdf
13. MERPD (2005). Determinantes de la pobreza y la vulnerabilidad. Informe. Mayo.
14. Silva S., A. (2004). Palmira, esta es su historia. Ingeniería Grafica S. A.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 27 de 2017
Aceptado: Abril 24 de 2017

Evaluación del grado de aceptación de las primeras impresiones en potros recién nacidos mejorando el adiestramiento adulto

Evaluation of the degree of acceptance of first impressions in newborn colts improving adult training

Avaliação do grau de aceitação das primeiras impressões em potros recém nascidos, melhorando o treinamento de adultos

María del Rosario Díaz Olaya[1] & Héctor Henry Hernández Naranjo[2]

[1]Medica Veterinaria Zootecnista, Esp. Producción Animal, Magister Sistemas de Calidad y Productividad, Doctor en Desarrollo Sostenible; [2]Zootecnista, Esp. en Educación Cultura y Política

[1,2]Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Yopal, Casanare

Resumen

Se realizó un estudio cualitativo de la evaluación del grado de aceptación de las primeras impresiones en potros recién nacidos. La metodología utilizada correspondió a un estudio cualitativo no experimental, basado en observaciones directas y utilizando como instrumento de evaluación la lista de chequeo de las respuestas mostradas por los potros en relación con la técnica *Imprinting* existente en la actualidad y obtener el grado de aceptación del potro a la misma. La investigación entregó como resultado la categorización e interpretación del grado de aceptación a las técnicas Johan y Cazao para recién nacidos y animales de cualquier edad. Se concluye que existen diferencias en la aplicación del *Imprinting* en potros recién nacidos, relacionadas con el temperamento y el manejo animal.

Palabras clave: adiestramiento de potros, técnica *Imprinting*, técnica Cazao, técnica Johan.

Abstract

A qualitative study of the evaluation of the degree of acceptance of the first impressions in newborn foals was carried out. The methodology used corresponded to a qualitative non-experimental study, based on direct observations and using as an evaluation tool the checklist of the responses shown by the colts in relation to the existing imprinting technique Presently and obtain the degree of acceptance of the colt to it. The research presented as a result the categorization and interpretation of the degree of acceptance to the techniques Johan and hunting for newborns and animals of any age. It is concluded that there are differences in the application of imprinting in newborn foals, related to temperament and animal management.

Key-words: training of colts, Imprinting technical, Cazao technical, Johan technical.

Resumo

Foi realizado um estudo qualitativo para avaliar o grau de aceitação das primeiras impressões em potros recém nascidos. A metodologia utilizada correspondeu a um estudo qualitativo não experimental, com base em observações diretas e utilizando como instrumento de avaliação a lista de verificação das respostas mostradas pelos potros em relação à técnica atual de Imprinting e para obter o grau de aceitação do potro a mesma. A pesquisa resultou na categorização e interpretação do grau de aceitação das técnicas Johan e Cazao para recém-nascidos e animais de qualquer idade. Conclui-se que há diferenças na aplicação de Imprinting em potros recém nascidos, relacionados ao temperamento e ao manuseio de animais.

Palavras chave: treinamento de potro, técnica de impressão, técnica Cazao, técnica Johan.

Introducción

La doma racional está siendo utilizada cada vez más por propios y extraños en el renglón equino, encontrándose que se pueden obtener mejores desempeños y mejor bienestar en la actividad de adiestramiento, esta labor se desarrolla con potros en edades que oscilan entre los 24 a 36 meses (Neira, 2005), en donde los ejemplares son llevados de forma racional y sin violencia a desempeñar las órdenes dadas con agrado, sin rechazo y correcta fijación de esta impresión. Según Vélez (2009), los buenos criaderos se hacen con buenos vientres, es decir, con yeguas de cría de buena calidad, bien conformadas y de buenas líneas genéticas. La yegua de cría es la razón de ser de todo criadero y el éxito de la crianza está en el buen manejo del animal en cada una de sus etapas. Esta afirmación está acorde con lo expresado por Hoyos (2007); no solo se debe contar con la aplicación del método de fijación de impresiones a los potros, es necesario contar con la compañía y docilidad de la yegua madre, quien hará las veces de madrina en el desarrollo de las actividades de *Imprinting*, todo dentro del marco de permanencia del lazo afectivo madre – potro, no se pretende romper la unión existente de forma natural si no, acondicionar y proporcionar el entorno adecuado para que el potro reciba como segura la actividad de interacción con el humano, de la misma forma que la yegua madre lo pueda percibir.

Lo más importante de la historia del hombre y del caballo, es que el caballo engrandeció al hombre, Sala (2001). Utilizar la técnica del *Imprinting* es acondicionar al potro a desarrollar aceptación al adiestramiento y mantener su vida productiva mayor tiempo. El adiestramiento en edad adulta de los equinos conduce a una disminución de la vida productiva del animal y con ello un costo adicional de reemplazo que podría prolongarse si el adiestramiento iniciara a temprana edad. La lista de chequeo contiene tiempos de cada ejercicio, número de repeticiones, descripción de “extraños” y caracterización de los componentes de la técnica. Con los datos recolectados en la lista de chequeo se realizó tabulación y análisis estadístico descriptivo que permitió valorar el grado de aceptación en rangos de respuesta, así como también validar la técnica existente y ajustar una nueva técnica denominada Cazao para ser implementada no solo en potros recién nacidos sino en animales de cualquier edad. Como recomendación final se sugiere estandarizar las técnicas validadas y ajustadas, especialmente en el manejo de patrones zootécnicos en relación con el tiempo de respuesta, tiempos de trabajo, disminución de vicios, aumento en la docilidad, mayor estimulación a las órdenes y disminución del temor o miedo, que permitan consolidar la actividad equina como un renglón de importancia económica a nivel departamental y nacional.

El equino sigue ocupando un lugar destacado en las actividades propias del sector agropecuario y en aquellas que además de brindar un reconocimiento económico, satisfacen bienestar individual y grupal en la recreación, la cultura y el deporte. Para obtener

el grado de bienestar en cada una de estas actividades, no solo se deben poseer cualidades de buen montador, se necesita retroceder en el tiempo para conocer y entender el proceso de adiestramiento que se le ha venido aplicando al ejemplar desde su nacimiento. Ahora bien, se habla de adiestramiento al evento de interacción entre el binomio: hombre – ejemplar, que no solo se limita al momento de la postura de la silla o a la aplicación de fuerza en cabeza y cuello, obedece a todas las actividades que se aplican en el reconocimiento de su entorno desde sus primeros días de nacimiento, pasando por el reconocimiento de la dinámica del animal, la silla, el hombre y el entorno, para llegar a establecer la confianza en el potro de aceptar al hombre como parte de su desarrollo y entrenamiento, lo que se puede lograr en los primeros días de nacido y no someter al animal joven a un adiestramiento poco amigable con el montador.

Finalmente, esta investigación pretende resignificar el valor intrínseco del aprendizaje social comunitario, cuando se toman aspectos o rutas de desempeño productivo de las comunidades aledañas y los desarrollos tecnológicos de otros lugares, todo unido con el objetivo de validar conocimientos locales, como bien lo plantea Álvarez (2011) , cuando concluye: proponemos la re-significación de la ciencia como actividad humana que deriva en la construcción de conocimiento socialmente relevante, y el uso de la tecnología apropiada como respuesta a los problemas fundamentales del desarrollo. Pensar que se puede obtener el mejor resultado en el adiestramiento de potros es basarse en el conocimiento de la forma de comportamiento de los mismos, esta es la nueva y mejor alternativa para llegar a conseguir dicho objetivo, la etología equina. Basados en lo expresado por Tula (2011), la Etología equina o estudio del comportamiento equino, es la única herramienta universal, verdadera y confiable que nos ayuda a podernos relacionar con un caballo, entrenarlo, pedirle cosas y buscar lo mejor de él, conocer su lenguaje, los signos que muestra, es lo que nos va a ayudar a relacionarnos para un manejo adecuado en coherencia con su temperamento. Complementario a esto, Bernal Aguilar (2007), plantea como fundamental su estudio y comprensión para el trato de caballos, ya que es poco probable que se logre una verdadera integración entre caballo y humano si el segundo no sabe interpretar y comunicarse con el primero a través de la mente, dejando la fuerza al caballo.

Según Hoyos (2007), de una manera técnica y abreviada se puede decir que el *Imprinting* es un proceso de aprendizaje a realizarse justo después del nacimiento del potro y a través del cual se pretende crear un patrón de comportamiento en el animal, esta denominación de *Imprinting* nació del zoólogo Konrad Lorenz (1935), quien realizó experimentos con diferentes especies de animales. Con este trabajo se creó una fuente de información complementaria con los caballistas tradicionalistas y con expertos en doma racional equina, para obtener el mayor desempeño del ejemplar desde su nacimiento en las actividades de adiestramiento, hasta cuando este llegue por edad y desarrollo físico a iniciar la labor de interacción con su jinete o domador. Así mismo, se replanteó el concepto del uso de la tecnología como una herramienta que apunta a lograr desarrollos coherentes con el contexto en donde se utilice (Álvarez *et al.,* 2011), cuando plantea que se debe redefinir el concepto de ciencia y resignificar su aplicación en una comunidad que lo requiera, como es el caso de validar la técnica *Imprinting* en el contexto casanareño y estructurar una ruta propia para su implementación. La fijación recibida de forma clara y a la vez repetitiva es sin lugar a dudas el inicio de la comunicación entre el potro y el humano, de acuerdo con Rarey (1910) siempre que se quiera enseñar algo al caballo, será preciso como es natural, comenzar por darle una idea clara como sea posible, de lo que quieras que haga y de hacerlo repetir hasta que lo aprenda perfectamente.

Metodología

Se utilizó la metodología descriptiva cualitativa, trabajando con 10 potros recién nacidos de la región de los Llanos Orientales, sin importar su raza o sexo, de criaderos y pesebreras locales Los Capones que se encuentra en el km 4 de la vía a Morichal, en el criadero San Diego, ubicado en la vereda La Unión a 16 km del casco urbano y en las pesebreras El Jagüey en el km 7 de la vía a Morichal, ubicadas en Yopal, Casanare, Colombia, donde se encontraban

yeguas preñadas cuya programación de parto se dio en el segundo semestre del año 2012. El método consistió en "imprimir" mediante repeticiones sistemáticas, una serie de acciones que el potro recién nacido guardaba en su memoria y que vuelve a recordar en su edad adulta previo o al mismo tiempo en que recibe su adiestramiento.

Se buscó la validación y ajuste de la técnica tradicional -técnica Johan- en potros recién nacidos, confrontándola con un protocolo existente y a través de una lista de chequeo, comprobando su grado de aceptación por el potro trabajado y con los resultados obtenidos se vio la necesidad de ajustarla a las condiciones del departamento, dando origen a una nueva técnica denominada Cazao, que también se validó no solamente en animales recién nacidos sino en ejemplares de otras edades, y con las comunidades locales (Figura 1).

La investigación es del tipo cualitativo no experimental basada en observaciones directas cuando se implementa la técnica en 10 animales recién nacidos, utilizando como instrumento de evaluación la lista de chequeo de las respuestas mostradas por los potros en relación con la técnica *Imprinting* existente en la actualidad y de ésta forma obtener el grado de aceptación del potro a la misma. La lista de chequeo contiene tiempos de cada ejercicio, número de repeticiones, descripción de "extraños" y caracterización de los componentes de la técnica. Con los datos recolectados en la lista de chequeo se realizó tabulación y análisis estadístico descriptivo para valorar el grado de aceptación, la validación y ajuste de la técnica Cazao no solo para potros recién nacidos sino para ejemplares de cualquier edad, con lo cual también se valida la técnica ajustada denominada Cazao.

Figura 1. Diseño de la investigación

Resultados

La investigación, entregó los siguientes resultados:

- Validación de la técnica existente para el adiestramiento de potros recién nacidos y ajuste creando una nueva técnica denominada Cazao para las condiciones del departamento de Casanare (Ver Tabla 1).
- Ajuste de la técnica *Imprinting* a las condiciones de los Llanos Orientales específicamente el municipio de Yopal, en relación con la disminución del número de sesiones y el tiempo de cada sesión, originando una nueva técnica que hemos denominado Técnica Cazao, la cual no solo se aplica a potros recién nacidos sino a ejemplares de cualquier edad.
- Identificación con claridad de las restricciones en la aplicación de la técnica Johan documentada por la literatura, en relación con el temperamento y la forma de manejo del potro, lo que en conjunto influye en la intensidad y duración de las repeticiones utilizadas en su implementación.

Tabla 1. *Análisis comparativo entre la técnica Johann y la técnica Cazao*

TABLA COMPARATIVA TÉCNICA EXISTENTE Y NUEVA TÉCNICA CAZAO									
TÉCNICA EXISTENTE JOHANN FERNANDO HOYOS					TÉCNICA AJUSTADA CAZAO				
FASE	SESION	ACTIVIDAD	TIEMPO	REPETICIONES	FASE	SESION	ACTIVIDAD	TIEMPO	REPETICIONES
PRIMERA	Primera (1 día)	MANIPULACION DEL POTRO	45'	30 a 100 cada ejercicio	PRIMERA	Primera (2 dias)	MANIPULACION DEL POTRO	30'	3 v/d
		Relajación del potro					Relajación del potro		
		Movimientos desensibilización					Movimientos desensibilización		
		Cabeza, orejas, boca, hocico, cuello, cruz, dorso, cola, hombros, cincha, vientre, genitales, extremidades.					Cabeza, orejas, boca, hocico, cuello, cruz, dorso, cola, hombros, cincha, vientre, genitales, extremidades.		
SEGUNDA	Segunda (1 día)	FAMILIARIZACION DEL POTRO A ESTIMULOS AMBIENTALES		30 a 100 cada ejercicio	SEGUNDA	Segunda (2 dias)	FAMILIARIZACION DEL POTRO A ESTIMULOS AMBIENTALES		Repetir hasta lograr la aceptación, mínimo 20 veces
		Al día siguiente					Al día siguiente		
		Acercamiento, repetir primera sesión en pie, flexiones de cuello	15´				Acercamiento, repetir primera sesión en pie, flexiones de cuello	15´	
TERCERA	Tercera (3 dias)	HABITUACIÓN DEL POTRO		30 a 100 cada ejercicio	TERCERA	Tercera (1,5 dias)	HABITUACIÓN DEL POTRO		
		Uso de ayudas (lazos)					Uso de ayudas (lazos)	20'	3 v/d
		Acercamiento, poner cabezal, repetir pasos primera y segunda sesión					Acercamiento, poner cabezal, repetir pasos primera y segunda sesión		
		Relajación del potro					Relajación del potro		
		Trabajo de lazo sobre el potro					Trabajo de lazo sobre el potro		
		Empezar a caminar y parar, pasos atrás					Empezar a caminar y parar, pasos atrás		
		Quitar cabezal y premiar					Quitar cabezal y premiar		
	Cuarta (3 dias)	APRENDER A CABESTREAR		30 a 100 cada ejercicio		Cuarta (1,5 dia)	APRENDER A CABESTREAR	40'	2 v/d
		Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios					Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
		Colocar cabezal, presentar pisador					Colocar cabezal, presentar pisador		
		Cabestrear con la yegua, direcciones diferentes					Cabestrear con la yegua, direcciones diferentes		
		Dejar con el cabezal					Dejar con el cabezal		
	Quinta (3 dias)	AFIANZAR LA CABESTREADA		30 a 100 cada ejercicio		Quinta (1 dia)	AFIANZAR LA CABESTREADA	15'	3 v/d
		Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios					Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
		Desplazamientos en todas las direcciones, paseos con la yegua					Desplazamientos en todas las direcciones, paseos con la yegua		
	Sexta (1 día)	AFIANZAR EJERCICIOS		30 a 100 cada ejercicio		Sexta (1 dia)	AFIANZAR EJERCICIOS	30'	2 v/d
		Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua					Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua		
		Arrimar al botalón para amarrarlo					Arrimar al botalón para amarrarlo		
		Acariciar, relajar y dar confianza					Acariciar, relajar y dar confianza		
		utilizar cepillo o mohaza					Utilizar cepillo o mohaza		
	7a a 9a (2 dias)	Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones				7a a 9a (1/2 dia)	Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones		
	Décima (1 día)	Evaluación de todos los ejercicios para ver el nivel de aceptación de la técnica				Décima (1/2 dia)	Evaluación de todos los ejercicios para ver el nivel de aceptación de la técnica		
TOTAL 15 DÍAS					TOTAL 10 DÍAS				

La Tabla 1 muestra un comparativo de las dos técnicas, Johan y Cazao, donde se observan los ajustes al contexto del departamento de Casanare, en relación a la técnica desarrollada e implementada en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. La bondad de la investigación radicó en su ajuste a las condiciones de Casanare.

Creación por ajuste de la nueva técnica denominada Cazao (Ver Tabla 2):

Tabla 2. *Nueva técnica Cazao para cualquier edad*

NUEVA TÉCNICA CAZAO CREADA CON BASE A RESPUESTA POTROS EN TRABAJO DE CAMPO					
GRUPO DE INVESTIGACIÓN CAZAO					
FASE	NOMBRE FASE	NÚMERO SESIONES	No. ACTIVIDADES POR SESIÓN	TIEMPO DE CADA ACTIVIDAD	No. REPETICIONES SUGERIDAS
PRIMERA	IMPRESIÓN	Primera	MANIPULACION DEL POTRO	30'	3 v/d
			Relajación del potro		
			Movimientos de sensibilización		
			Desensibilización de cabeza, orejas, boca y hocico, cuello, cruz, dorso hasta la cola, hombros y parte de a cincha, cola, abdominal y genitales, extremidades.		
		Segunda	FAMILIARIZACION DEL POTRO A ESTIMULOS AMBIENTALES	15´	Repetir hasta lograr la aceptación, apróximadamente 20 veces
			Al día siguiente		
			Acercamiento, repetir primera sesión en pie, flexiones de cuello		
		Tercera	HABITUACIÓN DEL POTRO	20'	3 v/d
			Uso de ayudas		
			Acercamiento, poner cabezal, repetir pasos de la primera y segunda sesión		
			Relajación del potro		
			Trabajo de lazo sobre el potro		
			Empezar a caminar y parar, pasos atrás		
			Quitar cabezal y premiar		
SEGUNDA	ACEPTACIÓN	Cuarta	APRENDER A CABESTREAR	40'	2 v/d
			Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
			Colocar cabezal, presentar pisador		
			Cabestrear con la yegua, direcciones diferentes		
			Dejar con el cabezal		
		Quinta	AFIANZAR LA CABESTREADA	15'	3 v/d
			Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
			Desplazamientos en todas las direcciones, paseos con la yegua		
		Sexta	AFIANZAR EJERCICIOS	30'	2 v/d
			Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua		
			Amarrar al botalón		
			Acariciar, relajar y dar confianza		
TERCERA	AJUSTE Y VALIDACIÓN	Septima a novena	Utilizar cepillo o mohaza		
			Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones		
		Décima	Evaluación de todos los ejercicios patra ver el nivel de aceptación		
TIEMPO TOTAL 10 DÍAS - DIEZ SESIONES					

Lista de chequeo para implementación técnica Cazao (Ver Tabla 3).

Tabla 3. *Lista de chequeo para evaluar la técnica CAZAO*

LISTA DE CHEQUEO PARA EVALUAR EL MÉTODO IMPRINTING APLICADO A POTROS RECIÉN NACIDOS CON LA TÉCNICA CAZAO

POTRO No _____ RF = Respuesta Favorable RM = Respuesta Moderada NR = No Respondió Puntaje Total Obtenido =

Fase 1	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
IMPRESIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Manipulación potro																														
Relajación general del potro																														
Desensibilización cabeza, orejas, boca, hocico, nariz																														
Desensibilización cuello, cruz y dorso																														
Desensibilización hombros, cincha																														
Desensibilización abdomen y genitales																														
Desensibilización extremidades																														
Familiarización potro a estímulos ambientales																														
Acercamiento potro																														
Repetición general primera sesión en pie (Realizar 6 actividades)																														
Flexión cuello																														
Habituación potro																														
Uso general de ayudas																														
Repetición general primera sesión (6 actividades)																														
Repetición general segunda sesión (2 actividades)																														
Relajación potro																														
Uso del lazo sobre dorso potro																														
Dar pasos hacia atrás																														
Quitar cabezal y premiar																														
Fase 2	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
ACEPTACIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Aprender a cabestrear																														
Acercamiento, acariciar y relajar																														
Repetir lo anterior (3 actividades)																														
Colocar pisador																														
Mostrarle cabezal																														
Pasear y cabestrear con la yegua en diferentes direcciones																														
Dejarle el cabezal al potro																														
Empezar a caminar y detenerse																														
Continuación Fase 2	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
ACEPTACIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Afianzar el cabestreo																														
Acercamiento, acariciar y relajar																														
Repetir lo anterior (3 actividades)																														
Desplazamiento con la yegua en varias direcciones																														
Afianzar ejercicios																														
Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua (7 actividades)																														
Amarrar el potro al botalón																														
Acariciar, relajar y dar confianza																														
Fase 3	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
AJUSTE Y VALIDACIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Utilizar cepillo o mohaza																														
Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones (4 actividades)																														
Evaluación de todos los ejercicios para ver el nivel de aceptación del potro (24 actividades)																														

Interpretación de los resultados obtenidos con la aplicación de la nueva técnica Cazao (Ver Tabla 4).

Tabla 4. *Interpretación del grado de aceptación de la técnica Cazao*

Interpretación del grado de aceptación de la nueva técnica CAZAO en potros recién nacidos		
Medición grado aceptación	Significado	Intervalo de puntos obtenidos por el potro
Grado de aceptación favorable	El potro tuvo un grado de aceptación favorable de las primeras impresiones de las actividades básicas de adiestramiento como recién nacido. Hubo un grado favorable de aceptación dela técnica.	250 A 320 PUNTOS
Grado de aceptación Moderado	El potro tuvo un grado de aceptación moderada de las primeras impresiones de las actividades básicas de adiestramiento como recién nacido por lo cual debe reforzar la técnica para afianzarla en su edad adulta. Hubo un grado de aceptación moderado	160 A 249 PUNTOS
No hubo grado de aceptación	El potro no respondió a las primeras impresiones de las actividades básicas de adiestramiento como recién nacido por lo cual no hubo aceptación de la técnica	0 A 159 PUNTOS

Así mismo se definieron los parámetros y condiciones necesarios a tener en cuenta durante la aplicación de la técnica Cazao, esto con base en los resultados de campo obtenidos, por lo cual se determinó que para el éxito de la aplicación de la nueva técnica denominada Cazao, se requiere tener en cuenta las siguientes condiciones y parámetros:

- La técnica tiene una duración de 10 días en los cuales se desarrollaran 10 sesiones.
- La duración de las repeticiones de cada sesión dependerá del temperamento, edad y manejo que se le haya dado al ejemplar.
- La técnica puede ser utilizada en ejemplares de diferentes edades y no solamente en recién nacidos.
- El temperamento animal afecta la técnica a aplicar.
- Para la aplicación de la técnica hay que tener en cuenta que existe un diferencial según el manejo alimenticio del ejemplar, si es en pesebrera, en sabana nativa o en potrero abierto.
- La base de la aplicación de la técnica no son las repeticiones sino la habituación al estímulo que se logre obtener en el ejemplar.
- La técnica debe desarrollar las tres fases epistemológicas del *Imprinting* en animales como son: desarrollar el vínculo con el hombre, desensibilización táctil general y sensibilización para habituación de nuevas y favorables impresiones.

Al realizar la tabulación de resultados, se observa que la técnica existente denominada Johan para efectos de éste estudio, fue aplicada a 10 ejemplares de potros de 0 a 30 días de nacidos, llevando el registro de sus respuestas en una lista de chequeo diseñada por los autores para tal fin ya que la literatura no reportaba este instrumento para la recolección cualificada y argumentada de los resultados, solo documentaba estudios de casos aislados. En la Tabla 5 se relaciona la técnica Johan:

Tabla 5. *Técnica Johan para aplicación Imprinting en potros recién nacidos*

Técnica Johan para aplicación imprinting en potros recién nacidos				
TÉCNIC EXISTENTE (AUTOR JOHANN FERNANDO HOYOS)				
FASE	SESION	ACTIVIDAD	TIEMPO	REPETICIONES
PRIMERA	Primera (1 día)	MANIPULACION DEL POTRO	45'	30 a 100 cada ejercicio
		Relajación del potro		
		Movimientos de sensibilización		
		Cabeza, orejas, boca y hocico, cuello, cruz, dorso hasta la cola, hombors y parte de a cincha, cola, abdominal y genitales, extremidades.		
SEGUNDA	Segunda (1 día)	FAMILIARIZACION DEL POTRO A ESTIMULOS AMBIENTALES		30 a 100 cada ejercicio
		Al día siguiente		
		Acercamiento, repetir primera sesión en pie, flexiones de cuello	15´	
TERCERA	Tercera (3 días)	HABITUACIÓN DEL POTRO		30 a 100 cada ejercicio
		Uso de ayudas		
		Acercamiento, poner cabezal, repetir pasos de la primera y segunda sesión		
		Relajación del potro		
		Trabajo de lazo sobre el potro		
		Empezar a caminar y parar, pasos atrás		
		Quitar cabezal y premiar		
	Cuarta (3 días)	APRENDER A CABESTREAR	15 A 20'	30 a 100 cada ejercicio
		Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
		Colocar cabezal, presentar pisador		
		Cabestrear con la yegua, direcciones diferentes		
		Dejar con el cabezal		
	Quinta (3 días)	AFIANZAR LA CABESTREADA		30 a 100 cada ejercicio
		Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
		Desplazamientos en todas las direcciones, paseos con la yegua		
	Sexta (1 día)	AFIANZAR EJERCICIOS		30 a 100 cada ejercicio
		Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua		
		Amarrar al botalón para amarrarlo		
		Acariciar, relajar y dar confianza		
		utilizar cepillo o mohaza		
	Septima a novena (2 días)	Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones		
	Décima (1 día)	Evaluación de todos los ejercicios para ver el nivel de aceptación		
TOTAL 15 DÍAS - 10 SESIONES - 30 A 100 REPETICIONES				

La técnica anterior fue evaluada a través de la lista de chequeo mostrada en la Tabla 6, primer aporte al trabajo de investigación por parte de los investigadores, los cuales la elaboraron ya que la literatura no documentaba ningún instrumento similar.

Tabla 6. *Lista de chequeo para evaluar el método Imprinting aplicado a potros recién nacidos con la técnica Cazao*

LISTA DE CHEQUEO PARA EVALUAR EL MÉTODO IMPRINTING APLICADO A POTROS RECIÉN NACIDOS CON LA TÉCNICA CAZAO

POTRO No _____ RF = Respuesta Favorable RM = Respuesta Moderada NR = No Respondió Puntaje Total Obtenido =

Fase 1	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
IMPRESIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Manipulación potro																														
Relajación general del potro																														
Desensibilización cabeza, orejas, boca, hocico, nariz																														
Desensibilización cuello, cruz y dorso																														
Desensibilización hombros, cincha																														
Desensibilización abdomen y genitales																														
Desensibilización extremidades																														
Familiarización potro a estímulos ambientales																														
Acercamiento potro																														
Repetición general primera sesión en pie (Realizar 6 actividades)																														
Flexión cuello																														
Habituación potro																														
Uso general de ayudas																														
Repetición general primera sesión (6 actividades)																														
Repetición general segunda sesión (2 actividades)																														
Relajación potro																														
Uso del lazo sobre dorso potro																														
Dar pasos hacia atrás																														
Quitar cabezal y premiar																														
Fase 2	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
ACEPTACIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Aprender a cabestrear																														
Acercamiento, acariciar y relajar																														
Repetir lo anterior (3 actividades)																														
Colocar pisador																														
Mostrarle cabezal																														
Pasear y cabestrear con la yegua en diferentes direcciones																														
Dejarle el cabezal al potro																														
Empezar a caminar y detenerse																														
Continuación Fase 2	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
ACEPTACIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Afianzar el cabestreo																														
Acercamiento, acariciar y relajar																														
Repetir lo anterior (3 actividades)																														
Desplazamiento con la yegua en varias direcciones																														
Afianzar ejercicios																														
Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua (7 actividades)																														
Amarrar el potro al botalón																														
Acariciar, relajar y dar confianza																														
Fase 3	1 sesión			2 sesión			3 sesión			4 sesión			5 sesión			6 sesión			7 sesión			8 sesión			9 sesión			10 sesión		
AJUSTE Y VALIDACIÓN	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR	RF	RM	NR
Utilizar cepillo o mohaza																														
Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones (4 actividades)																														
Evaluación de todos los ejercicios para ver el nivel de aceptación del potro (24 actividades)																														

Así mismo y con base en la lista de chequeo anterior, se ajustó la técnica existente a las condiciones de temperamento y manejo de los animales recién nacidos del Casanare, con lo cual se creó la nueva técnica Cazao (Tabla 7).

Tabla 7. *Nueva técnica Cazao creada con base a respuesta potros en trabajo de campo*

NUEVA TÉCNICA CAZAO CREADA CON BASE A RESPUESTA POTROS EN TRABAJO DE CAMPO					
GRUPO DE INVESTIGACIÓN CAZAO					
FASE	NOMBRE FASE	NÚMERO SESIONES	No. ACTIVIDADES POR SESIÓN	TIEMPO DE CADA ACTIVIDAD	No. REPETICIONES SUGERIDAS
PRIMERA	IMPRESIÓN	Primera	MANIPULACION DEL POTRO	30'	3 v/d
			Relajación del potro		
			Movimientos de sensibilización		
			Desensibilización de cabeza, orejas, boca y hocico, cuello, cruz, dorso hasta la cola, hombros y parte de a cincha, cola, abdominal y genitales, extremidades.		
		Segunda	FAMILIARIZACION DEL POTRO A ESTIMULOS AMBIENTALES	15´	Repetir hasta lograr la aceptación, apróximadamente 20 veces
			Al día siguiente		
			Acercamiento, repetir primera sesión en pie, flexiones de cuello		
		Tercera	HABITUACIÓN DEL POTRO	20'	3 v/d
			Uso de ayudas		
			Acercamiento, poner cabezal, repetir pasos de la primera y segunda sesión		
			Relajación del potro		
			Trabajo de lazo sobre el potro		
			Empezar a caminar y parar, pasos atrás		
			Quitar cabezal y premiar		
SEGUNDA	ACEPTACIÓN	Cuarta	APRENDER A CABESTREAR	40'	2 v/d
			Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
			Colocar cabezal, presentar pisador		
			Cabestrear con la yegua, direcciones diferentes		
			Dejar con el cabezal		
		Quinta	AFIANZAR LA CABESTREADA	15'	3 v/d
			Acercamiento, acariciar, relajar, repetir ejercicios		
			Desplazamientos en todas las direcciones, paseos con la yegua		
		Sexta	AFIANZAR EJERCICIOS	30'	2 v/d
			Repetir pasos anteriores con el acompañamiento de la yegua		
			Amarrar al botalón		
			Acariciar, relajar y dar confianza		
TERCERA	AJUSTE Y VALIDACIÓN	Septima a novena	Utilizar cepillo o mohaza		
			Afianzar el comportamiento del potro haciendo repeticiones		
		Décima	Evaluación de todos los ejercicios patra ver el nivel de aceptación		
TIEMPO TOTAL 10 DÍAS - DIEZ SESIONES					

La investigación también entregó como producto final la categorización e interpretación del grado de aceptación a las técnicas Johan y Cazao para recién nacidos y animales de cualquier edad (Tabla 8).

Tabla 8. *Interpretación del grado de aceptación de las técnicas Johan y Cazao para recién nacidos y animales de cualquier edad*

Interpretación del grado de aceptación de la nueva técnica CAZAO en potros recién nacidos		
Medición grado aceptación	Significado	Intervalo de puntos obtenidos por el potro
Grado de aceptación favorable	El potro tuvo un grado de aceptación favorable de las primeras impresiones de las actividades básicas de adiestramiento como recién nacido. Hubo un grado favorable de aceptación dela técnica.	250 A 320 PUNTOS
Grado de aceptación Moderado	El potro tuvo un grado de aceptación moderada de las primeras impresiones de las actividades básicas de adiestramiento como recién nacido por lo cual debe reforzar la técnica para afianzarla en su edad adulta. Hubo un grado de aceptación moderado	160 A 249 PUNTOS
No hubo grado de aceptación	El potro no respondió a las primeras impresiones de las actividades básicas de adiestramiento como recién nacido por lo cual no hubo aceptación de la técnica	0 A 159 PUNTOS

Finalmente se obtuvieron los siguientes resultados para cada técnica:

Para la técnica Johan
De 10 potros trabajados, se obtuvieron los siguientes resultados:

Potros Nos. 1, 2, 3 Grado de aceptación moderado
Potros Nos. 4, 5, 6 Grado de aceptación favorable
Potros Nos. 7, 8 Grado de aceptación moderado con refuerzo.
Potros 9 y 10 No hubo grado de aceptación

Para la técnica Cazao
Potros Nos. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Grado de aceptación favorable
Potros Nos. 8, 9, 10 Grado de aceptación moderado sin refuerzo.

Igualmente se trabajaron 7 animales de diferentes edades en la técnica CAZAO, obteniéndose los siguientes resultados:

Ejemplares 1, 2, 3, 4 Grado de aceptación favorable (edades entre 18 meses y 36 meses)

Ejemplares 5, 6, 7 Grado de aceptación moderado con refuerzo (edades entre 36 y 40 meses).

Con lo anterior se comprueba que la técnica Cazao puede ser usada en equinos de cualquier edad y no solamente en recién nacidos.

Conclusiones

La técnica denominada Johan y reportada en la literatura existente, se validó bajo las condiciones del departamento de Casanare. Una vez realizada la validación de la técnica Johan de doma racional en potros recién nacidos, se concluyó que era necesario crear una nueva técnica -llamada Cazao- para ser aplicada no solamente a los animales recién nacidos sino a caballos de cualquier edad, con lo cual se comprobó la hipótesis planteada en la investigación. Se concluye que existen diferencias en la aplicación del *Imprinting* en potros recién nacidos, relacionadas con el temperamento y el manejo animal, ya que se creía que el potro recién nacido solo por estar con su madre, se convertía en una unidad homogénea de estudio. Igualmente se concluyó que el Imprinting y la técnica tradicional existente, deben ser validados y ajustados a las condiciones agro-ecológicas ya que influyen en el manejo animal de las zonas donde se quiere implementar, como fue el caso de la validación de la técnica existente a las condiciones de Casanare ya que los resultados obtenidos así lo

evidenciaron y respaldaron el ajuste y creación de una nueva técnica denominada Cazao.

Se le recomienda al gremio de los manejadores de caballos, a los asistentes técnicos y a cualquier persona que quiera explorar en el manejo animal de equinos, la utilización de la técnica Cazao para la corrección de vicios adquiridos durante un mal adiestramiento. También se les recomienda a los adiestradores de caballos, la utilización del ajuste de la técnica Johan a la técnica Cazao para recién nacidos, con el objetivo de volver más amigable el período de adiestramiento y disminuir la presentación de vicios en la edad adulta. Es importante continuar con la determinación del tiempo utilizado en la corrección de vicios en relación con los costos de adiestramiento como un tema de investigación futuro que le entregue herramientas al propietario para la toma de decisiones.

Literatura citada

1. Álvarez Vélez, H. A. (2011). El conocimiento relevante y las tecnologías apropiadas dentro de una concepción alternativa del desarrollo *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 2*(2), 105-109. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/921/915*
2. Arias Sánchez, L. M. & Hernández-Pulido, D. A. (2016). Importancia de implementar el bienestar animal durante el embarque y desembarque de bovinos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 7*(2), Documento de trabajo. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1625/1952*
3. Bernal Aguilar, C. (2007). La etología del caballo. Escuela de chalanería la Doma. Recuperado de: *https://es.slideshare.net/camilobernal564/la-etologia-del-caballo-1*
4. Hoyos, J. F. (2007). Estimulación Temprana en potros (Imprinting). *Revista el caballo,* 11, 38 - 40.
5. Lorenz, K. (1935). Classical Ethology, and Imprinting. Compiled from articles on Britanica.com. Recuperado de: *http://www.psychology.sunysb.edu/attachment/courses/620/pdf_files/lorenz.pdf*
6. Neira Rincón, A. H. (2005). La doma racional equina, Bogotá, Primera edición, 13, 101, 129 p.
7. Parra Batista, I, Altabás-Jorge, R. & Muchuly Cabrera, LL. (2015). Proyectos socioculturales como alternativa para el desarrollo endógeno de dos comunidades de Puerto Padre, Cuba. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6*(1), 215-225. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1279/1615*
8. Rarey, J.S. (1910). El arte de domar caballos. Tercera edición, México.
9. Sala, H. (2001). El caballo, su importancia en la historia. Única edición, Medellín Septiembre, 88 p.
10. Salas-Zapata W. A. & Ríos-Osorio, L.A. (2013). Ciencia de la sostenibilidad, sus características metodológicas y alcances en procesos de toma de decisiones. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 4*(1), 101-111. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/987/973*
11. Tula, R. (2011). Etología Equina. Primera Parte. *Visión Rural,* 18(89), 39-42. Recuperado de: *http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_en_general/08-Etologia_Equina.pdf*
12. Vélez G., M. E. (2009). Equinos. Solla, Editorial Colina, Medellín Colombia.
13. Vera Romero, R. H & Vera Romero, C. A. (2016). Fortalecimiento de las competencias administrativas en los extensionistas del Comité de Cafeteros de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 7*(1), Documento de trabajo. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1617/1944*

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Febrero 20 de 2017
Aceptado: Marzo 30 de 2017

Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo

Genetic improvement in cattle through artificial insemination and artificial insemination at fixed time

Melhoria genética em bovinos através de inseminação artificial e inseminação artificial em horário fixo

Mayra Alejandra Marizancén Silva[1] & Lucerina Artunduaga Pimentel[2]

[1]Médico Veterinario Zootecnista, Especialista en Biotecnología Agraria; [2]Zootecnista, Especialista en Alta Gerencia, Magister en Educación con Énfasis en Educación Superior.

[1]Programa Especialización en Biotecnología Agraria. [2]Programa de Zootecnia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA. Florencia, Caquetá, Colombia.

[1]lucerina.artunduaga@unad.edu.co, [2]aleja1244@hotmail.com

Resumen

El sector ganadero busca mejorar la productividad de carne, leche y rusticidad, por medio de los cruzamientos, lo que ha conllevado al deterioro de las líneas raciales, repercutiendo en la disminución de calidad y cantidad de producción, e influyendo directamente en la rentabilidad. Actualmente los adelantos biotecnológicos proponen mejorar los niveles productivos de una empresa ganadera, a partir de la Inseminación Artificial IA y la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo IATF, en donde se está manejando e introduciendo el mejoramiento genético, prácticas que incrementan el valor productivo y reproductivo de los bovinos, haciendo rentable el negocio ganadero y mejorando la competitividad del sector. La IA y la IATF, tienen como diferencia el tiempo del proceso de la inseminación, la IA se maneja a celo detectado y la IATF debe tener en cuenta las horas de la aplicación de las hormonas para la inseminación en tiempos exactos; estos dos métodos se manejan con el uso de semen probado y comprobado de animales altamente productivos para carne y/o leche. Para la IATF se han proporcionado protocolos para la sincronización del estro basados en: "los que utilizan combinaciones de GnRH y prostaglandina F2α (PGF), llamados protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos con progesterona (P4) y estradiol conocidos como control del desarrollo folicular", división planteada por Saldarriaga (2009). En este escrito, se documenta la aplicabilidad de biotecnologías como la IA-IATF en los sistemas de producción ganaderos para contribuir al mejoramiento genético de las razas bovinas.

Palabras clave: inseminación artificial, inseminación artificial a tiempo fijo, mejoramiento genético.

Abstract

The livestock sector seeks to improve the productivity of meat, milk and rusticity, through crosses, which has led to the deterioration of racial lines, affecting the decrease in quality and quantity of production, and influencing directly the Profitability. Currently,

biotechnological advances propose to improve the productive levels of a farming company, from artificial insemination AI and artificial insemination at fixed time IATF, where it is being managed and introduced genetic improvement, Practices that increase the productive and reproductive value of cattle, making the livestock business profitable and improving the competitiveness of the sector. Ai and IATF, have as a difference the time of the process of insemination, AI is managed to zeal detected and the IATF should take into account the hours of application of hormones for insemination in exact times; These two methods are handled with the use of tested and proven semen from highly productive animals for meat and/or milk. For IATF, protocols have been provided for Estrus synchronization based on: "Those using combinations of GnRH and prostaglandin F2α (PGF), called Ovsynch protocols and those using devices with progesterone (P4) and estradiol known as Control of follicular development ", division raised by Saldarriaga (2009). In this paper, it is documented the applicability of biotechnology such as IA-IATF in livestock production systems to contribute to the genetic improvement of bovine breeds.

Key-words: artificial insemination, fixed-time artificial insemination, genetic improvement.

Resumo

O setor pecuário procura melhorar a produtividade da carne, do leite e da rusticidade, através de cruzamentos, o que levou à deterioração das linhas raciais, impactando na redução da qualidade e quantidade de produção e influenciando diretamente a rentabilidade. Atualmente desenvolvimentos de biotecnologia visam melhorar os níveis de produção de uma empresa de gado, a partir da Inseminação Artificial AI e Inseminação Artificial Tempo Fixo IATF, onde eles estão dirigindo e introduzindo práticas de criação que aumentam o valor produtivo e reprodutivo o gado, tornando rentável o negócio de gado e melhorando a competitividade do setor. AI e IATF diferem no momento do processo de inseminação, AI é tratada com zelo detectado e a IATF deve levar em consideração as horas de aplicação dos hormônios para inseminação em momentos exatos; estes dois métodos são tratados com o uso de sémen provado e comprovado de animais altamente produtivos para carne e / ou leite. Para TAI eles forneceram protocolos para a sincronização do estro baseada na "aqueles que utilizam combinações de GnRH e da prostaglandina F2a (PGF), chamado protocolos Ovsynch e utilizando dispositivos com progesterona (P4) e desenvolvimento folicular controlo de estradiol conhecida ", Divisão proposta por Saldarriaga (2009). Neste documento, documentamos a aplicabilidade de biotecnologias, como IA-IATF em sistemas de produção pecuária, para contribuir para o melhoramento genético das raças bovinas.

Palavras chave: inseminação artificial, inseminação artificial de tempo fixo, melhoria genética.

Introducción

Biotecnologías como la Inseminación Artificial IA y la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo IATF, han sido diseñadas para su aplicabilidad en el sector ganadero, principalmente para el mejoramiento genético. A través del tiempo la genética e identidad racial de los bovinos se ha perdido gracias a los cruzamientos entre animales, en búsqueda de mayores beneficios para el sector, en cuanto a productividad, rusticidad y adaptabilidad para las diferentes regiones, llegando a conformar animales multirraciales, designados como raza mestiza, en la cual se han deteriorado las características productivas principalmente de leche.

La IA, a través del uso del semen de toros altamente productivos resalta las características del padre, las cuales han sido evaluadas en varias generaciones ya sea en producción láctea y/o cárnica (Gasque, 2008). La introducción de este semen en el aparato reproductor de la hembra, con características raciales ya perdidas y con un nivel productivo promedio, concluye en una gestación que se desarrollará con

las mejores características de sus padres, las cuales se verán reflejadas en el tiempo con nuevos cruzamientos y brindando mayor productividad.

La práctica de IA, es manejada directamente con la detección del celo y con el sistema AM-PM y PM-AM, las vacas que sean vistas en estro en la mañana, deben ser inseminadas durante la tarde del mismo día, y las vacas vistas en celo en la tarde, deben ser inseminadas después del amanecer del siguiente día (Foote, 2002), lo cual no determina con exactitud una gestación ya que se pueden presentar variaciones en el ciclo estral de cada hembra, el ambiente y el manejo. La técnica de la IA, según las experiencias se han ido mejorando en el tiempo, para evitar pérdidas económicas y disminuir los intervalos entre partos (IEP) en las ganaderías, a través del método IATF, el cual consiste en la sincronización del estro de la hembra con la aplicación de hormonas, respetando las horas y tiempo de los diferentes protocolos. Dentro de las propuestas biotecnológicas actuales y a través de este escrito, se pretende documentar la importancia de la aplicación de biotecnologías IA-IATF, en los sistemas productivos ganaderos para contribuir al mejoramiento genético.

En América Latina, la actividad ganadera representa el uso más significativo de la tierra, siendo la actividad que más favorece y aporta al producto interno agropecuario de los diferentes países (Barragán, Mahecha & Caja, 2015, citado por Molina, Sánchez, Uribe & Atzori, 2016). El manejo de la ganadería a través del tiempo ha desarrollado en los bovinos la combinación de varias razas entre ellas, gracias al enfoque de los cruzamientos entre *Bos taurus* -razas productoras de leche- y *Bos indicus* -cebú, como productoras de carne-, en busca de un sistema de producción de doble propósito, de la rusticidad y adaptación al medio ambiente, llegando a perder la genética entre las líneas raciales y sus potenciales productivos en cuanto a carne, leche y crías al año, afectando al sector productor ganadero en niveles de calidad y cantidad, lo que influye directamente en la rentabilidad y perdidas económicas para los ganaderos por costos de producción de la crianza y mantenimiento de los animales en sus empresas ganaderas.

Investigaciones de Saldarriaga (2009), indican que en Colombia el uso de la inseminación artificial solo se implementa en un 20% de los sistemas productivos dedicados a la ganadería, el resto de los sistemas utiliza el sistema multitoro o también llamado monta natural. Actualmente la práctica de la IA-IATF está tomando acogida por parte de los grandes productores, principalmente por el nivel de adquisición a las propuestas biotecnológicas y a las exigencias comerciales y productivas, lo cual interviene para garantizar la productividad ganadera de carne y leche de calidad a partir del mejoramiento genético, influyendo directamente en la competitividad del sector.

La falta de información y divulgación de estas prácticas ante los pequeños productores ha limitado un poco el nivel productivo del sector ganadero, principalmente por el desconocimiento de la relación costo-beneficio, lo cual incide directamente en la continuidad de la producción y reproducción de forma tradicional, conllevando a la comercialización de productos de baja calidad, mayor tiempo de producción y poca rentabilidad. Colombia busca reconocimiento como líder en el desarrollo, producción, comercialización y exportación de productos de alto valor agregado, siendo el objetivo para 2025, posicionarse como uno de los tres líderes del sector biotecnológico en América Latina (Montenegro & Hernández, 2015).

El desarrollo de la biotecnología reproductiva involucra el mejoramiento genético para rescatar las potencialidades productivas a través de la IA y la IATF lo cual incide en mejorar la genética a partir de la reproducción y su producción por medio del manejo del ciclo estral de la vaca, garantizando una cría al año y así rescatar las características productivas en el tiempo, de generación en generación con el uso de reproductores superiores a través del semen a partir de los cruzamientos interraciales y selección genética (Carvajal & Kerr, 2015).

Mejoramiento genético

En la actualidad los programas de mejoramiento genético han desarrollado estrategias biotecnológicas como la IA y la IATF para la obtención de animales

doble propósito -producción de carne y leche-, a partir de los cruzamientos interraciales y selección genética. Carvajal & Kerr (2015), afirman a través de estudios que la composición de la leche es regulada por varios factores siendo uno de los más importantes la genética, y para el ganado de carne en cuanto a la ganancia de peso a través de la IA, se pueden hacer los cruzamientos precisos para proveer tasa de crecimiento y musculatura a las crías con el uso del semen seleccionado, generando un animal para el mercado, producido en forma rentable.

En estudios genéticos, se ha establecido como manejo principal la identificación de los mejores animales, los cuales deben ser seleccionados y usados como los padres de la próxima generación, compartiendo la opinión de Uribe (s.f,) quien afirma "La inseminación artificial juega un rol preponderante en la diseminación de genes deseables en una población". Cabe resaltar, que la genética y el principio del mejoramiento se basa principalmente en la producción: "PRODUCCIÓN = GENOTIPO + MEDIO AMBIENTE" (Ruiz, 2013), el cual debe tenerse en cuenta para la su aplicación e implementación en las empresas ganaderas según su sistema de producción -carne, leche, doble propósito-, para así mejorar y competir en el sector productivo. También es importante resaltar que las prácticas de mejoramiento genético están directamente relacionadas con el manejo -Buenas Prácticas Ganaderas-BPG-, el estado de las hembras y con las labores de administración a través del manejo de registros, lo cual puede repercutir favorable o desfavorablemente a la hora de la concepción luego de la aplicación de la IA-IATF y de la rentabilidad de los resultados:

Buenas Practicas Ganaderas BPG

Las BPG constituyen una guía de recomendaciones técnicas aplicadas en los sistemas ganaderos con el fin de garantizar la inocuidad de la producción -carne y/o leche-. Según las definiciones de Gambini (2009), categoriza las BPG en tres principios u objetivos: "higiene e inocuidad alimentaria, cuidado del medio ambiente y velar por la seguridad y salud de las personas -consumidores y trabajadores-", este concepto es direccionado principalmente a la comercialización y rentabilidad del sector ganadero. Cabe resaltar que el manejo y aplicabilidad de estas técnicas aportan directamente beneficios al bienestar y salud animal, mejorando las condiciones fisiológicas, metabólicas y de estrés, que repercuten en la producción y reproducción.

Factores que afectan la fertilidad en las hembras

- **Condición corporal (CC):** según definiciones de Bavera & Peñafort (2005) la condición corporal se asimila al de estado corporal, es decir, al nivel de reservas corporales que el animal dispone para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción, indicando el estado nutricional y de salud del animal, la cual es medida por escalas de 1 a 5 o 1 a 9 según las definiciones del productor y/o veterinario (Tabla 1), estas dos escalas manejan el mismo criterio de evaluación en el animal , en donde 1 se caracteriza por ser demasiado flaca o caquéxica y 5 o 9 por ser un animal obeso o gordo. En ambos rangos la fertilidad es nula o limitada ya que su sistema reproductivo y endocrino –hormonal- no está apto para manejar el ciclo estral, atender una gestación y/o mantener un nivel de producción adecuado.

Tabla 1. *Correlación entre las escalas 1 a 5 y 1 a 9 para CC.*

Escala	Grados								
1 a 5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1 a 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fuente: Bavera & Peñafort (2005).

- **Estrés calórico:** Son los problemas metabólicos ocasionados por el aumento de la temperatura corporal del animal generado por la combinación de temperatura ambiente y humedad relativa (Araujo, 2011). Esta condición afecta el consumo, actividad física, producción de leche, ciclo estral y reproducción en las vacas. Caraviello (2004), manifiesta que "un incremento en la temperatura corporal al momento de la inseminación deriva en baja fertilización y alta incidencia de muerte embrionaria, porque la viabilidad del oocito, esperma y embrión se ven comprometidas".

- **Nutrición**: afecta directamente aspectos fisiológicos y reproductivos en las hembras principalmente en estado productivo; "la cantidad de alimento ingerido y la fuente de energía afectan las variables del ciclo estral, como duración, patrones de ondas foliculares, tamaño de las estructuras ováricas y concentraciones circulantes de hormonas esteroideas" (Santori, 2009). Nutrimentos energéticos y minerales como selenio, cobalto, fósforo, hierro, cobre y yodo, se encuentran relacionados directamente con el sistema reproductivo y sus deficiencias afectan las concentraciones hormonales que intervienen en el ciclo estral.

Manejo de registros

La producción ganadera en estos tiempos se determina como una empresa, en la cual el productor debe manejar datos e información recogida en forma permanente de la producción de su ganadería, permitiendo de esta forma hacer un análisis financiero para establecer la rentabilidad de la inversión. Según Donato (s.f.), la empresa ganadera establece como unidad de producción la tierra, en donde es importante determinar cuál fue la producción de carne y/o leche por hectárea/año para evaluar la rentabilidad de la misma.

- La información más importante para tener en cuenta en una producción ganadera:
- Presentación de celos.
- Aplicación de la IA.
- Nacimientos.
- Producción de leche.
- Ganancia de peso.
- Indicadores reproductivos y control reproductivo –palpaciones-.

El manejo de registros y su evaluación no solo demuestran el estado de pérdidas o ganancias de la empresa ganadera, sino que aporta criterios para hacer cambios y así proyectar el futuro de la explotación.

Indicadores reproductivos

A partir de los registros reproductivos se deben evaluar las diferentes situaciones encontradas en cada una de las hembras, lo cual indicara la selección, aplicación de tratamientos o descartes de las mismas, como:

- Días abiertos DA: Los días abiertos de las vacas comprenden el tiempo entre el parto y el momento en el cual la hembra vuelve a quedar preñada (Donato, s.f).
- Intervalo entre parto IEP: Es el tiempo que transcurre entre dos partos (Donato, s.f.).
- Intervalo parto primer celo/servicio: Es el número de días que pasan entre el último parto y la presentación del celo, tiempo ideal para la inseminación artificial o el primer servicio cuando se trata de monta natural (Donato, s.f).
- Tasa de natalidad: Donato (s.f), conceptualiza el parámetro hacia la práctica de la IA, y lo establece, al dividir el número de nacimientos entre el total de hembras aptas y sincronizadas para la reproducción que conforman la empresa ganadera.
- Índice de no retorno: indican el porcentaje de vacas que no repiten celo o que no repiten servicio en un periodo determinado (Gallego, 1998).

Patrimonio genético en Colombia

Los países en vía de desarrollo como Colombia, presentan en la ganadería un estancamiento a nivel biotecnológico, debido a la poca inversión del sector rural, altos costos de insumos y medicamentos veterinarios, baja cobertura educativa, capacitaciones y de información, vías de acceso en mal estado -vías terciarias-, falta de electrificación y TIC´S, mínimos incentivos productivos -valor de la leche y carne-, poca inversión en investigación a comparación de países como Estados Unidos, Brasil, Argentina,

Chile, México, en donde el apoyo al sector agropecuario por parte del gobierno es fundamental para las políticas de desarrollo productivo.

Información en el Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana (PEGA) 2019 por parte de FEDEGAN-FNG (2006), reporta 23 millones de bovinos de diferentes razas y cruces, de los cuales el 72% corresponde a ganado *Bos indicus* (cebuinos), el 15% a *Bos taurus* (razas europeas) y el 13% a las conocidas como razas criollas y sus cruces. A nivel comercial cárnico se cuenta actualmente con indicadores en combinación entre edad y peso al sacrificio, situándose en un promedio de cuatro años con un peso aproximado de 400 kg, con una ganancia de peso de 350 g/día, a comparación de Argentina que maneja tiempo de sacrificio a los tres años con ganancia de peso de 550 g/día, factores que inciden directamente en la rentabilidad de producción. Por otra parte la información de producción láctea de nuestro país oscila alrededor de 4.5 L/vaca/día en comparación con algunos referentes internacionales como Argentina y Uruguay, que reportan alrededor de 13 L/vaca/día y Estados Unidos con 25 L (FEDEGAN-FNG, 2006).

Fuentes (s.f), presenta las cifras de inseminación bovina a nivel internacional: Estados Unidos 90%, Argentina 80%, Brasil 80% y Perú 15%, con el fin elevar los niveles de mejoramiento genético y productividad y en estudios y análisis de Galeano (2010), presenta a países como México, Chile y Argentina, con avances en los programas de mejora genética animal centrados en la estimación de parámetros genéticos y fenotípicos para las diferentes características de interés económico en los sistemas de producción de carne y leche, indicadores para la selección y determinación de la IA-IATF, en pro del desarrollo productivo.

Sanidad animal a nivel reproductivo

El manejo de estas biotecnologías está interviniendo directamente en la sanidad animal a nivel reproductivo disminuyendo o anulando definitivamente enfermedades como brucellosis, leptospirosis, herpesvirus bovino-1, diarrea viral bovina, *Neospora caninum* (Motta *et al*, 2012), y otras como tricomoniasis y campylobacteriosis (Campero, 2000), a diferencia del manejo de monta natural donde se pueden transmitir este tipo de enfermedades, las cuales van a influir directamente en la rentabilidad de las producciones, ya que causan abortos, infertilidad, disminución de la producción, los animales se convierten en transmisores potenciales, principalmente por el toro o las secreciones expulsadas con carga bacteriana, vírica o parasitaria. Estas enfermedades no solo afectan la salud animal y sus producciones si no también la del hombre ya que algunas se caracteriza por ser zoonóticas, como en el caso de la brucelosis y leptospirosis.

Método de inseminación artificial (IA)

La práctica de la inseminación artificial, se maneja a través de la introducción de semen de toros genéticamente seleccionados con alto potencial productivo, a los cuales se les ha recolectado el semen por distintos métodos, el cual permanece conservado hasta el momento de su utilización.

Según la descripción de Fuentes (s.f.), la detección del celo para el manejo de la inseminación artificial es el indicador de éxito en campo, la cual depende de la detección adecuada del estro y de la habilidad en la inseminación. El principio clásico para la IA es el sistema AM - PM y PM – AM, las vacas que sean vistas en estro en la mañana, deben ser inseminadas durante la tarde del mismo día, y las vacas vistas en celo en la tarde, deben ser inseminadas después del amanecer del siguiente día (Foote, 2002). Todo esto basado en la observación, la palpación de ovarios y los datos sobre servicios/monta.

Descripciones de Restrepo (2008), indica las principales ventajas que posee la IA para su aceptación entre los productores: el bajo costo del semen y su aplicación y el éxito que garantiza el proceso, también el menor costo del servicio, menores riesgos asociados con el uso del toro, una mayor ganancia genética, y tasas de preñez que pueden ser mejores respecto a la monta natural.

Método de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

La IATF, involucra que las hembras se deben manejar con hormonas para sincronizarlas y modificar el comportamiento del sistema reproductivo, preparándolas para la recepción del semen y así lograr la gestación.

Martínez (s.f.), describe la IATF como: Un protocolo manejado para manipular hormonalmente a la vaca para que ovule el día que se programe y conceptualiza para su manejo que: en este protocolo es muy importante entender cómo funciona la fisiología reproductiva de la vaca, puesto que aunque existe una gran variedad de productos y de protocolos, se debe escoger el más adecuado según el caso -novilla, vaca, postparto, carne, leche-. También se indica que para dicho manejo se recomienda seleccionar un grupo de animales, sincronizarlos e inseminarlos el mismo día, a partir de la manifestación o detección de celos.

Hormonas para los protocolos de la IATF

Martínez (s.f.) referencia, las hormonas a tener en cuenta al momento de aplicar la IATF:

- GnRH: Induce la liberación de hormonas como FSH y LH, las cuales inciden en la regulación del desarrollo folicular. Se recomienda usarla en protocolos para vacas paridas postparto con buena condición corporal.
- Progestágenos: Vienen en implantes de liberación lenta, ya sean vaginales o en la oreja. El objetivo de usar los implantes es simular un diestro para controlar la ovulación hasta que se retire el mismo.
- Prostaglandinas PGF: Se usan en cualquier protocolo, su función principal es destruir el cuerpo lúteo terminando con la fase luteal (luteolítico), son los más usados en programas de sincronización de celos, ya que un 50 a 70% de los animales tratados responderán con la presentación de celo y ovulación dentro de los 6 días siguientes a una aplicación de PGF, cuya fertilidad es igual o superior a una ovulación espontanea o natural (Alberio & Butler, 2001).
- Estrógenos: En combinación con la progesterona crean una retroalimentación negativa para la GnRH, causando la autodestrucción de los folículos circundantes, pero si son administrados solo con la presencia de un folículo dominante y en ausencia de un cuerpo lúteo, crean el comportamiento de celo e intervienen en la inducción de la ovulación.
- eCG: Gonadotropina coriónica equina), se usa en varios protocolos de sincronización buscando potencializar la acción LH, con el fin de sincronizar la ovulación y aumentar el tamaño del folículo dominante.

Protocolos

Un estudio realizado por Saldarriaga (2009), plantea la división de los protocolos para la IATF en: los que utilizan combinaciones de GnRH y prostaglandina F2α PGF, llamados protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos con progesterona P4 y estradiol conocidos como de control del desarrollo folicular.

Protocolo Ovsynch

Este protocolo es ampliamente usado para sincronización de vacas ciclando ya que provoca ovulación, generalmente sin presentación del celo, por cual es necesario cumplir y respetar los tiempos para hacer IATF. En el protocolo Ovsynch (Figura 1) la GnRH provoca que el folículo más grande ovule o regrese, iniciando una nueva onda folicular; 7 días después al aplicar la PGF2α se provoca luteolisis y al día 9 la segunda inyección de GnRH induce la ovulación del nuevo folículo; dentro de las próximas 24 h se debe inseminar (Morales & Cavestany, 2012).

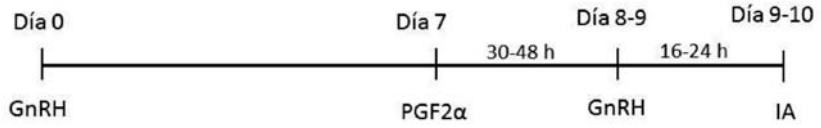

Figura 1. Protocolo Ovsynch:

Fuente: Morales & Cavestany (2012).

Estudios recopilados de Morales & Cavestany (2012), han determinado que los resultados con la aplicación de este protocolo han sido variados de entre 9% al 37%, por lo cual se han proporcionado a partir de la práctica otras alternativas para complementarlo, como por ejemplo el Cosynch (Figura 2), el cual tiene el agregado de progestágenos P4, la administración de P4 durante 7 días junto con la inyección de GnRH mejora los porcentajes de preñez entre un 50% y un 55% en comparación con vacas en anestro tratadas con el Ovsynch tradicional. Dentro de las variaciones se encuentra con la ventaja de una sesión menos de manejo en los animales, ya que la IATF se establece a la misma vez que la segunda aplicación de la GnRH (Dejarnette & Nebel, s.f).

Figura 2. Protocolo Cosynch

Fuente: Morales & Cavestany (2012); Dejarnette & Nebel (s.f).

Otra de las variantes del protocolo Ovsynch se basa en la pre-sincronización o Presynch (Figura 3), el cual consiste en 2 aplicaciones de PGF2α con 14 días de intervalo, la segunda inyección debe ser aplicada 14 días antes del OvSynch o CoSynch, si se desea que las inyecciones sean dadas el mismo día de la semana, o la segunda inyección de PGF2α a 11 o 12 días antes del OvSynch o CoSynch, si se desea maximizar la tasa de concepción (Dejarnette & Nebel, s.f). El objetivo con este protocolo radica en tener las vacas en un estado similar del celo al iniciar el protocolo de sincronización para IA, aunque es importante resaltar que su uso es efectivo para aumentar la fertilidad en vacas cíclicas (Morales & Cavestany, 2012).

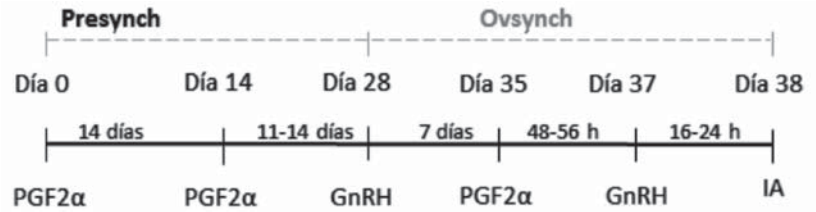

Figura 3. Protocolo Presynch:

Fuente: Morales & Cavestany (2012).

Protocolos para control del desarrollo folicular

Recopilación de información de estudios y práticas realizadas en el ganado bovino con anestro, ha direccionado a la creación de tratamientos que mejore esta situación, actualmente en el mercado se ofrecen dispositivos eficientes que liberan Progesterona P4 y que son mantenidos en la vagina por un período de 7 a 8 días (Saldarriaga, 2009). Morales & Cavestany (2012), resaltan la función de este protocolo, el cual consiste en imitar una fase luteal corta, producida previo al reinicio de la actividad sexual cíclica posparto, con el fin de mejorar los porcentajes de preñez en animales inseminados artificialmente y evitando la formación de un cuerpo lúteo de vida corta, lo que contribuye a que el cuerpo lúteo de la siguiente ovulación tenga una actividad normal, permitiendo el desarrollo y el mantenimiento de la preñez, también sugierenen base a estudios previos, que la tasa de éxito de los protocolos con progestágenos o P4 sola es variable entre el 50% al 70%, ya que depende del intervalo parto a tratamiento y la causa del anestro.

Igualmente estudios de Bó *et al.,* (2008), indica que los productores de leche de todo el mundo que han utilizaso estos protocolos han obtenido tasas de preñez entre 35 y 55%, las cuales estuvieron influenciadas por la condicion corporal, los dias en lactancia de los animales sincronizados y la produccion de leche de las vacas. Asi mismo se puede inferir sobre los resultados que se desean obtener a la hora de la aplicación de la IATF, los cuales se relacionan con la selección de los animales que se van a tratar, hecho que resalta la importancia del manejo de registros y la palpación rectal por personal calificado.

El protocolo con dispositivo impregnado de progesterona junto con estradiol (Figura 4), dentro de su tratamiento más utilizado consiste en administrar 2 mg de benzoato de estradiol (BE) por vía intramuscular (IM) junto con la implantación del dispositivo en el día 0 del tratamiento; en el día 7 u 8, se extrae el implante y se aplica prostaglandina PGF2α- IM y 24 h después se administra 1 mg de BE- IM; la IATF se realiza entre las 52 y 56 h del retiro del dispositivo (Saldarriaga, 2009).

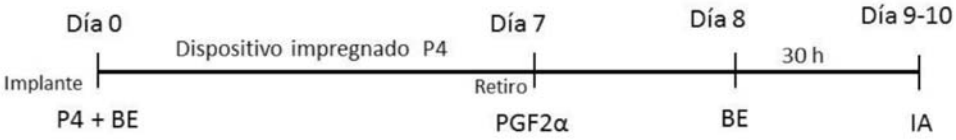

Figura 4. Protocolo Dispositivo impregnado con progesterona junto con estradiol.

Fuente: Saldarriaga (2009).

También se manejan tratamientos con dispositivos de liberación de progesterona, estradiol y Gonadotropina Coriónica equina eCG, indicados para las vacas con buena producción de leche y que presentan anestro posparto, el cual causa un aumento en el intervalo entre partos y afecta de manera negativa el desempeño reproductivo y productivo, experimentos de Bó *et al.,* (2008), reportan tasas de preñez de 52% en grupos tratados con P4+BE+eCG, afirmando que no se detectan diferencias significativas con los tratamientos sin eCG que maneja un porcentaje del 51%.

En cambio estudios de Morales & Cavestany (2012), reportan resultados con un porcentaje de concepción del 70% y 64% de preñez en vacas para carne, al combinar P4 + eCG + PGF2α, logrando aumentar la sincronía y los porcentajes de concepción en la inseminación subsiguiente, haciendo más satisfactorio y rentable la IATF. También se indica que la adición de eCG en los protocolos de P4 y BE en animales en anestro se establece como una herramienta útil para mejorar la fertilidad en razas *indicus* con un alto porcentaje de vacas acíclicas antes de los 60 días posparto.

Espinosa (2010), afirma que para lograr mejores porcentajes de preñez el protocolo de elección P4+BE (Figura 5) es aplicando una dosis de eCG (400 UI) 24 horas después de retirado el dispositivo, logrando una preñez del 62%.

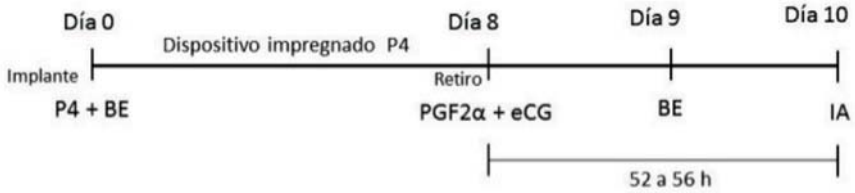

Figura 5. Protocolo P4+BE+eCG.

Fuente: Espinosa (2010).

Protocolo de resincronización

El protocolo de resincronización (Figura 6) se toma cuando la vaca muestra celo a los 21 días después de la primera IATF o con el establecimiento de inseminaciones sistémicas en los animales sin la necesidad de detectar celos, acortando los retornos para alcanzar una fertilidades del 55% al 75% (Morales & Cavestany, 2012).

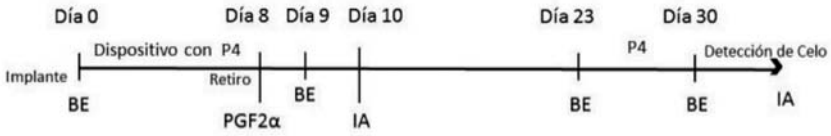

Figura 6. Protocolo de resincronización

Fuente: Bó *et al*. (2008).

Bó *et al.* (2008) expresan opinión sobre la ventaja de la resincronización en donde se espera que las vacas regresen al celo en un periodo de tiempo definido, determinando asi que se debe realizar observaciones en campo con más precisión. Asi mismo, la desventaja del programa indica que requiere de tratamientos hormonales continuos y el éxito depende de la eficacia de la detección del celo, lo que incrementa los costos de producción.

Análisis de costo beneficio: programas de IA-IATF

Estimaciones propuestas por González (2005), con respecto a los días abiertos (DA), días vacíos (DV) e intervalo entre partos (IEP) para las ganaderías doble propósito (DP) y mestizas en los días de lactación (DEL), la meta ideal, práctica y rentable es obtener una cría al año, en vacas mestizas, la tasa de vacas preñadas con más de 150 DEL varía entre 26,4 y 37,8%, actualmente en las ganaderías se presentan dificultades para lograr estas metas. El manejo de registros evidencia estas dificultades y direcciona las alternativas de solución.

El aumento en DEL >150d demuestra una baja eficiencia reproductiva para las empresas ganaderas que repercutirán en pérdidas económicas productivas. González (2005), ha relacionado en su estudio: "que recomienda el servicio de los animales a partir de 60-75d DEL, ya que antes de los 60d se considera un riesgo para la fertilidad, si 60% de la preñez ocurre entre 60-150d, eso significa que el 40% tiene DV>150 DEL y lactaciones más largas. Un animal inseminado después de 120d posparto mantendrá IEP, DEL y lactaciones prolongadas lo que disminuye la rentabilidad". A nivel administrativo de la empresa ganadera se busca reducir los DV, se considera que vacas vacías >120d en razas lecheras las pérdidas económicas están alrededor de 15 mil pesos, mientras que en ganado de carne están alrededor de los 5 o 7 mil pesos por día, si se hace la conversión en animales de mayor producción y con más días vacíos, la rentabilidad de la ganadería disminuye y producen pérdidas para el productor.

El manejo de la IA y la implementación de programas de IATF es una alternativa económicamente viable, la cual produce retornos económicos, basados fundamentalmente en la diferencias de kg obtenidos al destete (Cutaia *et al.,* s.f), y control en los intervalos entre partos. Esta diferencia ocurre básicamente por la incorporación del mejoramiento genético a nivel productivo y reproductivo, brindando rentabilidad en la empresa ganadera, con mejores producciones en cuanto a su calidad y cantidad (leche) y menos tiempo (carne). En las Tablas 2 y 3 se muestra estudio realizado por Cutaia *et al.,* (s.f), donde se mide la ganancia de peso de terneros con IATF y se compara con los manejados a partir de monta natural, en donde se evidencia el valor genético con relación a la ganancia de peso.

Tabla 2. *Diferencia de peso al destete de terneros machos nacidos por IATF o servicio natural*

	Peso al destete (kg)	Peso ajustado 205d (kg)
IATF	211,4	201,1
Servicio monta natural	175,4	184,6
Diferencia	36	16,5

Fuente: Cutaia *et al.* (s.f)

Tabla 3. *Diferencia de peso al destete de terneras hembras nacidas por IATF o servicio natural.*

	Peso al destete (kg)	Peso ajustado 205d (kg)
IATF	196,8	185,0
Servicio monta natural	163,6	174,1
Diferencia	33,2	10,9

Fuente: Cutaia *et al.* (s.f)

Cutaia *et al.,* (s.f), a través de este estudio demuestran que "es posible mejorar los índices productivos en una ganadera de cría aplicando un programa de IATF al comienzo del servicio". Con estos datos se resalta la ventaja del mejoramiento genético desde el inicio del desarrollo productivo del ganado bovino en cuanto a ganancia de peso y producción de carne, lo cual repercute en tiempo y calidad según las características del semen de elección para el manejo en la empresa ganadera.

Relación de costos IA-IATF

- Vitaminas y minerales como coadyuvantes reproductivos: en algunas vacas para la IA tradicional se recomienda aplicar vitaminas con el fin de que los ovarios tengan una mejor actividad cíclica y así lograr que las vacas entren en celo más rápido. Basado en las deficiencias minerales y de vitaminas dentro de la alimentación.
- Pajillas: en el mercado se pueden encontrar variaciones según la calidad, que van desde los $15.000 pesos, hasta precios superiores a $300.000 pesos en pajillas de semen importado y semen sexado.
- Sincronización: el costo varía según el protocolo de elección por el profesional, de acuerdo a las condiciones de cada animal y manejo de la empresa ganadera. El protocolo de elección para este análisis se basa en P4+BE+eCG.
- Mano de obra: La mano de obra del inseminador por cada inseminada cuesta alrededor de $20.000 pesos. Todo el análisis se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. *Relación de costos entre IA tradicional y la IATF.*

IA vs IATF	IA tradicional ($)	IATF ($)
CalfosvitSe®	24.200=	
Valor pajilla/animal	Desde 25.000 hasta 300.000=	60.000=
Valor sincronización/animal		31.000=
Total sincronización por animal		91.000=
Valor resincronización		4.000=
Mano de obra inseminador	20.000=	20.000=
En 10 vacas		**910.000=**

Los costos relacionados previamente no son exactos, ya que en el programa de IA-IATF se encuentran variaciones debido a las condiciones y estado de los animales, manejo del semen en su aplicación, condiciones ambientales y sanitarias, selección de protocolos, entre otras.

La elección del protocolo depende de las condiciones de los animales, presupuesto de inversión y criterio del profesional que aplique y maneje la IA-IATF.

El riesgo en aplicar y manejar la IA tradicional en vacas cíclicas, depende de la detección del celo y calcular el tiempo exacto para inseminar, por lo cual se ha expresado en muchas experiencias que la probabilidad de preñez es baja. Fallar en la primera IA acarrea aumentar los días abiertos o días vacíos incrementando así el intervalo entre parto y repercutiendo en pérdidas para el productor. Analizando el contexto de la empresa ganadera es más rentable el manejo de la IATF para el mejoramiento genético y mantener buenos parámetros productivos y reproductivos. Como ya se mencionó anteriormente un día vacío en un sistema de producción tiene un costo aproximadamente de entre 15 mil y 7 mil pesos por día para producción de leche y carne respectivamente; El promedio de días abiertos en la ganadería colombiana esta >170d según informe del PEGA 2019 (FEDEGAN-FNG, 2006), reducir este parámetro con la aplicación de la IATF beneficiaria satisfactoriamente la rentabilidad de sector ganadero.

Conclusiones y recomendaciones

Van Arendonk (2011), expresa que: La primera técnica reproductiva que tuvo un gran impacto en los sistemas de cría de animales fue la inseminación artificial AI, junto con el registro de pedigrí y el registro de leche, para obtener estimaciones exactas en resaltar los valores productivos de los toros en los sistemas de producción de carne y/o leche; los toros contribuyen a la difusión del mejoramiento genético, heredando las características productivas a sus hijas y aportando así una alternativa económica atractiva para la generación de progreso en el sector ganadero.

Dentro de las desventajas que se cuenta en la aplicación de biotecnologías como la IA y la IATF, desde un punto de vista genético, la respuesta depende del grado de interacción genotipo por medio ambiente generando variabilidad de la respuesta o resultados esperados los cuales se verán reflejados a largo plazo, y la endogamia (Nicholas, 1996), lo cual sigue siendo objeto de estudio y estimación dentro del contexto de mejoramiento genético, se espera que con la importación y uso de nuevas generaciones de semen extranjero y manejo de registros se llegue a una disminución de este riesgo, lo cual hasta el momento no ha presentado mayores avances. La inversión de la IA, garantiza en el tiempo mejorar genéticamente la ganadería, por medio de los cruzamientos entre animales comerciales a partir de la aplicación y el manejo de las biotecnologías, determinando los porcentajes raciales de *Bos taurus y Bos indicus*, para la selección del semen probado y comprobado hacia una genética productiva racialmente, directamente para cada sistema de producción ya sea de carne, leche y/o cría.

Literatura citada

1. Alberio, R. H. & Butler, H. (2001). Sincronización de los celos en hembras receptoras. En: Palma, G. A. (Editor). Biotecnología de la reproducción. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina, pp. 61-76.
2. Araujo, R. (2011). Stress calórico en vacas lecheras. Engormix. *Lecheria*. Recuperado de *http://bit.ly/2tUStdK*
3. Bavera, G. A. & Peñafort, C. (2005). *Condición corporal (CC)*. Sitio argentino de producción animal, *FAV UNRC*. Recuperado de: *http://bit.ly/2v9Vd6Q*
4. Bó, G. A., Cutaia, L. E., Souza, A. H. & Baruselli, P. S. (2008). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied. Londrina, Brazil, 95- 110.
5. Campero, C. M. (2000). Las enfermedades reproductivas en los bovinos: ayer y hoy. *Revista de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, 53, 88-112.
6. Caraviello, D. Z. (2004). Tópicos de Fertilidad en Vacas de Alta Producción. Instituto Babcock Universidad de Wisconsin. Reproducción y Genética N°. 611.
7. Carvajal, A.M. & Kerr, B. (2015). Factores genéticos que influencian la composición de la leche bovina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue. Recuperado de *http://bit.ly/2uLh8Qz*

8. Cutaia, L., Veneranda, G. & Bó, G. (s.f). Análisis de costo beneficio: programas de inseminación artificial a tiempo fijo y servicio natural. Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC), Universidad Católica de Córdoba.
9. Dejarnette, M. & Nebel, R. (s.f.) Protocolos de sincronización para vacas lecheras. Select Reproductive Solutions. Recuperado de *http://www.selectsires.com/dairy/spanresources/0708_spanish_dairycow.pdf*
10. Donato, M. (s.f.). Los registros en la inseminación artificial. Universidad de Córdoba. Recuperado de *http://www.infocarne.com/bovino/inseminacion2.asp*
11. Espinosa, M. (2010). Efecto de diferentes protocolos para IATF sobre las tasas de preñez aplicados en ganado lechero. Especialidad en reproducción bovina. Instituto de reproducción animal Córdoba. (IRAC), Córdoba, Argentina.
12. FEDEGAN-FNG. (2006). Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. 1ra Ed. Sanmartín Obregón & Cía, Bogotá, Colombia.
13. Foote, R. (2002). The history of artificial insemination: Selected notes and notables. American Society of Animal Science
14. Fuentes S, D. (s.f.). Inseminación artificial: ¿De qué depende su éxito o fracaso? Actualidad Ganadera. Recuperado de *http://bit.ly/2vcDCLc*
15. Galeano, A. P. (2010). Evaluación genética del recurso animal de los sistemas de producción de bovinos en doble propósito en Colombia. (Tesis de Magíster). Universidad nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
16. Gallego, M. I. (1998). Reproducción del ganado lechero. En: Ruiz, M. E., Rivera, B. & Ruiz, A. (Editores). Reproducción animal: métodos de estudio en sistemas. IICA/RISPAL. Costa Rica.
17. Gambini, B. B. (2009). Las buenas practicas ganaderas (BPG) mejoran la producción, pero ¿Mejoran el bolsillo? *Agro Enfoque,* 23, (165), 54-57.
18. Gasque, R. (2008). Enciclopedia bovina. 1ra Ed. FMVZ. Capítulo 8, Mejoramiento Genético en bovinos. México, pp. 267-285.
19. González, C. (2005). Calcule los días en producción y la tasa de preñez. En: Manual de Ganadería Doble Propósito. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo-Venezuela. VIII (1): 257-264.
20. Martínez, N. (s.f.) Alternativa para mejorar la inseminación artificial. Suganado.com. Recuperado de *http://suganado.com/noticias_detalle.php?Id_Noticia=86*
21. Molina, R., Sánchez, H., Uribe, J. & Atzori, A. (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,* 7 (2), 107-119. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1561/1908*
22. Montenegro, S. & Hernández, Y. (2015). Biotecnología aplicada al desarrollo agropecuario colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental,* 6 (2) 97-108. Recuperado de: *http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1408/1732*
23. Morales, J. T. & Cavestany, D. (2012). Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. *Veterinaria, Vol. 48 (185-188*), pp. 19-27.
24. Motta, J. L., Waltero, I., Abeledo, M. A. & Fernández, O. (2012). Estudio retrospectivo de agentes infecciosos que afectan la reproducción bovina en el departamento del Caquetá, Colombia. *Revista Salud Animal*, 34 (3), 159-164.
25. Nicholas, F.W. (1996). Genetic improvement through technology. *Animal Reproduction Science,* 42, 205-214.
26. Restrepo, G. (2008). Biotecnologías reproductivas aplicables a la producción bovina en Colombia. Grupo de investigación en biotecnología animal-GIBA. Medellín, Colombia.
27. Ruiz, E. (2013). Mejoramiento genético en ganado de carne para el trópico. Guía técnica-Agrocampo, Perú. Recuperado de *http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-c-ganado.pdf*
28. Saldarriaga, E. F. (2009). Análisis comparativo entre inseminación artificial a tiempo fijo e inseminación artificial a celo detectado, con sus variables económicas y reproductivas. (Informe de práctica profesional). Corporación Universitaria Lasallista, Caldas.
29. Santori, R. (2009). Factores nutricionales que afectan el desempeño en programas reproductivos en bovinos de carne y de leche. Conferencia dictada en el 8° Simposio Internacional de Reproducción Animal del IRAC, Córdoba, Argentina.
30. Uribe, H. (s.f.). Mejoramiento Genético de Ganado de Leche. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín Inia N°148.
31. Van Arendonk, J.A.M. (2011). The role of reproductive technologies in breeding schemes for livestock populations in developing countries. *Livestock Science,* 136, 29-37.

Conflicto de Intereses
Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: Marzo 10 de 2017
Aceptado: Abril 17 de 2017

Cómo citar los artículos publicados en el volumen 8 (2017)

Volumen 8 Número 1 enero-junio 2017

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona cafetera del Quindío, Colombia

Castro Quintero, A.F., Lince Salazar, L.A. & Riaño Melo, O. (2017). Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona cafetera del Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(1), 17-26

Estimation of the transfer of vascular epiphytes, as a conservation strategy in the municipality of Aguazul, Casanare, Colombia

Orozco Ávila, J., Valencia Marín, A. & Betancur Pérez, J. (2017). Estimation of the transfer of vascular epiphytes, as a conservation strategy in the municipality of Aguazul, Casanare, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 27-38

Liberación ruminal de cuatro fuentes inorgánicas de magnesio por medio de la técnica *in situ* en ganado holstein en trópico alto

Cuervo Vivas, W.A. & Correa Cardona, H.J. (2017) Liberación ruminal de cuatro fuentes inorgánicas de magnesio por medio de la técnica *in situ* en ganado holstein en trópico alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 39-52

Cambios en la orientación productiva en el Garbanzo, Irapuato, Guanajuato, México. ¿De chiveros a porcicultores?

Jiménez Jiménez, R., Martínez Santibáñez, A., Espinosa Ortiz, V., Rendón Rendón, M.C. & Chávez Pérez, L.M. (2017). Cambios en la orientación productiva en el Garbanzo, Irapuato, Guanajuato, México. ¿De chiveros a porcicultores? *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 53-62

Isolamento de lectinas por cromatografia de afinidade

Torres Romero, J.C, Ortega Torres, M., Infante Betancour, J.A. & Maia Cavalcante, C.A. (2017). Isolamento de lectinas por cromatografia de afinidade. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 63-70

Bioprospección de hongos micorrízicos arbusculares como alternativa para el fortalecimiento del cultivo de aguacate (*Persea americana* Miller) en Colombia

Montenegro Gómez, S.P., Barrera Berdugo, S. E. & Valencia, C.M. (2017). Bioprospección de hongos micorrízicos arbusculares como alternativa para el fortalecimiento del cultivo de aguacate (*Persea americana* Miller) en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 71-80

Friabilidad del suelo: métodos de estimación con énfasis en la determinación cuantitativa de la resistencia al rompimiento

Ávila Pedraza, E.A. (2017). Friabilidad del suelo: métodos de estimación con énfasis en la determinación cuantitativa de la resistencia al rompimiento. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 81-94

Marco teórico para la construcción de una propuesta de turismo rural comunitario

Vinasco Guzmán, M.C. (2017). Marco teórico para la construcción de una propuesta de turismo rural comunitario. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8 (1), 95-106

Biofiltro con cascarilla de arroz y pasto vetiver *(C. Zizanioides)* para el tratamiento del efluente de la PTAR del INPEC – Yopal, Casanare, Colombia

Higuera Infante, S.K. (2017). Biofiltro con cascarilla de arroz y pasto vetiver (*C. Zizanioides*) para el tratamiento del efluente de la PTAR del INPEC – Yopal, Casanare, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 107-118

Biodegradación estimulada de los suelos contaminados con pesticidas organoclorados

Kopytko, M., Correa-Torres, S.N. & Estévez- Gómez, M.J. (2017). Biodegradación estimulada de los suelos contaminados con pesticidas organoclorados. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 119-130

Evaluación de la efectividad de distintas formulaciones de jabón con extracto de *Hypericum mexicanum* L.

Corzo-Barragán, D.C. & Gaitán-Vaca, D.M. (2017). Evaluación de la efectividad de distintas formulaciones de jabón con extracto de *Hypericum mexicanum* L. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 131-138

Efectos tóxicos del paracetamol en la salud humana y el ambiente

Acevedo-Barrios, R.L., Severiche-Sierra, C.A. & Jaimes Morales, J.C. (2017). Efectos tóxicos del paracetamol en la salud humana y el ambiente. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 139-150

Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación

Velásquez Arias. J.A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 151-168

Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia

Ostos Rojas, I.M., Collazos Morales, C.A., Castellanos Acuña, H.E. & Fernández Arévalo, C.P. (2017). Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 169-182

DOCUMENTOS DE TRABAJO

Actividad antimicrobiana de extractos etanólicos de propóleos obtenidos de abejas *Apis mellifera*

Velásquez, B.D & Montenegro Gómez, S.P. (2017). *Actividad antimicrobiana de extractos etanólicos de propóleos obtenidos de abejas Apis mellifera.* (Documento de trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 183-194

Análisis de un modelo agroforestal cafetero en el municipio de Valparaíso, Caquetá, Colombia.

Dussan Huaca, I. (2017). *Análisis de un modelo agroforestal cafetero en el municipio de Valparaíso, Caquetá, Colombia.* (Documento de trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 195-204

Empleo del estropajo común (*Luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes.

Pereira-Martínez, R.I., Muñoz-Paredes, J.F. & Peluffo-Ordoñez, D.H. (2017). *Empleo del estropajo común (Luffa cylindrica) en la remoción de contaminantes.* (Documento de trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 205-216

Manejo de biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay

Melo Cerón, A.R., Rodríguez González, A. & González Guzmán, J.M. (2017). *Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay.* (Documento de trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 217-226

Comparación de la reglamentación para el manejo de lodos provenientes de agua residual en Argentina, Chile y Colombia

Ospina López, F. A., Rodríguez González, A. & González Guzmán, J.M. (2017). *Comparación de la reglamentación para el manejo de lodos provenientes de agua residual en Argentina, Chile y Colombia* (Documento de trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 227-238

Análisis técnico, socioeconómico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia

Rúa Ramírez, E.B., Barrera Siabato, A. I. & Gómez Ordúz, M. (2017). *Análisis técnico, socioeconómico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia.* (Documento de trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(1), 239-248

Volumen 8 Número 2
julio - diciembre 2017

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Percepción local del componente arbóreo en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia

Sierra Ramírez, E., Andrade Castañeda, H.J. & Segura Madrigal, M.A. (2017). Percepción local del componente arbóreo en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 17-28.

Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia

Molina Benavides, R.A. & Sánchez Guerrero, H. (2017). Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 29-36.

Acuerdos de pesca en los lagos de Tarapoto: alternativa de gestión para los bienes comunes en la Amazonia colombiana

Trujillo Osorio, C., Escobar, L.J. & Trujillo González, F. (2017). Acuerdos de pesca en los lagos de Tarapoto: alternativa de gestión para los bienes comunes en la Amazonia colombiana. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 37-49.

Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofiticas

Peláez Pelaez, M.J. & Vivas Londoño, S.X. (2017). Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofiticas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 51-59.

Technological, economic and environmental evaluation of rice husk gasification in a biorefinery context to produce indirect energy as jet fuel

Jaramillo Obando, J.J. & Arias Suns, A.V. (2017). Technological, economic and environmental evaluation of rice husk gasification in a biorefinery context to produce indirect energy as jet fuel. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 61-70.

Identificación de ácidos grasos y compuestos fenólicos de los aceites extraídos a partir de semillas de Ulex europaeus

Torres Romero, J. C., Ortega Torres, M.J., Rojas Pinzón, D.M., Infante-Betancour, J. & Leal Mejía, L.Y. (2017). Identificación de ácidos grasos y compuestos fenólicos de los aceites extraídos a partir de semillas de *Ulex europaeus*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 71.77.

Caracterización metálica de material particulado PM_{10} en la atmósfera de Fonseca, La Guajira, Colombia

Doria Argumedo, C.J. (2017). Caracterización metálica de material particulado PM_{10} en la atmósfera de Fonseca, La Guajira, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 79-90.

Caracterización y distribución vertical de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y hospederos en ecosistema de selva en sur de Perú

Hurtado Alza, H. A., Orozco Ávila, J. & Betancur Pérez, J.F. (2017). Caracterización y distribución vertical de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y hospederos en ecosistema de selva en sur de Perú. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 91-106.

Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia

Casadiego Quintero, E., Gutiérrez, A.G., Herrera López, M.A. & Villanueva Páez, M.L. (2017). Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 107-118.

Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*)

Marrugo Ligardo, Y.A., Rios-Dominguez, I.C., Martínez Pájaro, C.E., Severiche-Sierra, C.A. & Jaimes Morales, J.C. (2017). Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 119-125.

Viabilidad en la producción de biomasa microalgal partir de fotobioreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia

Ramírez Duque, J.L. (2017). Viabilidad en la producción de biomasa microalgal a partir de fotobioreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 127-140.

Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia

Peñaranda González, L.V., Montenegro Gómez, S.P. & Giraldo Abad, P.A. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 141-150.

Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a)

Molina Zerpa, J. A., Colina Rincón, M., Rincón, D. & Vargas Colina, J.A. (2017). Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 151-165.

Desarrollo de material didáctico multimedia del cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales

Agudelo Varela, O., Bonilla Morales, M.M. & Aguirre Morales, A. C. (2017). Desarrollo de material didáctico multimedia del cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 167-174.

La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual

Vargas Pineda, O.I., Trujillo González, J.M. & Torres Mora, M.A. (2017). La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 175-186

Etnobotánica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia

Galvis Rueda, M. & Torres Torres, M. (2017). Etnobotanica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 187-206

DOCUMENTOS DE TRABAJO

La academia en el pacto intersectorial por la madera legal en Colombia

Díaz Salamanca, W.R. (2017). La academia en el pacto intersectorial por la madera legal en Colombia. (Documento de Trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 207-220.

Caracterización socio-económica del corregimiento la Pampa zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia

Giraldo Paredes, H. (2017). Caracterización socio-económica del corregimiento la Pampa zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia. (Documento de Trabajo). Revista *de Investigación Agraria y Ambiental RIAA,* 8(2), 221-231.

Evaluación del grado de aceptación de las primeras impresiones en potros recién nacidos mejorando el adiestramiento adulto

Díaz Olaya, M.R. & Hernández Naranjo, H.H. (2017). Evaluación del grado de aceptación de las primeras impresiones en potros recién nacidos mejorando el adiestramiento adulto. (Documento de Trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 233-245.

Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo

Marizancén Silva, M.A. & Artunduaga Pimentel, L.A. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. (Documento de Trabajo). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 247-259.

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., Parets, 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 axles. Axles 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 Alcala 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 assinale 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 justifica 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 Engeniiering, 347: 284-287

Artigo com suplemento:
Geraud, G., E.L. Spierings & C. Keywood. 2002. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term usefor 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. VanDorsten (Eds.). 2007. Operative obstetrics. 2nd Ed. McGraw-Hill, New York.

Capítulo do livro:
Meltzer, P.S., A. Kallioniemi & J.M. Trent. 2005. Chromosome alterations in human solid tumors. En: Vogelstein B, FG Kinzler (Eds.). The genetic basis of human cancer. McGraw-Hill, New York, pp. 91-110

Teses e Trabalhos de Pós-Graduação:
Gómez-Alcalde, M.S. 1989 Mortalidad violenta en el Partido Judicial de Alcalá de Henares [tesis doctoral/dissertation]. Alcalá de Henares: Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares.

Internet*:
Collum T. 1997. Supplementation strategies for beef cattle. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A&M University System. Disponible en línea: http://agpublications.tamu.edu/pubs/eanim/b6067.pdf. [Incluya la fecha en que este documento fue consultado].

*Apenas utilize fontes electrónicas que correspondem a publicações sérias, com apoio institucional, cujo conteúdo não possa ser modificado ou eliminado no futuro. Não utilize informação proveniente de páginas comerciais ou sites de opinião.

Nota: Confira se todas as referências citadas no texto aparecem na secção Literatura Citada e vice-versa.

IV. Esclarecimento

Os autores assumem a responsabilidade de devolver à revista as correcções das artes finais (provas) do seu artigo, com a maior brevidade possível. O Comité Editorial toma liberdade de publicar ou não, suplementos para aprovar a publicação de resumos em eventos científicos nacionais e internacionais.

V. Envio dos manuscritos.

Os manuscritos que se encontrem preparados e de acordo com o formato da revista, devem ser enviados como anexo para o e-mail: riaa@unad.edu.co.

Índice Sumativo

VOLUMEN 8 NÚMERO 1 ENERO-JUNIO 2017

Editorial

Reinaldo Giraldo Díaz & Libia Esperanza Nieto Gómez

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona cafetera del Quindío, Colombia

Determination of the risk to the potential erosion by water in the coffee zone of the Quindio, Colombia

A avaliação de risco para o potencial de erosão hídrica na região do café de Quindio, Colombia

Andrés Felipe Castro Quintero, Luz Adriana Lince Salazar, Orlando Riaño Melo, 17-26.

Estimation of the transfer of vascular epiphytes, as a conservation strategy in the municipality of Aguazul, Casanare, Colombia.

Valoración de la transferencia de epífitas vasculares, como una estrategia de conservación en el municipio de Aguazul, Casanare, Colombia

Estimativa da transferência de epífitas vasculares, como estratégia de conservação no município de Aguazul, Casanare, Colômbia.

Javier Orozco Ávila, Argemiro Valencia Marín, Jhon Fredy Betancur Pérez, 27-38.

Liberación ruminal de cuatro fuentes inorgánicas de magnesio por medio de la técnica in situ en ganado holstein en trópico alto

Release ruminal of four inorganic sources of magnesium through the technique in situ in holstein cattle in high tropic

Libertação no rúmen de quatro fontes inorgânicas de magnésio pela técnica in situ em Holsteins elevados trópicos

Wilmer Alfonso Cuervo Vivas, Héctor Jairo Correa Cardona, 39-52.

Cambios en la orientación productiva en el Garbanzo, Irapuato, Guanajuato, México. ¿De chiveros a porcicultores?

Changes in the productive orientation in Garbanzao, Irapuato, Guanajuato, Mexico. From goat producers to pig producers?

Mudanças na orientação produtiva em Garbanzo, Irapuato, Guanajuato, México. ¿De produtores de cabros a produtores de suínos?

Randy Alexis Jiménez Jiménez, Alejandro Martínez Santibáñez, Valentín Espinosa Ortiz, María Camila Rendón Rendón, Luis Manuel Chávez Pérez, 53-62.

Isolamento de lectinas por cromatografia de afinidade

Aislamiento de lectinas por cromatografía de afinidad

Isolation of lectins by affinity chromatography

José Camilo Torres Romero, Myriam Janeth Ortega Torres, Jhon Alexander Infante Betancour, Cicero Antonio Maia Cavalcante, 63-70.

Bioprospección de hongos micorrízicos arbusculares como alternativa para el fortalecimiento del cultivo de aguacate (Persea americana Miller) en Colombia

Bioprospecting of fungi mycorrhizal mycorrhizal as an alternative for the strengthening of the cultivation of avocado (Persea americana Miller) in Colombia

Bioprospecção fungos micorrízicos arbusculares como uma alternativa para fortalecer o cultivo de abacate (Persea americana Miller) na Colômbia

Sandra Patricia Montenegro Gómez, Silvia Eugenia Barrera Berdugo, Carlos Mario Valencia, 71-80.

Friabilidad del suelo: métodos de estimación con énfasis en la determinación cuantitativa de la resistencia al rompimiento

Soil friability: estimation methods with emphasis on the quantitative determination of breaking resistance

Friabilidade do solo: métodos de estimação com um ênfase na determinação quantitativa da força de ruptura

Edgar Álvaro Ávila Pedraza, 81-94.

Marco teórico para la construcción de una propuesta de turismo rural comunitario

Theoretical Framework for the construction of a proposal of rural community tourism

Quadro teórico para a construção de uma proposta para o turismo rural

Martha Cecilia Vinasco Guzmán, 95-106.

Biofiltro con cascarilla de arroz y pasto vetiver (C. Zizanioides) para el tratamiento del efluente de la PTAR del INPEC – Yopal, Casanare, Colombia

Biofilter with rice husk and vetiver grass (C. Zizanioides) for the treatment of effluent from the WWTP of INPEC - Yopal, Casanare, Colombia

Biofiltro com casca de arroz e vetiver (C. Zizanioides) para o tratamento de efluente da PTAR INPEC - Yopal, Casanare, Colômbia

Sandy Katheryne Higuera Infante, 107-118.

Biodegradación estimulada de los suelos contaminados con pesticidas organoclorados

Stimulated degradation of soils contaminated with organochlorine pesticides

Biodegradação do solo estimulou contaminado com pesticidas organoclorados

María Kopytko, Sandra Natalia Correa-Torres, Martha Jhoana Estévez- Gómez, 119-130.

Evaluación de la efectividad de distintas formulaciones de jabón con extracto de Hypericum mexicanum L.

Evaluation of the effectiveness of different formulations of soap with extract of Hypericum mexicanum L.

Avaliação da eficácia de diferentes formulações de sabão com extracto de hipericão mexicanum L.

Diana Carolina Corzo-Barragán, Diana Milena Gaitán-Vaca, 131-138.

Efectos tóxicos del paracetamol en la salud humana y el ambiente

Toxic effects of paracetamol on human health and the environment

Efeitos tóxicos do paracetamol na saúde humana e no ambiente

Rosa Leonor Acevedo-Barrios, Carlos Alberto Severiche-Sierra, José Del Carmen Jaimes Morales, 139-150.

Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación

Contamination of soil and water by hydrocarbons in Colombia. Analysis of phytoremediation as a biotechnology strategy for recovery

Solo e água contaminação por hidrocarbonetos em Colômbia. Análise de fitorremediação como estratégia de recuperação de biotecnologia

Johana Andrea Velásquez Arias, 151-16.

Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia

(PV) photovoltaic hybrid system with interaction to the network to rural areas of Colombia

Sistema híbrido fotovoltaico (FV) com rede de interação para a Colômbia rural

Iván Mauricio Ostos Rojas, Carlos Andrés Collazos Morales, Hermes Enrique Castellanos Acuña, Claudia Patricia Fernández Arévalo, 169-182.

DOCUMENTOS DE TRABAJO

Actividad antimicrobiana de extractos etanólicos de propóleos obtenidos de abejas Apis mellifera.

Antimicrobial activity of ethanol extracts of propolis obtained of bees Apis mellifera

Actividade antimicrobiana de extractos etanólicos de própolis obtido abelha Apis mellifera.

Boris Daniel Velásquez, Sandra Patricia Montenegro Gómez, 183-194.

Análisis de un modelo agroforestal cafetero en el municipio de Valparaíso, Caquetá, Colombia.

Analysis of a coffee agroforestry model in the municipality of Valparaíso, Caquetá, Colombia.

Análise do modelo cafetero agro-florescente no município de Valparaíso, Caquetá, Colômbia.

Ismael Dussan Huaca, 195-204.

Empleo del estropajo común (Luffa cylindrica) en la remoción de contaminantes.

Use of the common sponge (Luffa cylindrica) in the removal of contaminants

Usando a bucha comum (Luffa cylindrica) na remoção de contaminantes.

Ricardo Ignacio Pereira-Martínez, Juan Fernando Muñoz-Paredes, Diego Hernán Peluffo-Ordoñez, 205-216.

Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay

Management of biosolids and its possible application to the soil, case Colombia and Uruguay

Gestão de biossólido e sua possível aplicação ao solo, caso Colômbia e Uruguai

Alexander Rodrigo Melo Cerón, Alejandra Rodríguez González, Juan Manuel González Guzmán, 217-226.

Comparación de la reglamentación para el manejo de lodos provenientes de agua residual en Argentina, Chile y Colombia

Comparison of the regulations for the management of sludge from waste water in Argentina, Chile and Colombia

Regulamentos de comparação para a manipulação de lamas de águas residuais na Argentina, Chile e Colômbia

Fabián Andrés Ospina López, Alejandra Rodríguez González, Juan Manuel González Guzmán, 227-238.

Análisis técnico, socioeconómico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia

Technical analysis, socio-economic and environmental of the electrification with photovoltaics isolated for rural housing in Hato Corozal, Casanare, Colombia

Análise técnica, socioeconômica e ambiental da electrificação solar fotovoltaica para a habitação rural isolada em Hato Corozal, Casanare, Colombia

Edwin Blasnilo Rúa Ramírez, Andrea Isabel Barrera Siabato, Martín Gómez Ordúz, 239-248.

VOLUMEN 8 NÚMERO 2 JULIO - DICIEMBRE 2017

Editorial

Reinaldo Giraldo Díaz & Libia Esperanza Nieto Gómez

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Percepción local del componente arbóreo en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia

Local perception of the tree component in agricultural farms in the dry zone of northern Tolima, Colombia

Percepção local do componente da árvore em fazendas agrícolas na zona seca do norte do Tolima, Colômbia

Erika Sierra Ramírez, Hernán Jair Andrade Castañeda & Milena Andrea Segura Madrigal, 17-28.

Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia

Sustainability of high mountain livestock systems in Colombia

Sustentabilidade dos sistemas bovinos de pecuária de alta montanha na Colômbia

Raúl Andrés Molina Benavides & Hugo Sánchez Guerrero, 29-36.

Acuerdos de pesca en los lagos de Tarapoto: alternativa de gestión para los bienes comunes en la Amazonia colombiana

Fisheries agreements in the Lakes of Tarapoto: alternative management for common goods in the Colombian Amazon.

Acordos de pesca nos lagos de Tarapoto: alternativa de Gestão para os bens comuns na Amazônia Colombiana

Catalina Trujillo Osorio, Liseth Johanna Escobar & Fernando Trujillo González, 37-49.

Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofiticas

Resistance induced to blight disease of rice panicle by inoculating endofiticas bacteria

Resistência induzida à doença da panela do panicol por inoculação de bactérias endofíticas

Manuel José Peláez Pelaez & Sandra Ximena Vivas Londoño, 51-59.

Technological, economic and environmental evaluation of rice husk gasification in a biorefinery context to produce indirect energy as jet fuel

Evaluación tecnológica, económica y medioambiental de la gasificación de la cascarilla de arroz en un contexto de biorefinería para producir energía indirecta como combustible de jet

Avaliação tecnológica, econômica e ambiental da gaseificação da casca de arroz em um contexto de biorrefinagem para produzir energia indireta como combustível para jatos

Juan Jacobo Jaramillo Obando & Angie Vanessa Arias Suns, 61-70.

Identificación de ácidos grasos y compuestos fenólicos de los aceites extraídos a partir de semillas de *Ulex europaeus*

Identification of fatty acids and phenolic compounds of the oils extracted from seeds of Ulex europaeus

Identifiação de ácidos graxos e fenólicos dos óleos extraídos de sementes de Ulex europaeus

José Camilo Torres Romero, Myriam Janeth Ortega Torres, Diana Marcela Rojas Pinzón, Jhon Infante-Betancour & Leslie Yaneth Leal Mejía, 71-77.

Caracterización metálica de material particulado PM_{10} en la atmósfera de Fonseca, La Guajira, Colombia

Metallic characterization of PM_{10} particulate material in the atmosphere of Fonseca, La Guajira, Colombia

Caracterização de metal de partículas PM_{10} na atmosfera de Fonseca, La Guajira, Colômbia

Carlos Julio Doria Argumedo, 79-90.

Caracterización y distribución vertical de epífitas vasculares -orquídeas y bromelias- y hospederos en ecosistema de selva en sur de Perú

Characterization and vertical distribution of vascular epiphytes -orchids and bromeliads- and hosts in rainforest ecosystem in southern Perú

Caracterização e distribuição vertical de epífitas vasculares -orquídeas e bromélias- e hospedeiros em um ecossistema florestal no sul do Perú

Hilber Ariosto Hurtado Alza, Javier Orozco Ávila & Jhon Fredy Betancur Pérez, 91-106.

Manejo estratégico de la producción de residuos estériles de minería sustentable, utilizando prácticas mineras eco-eficientes en Colombia

Strategic management of the production of sterile wastes of sustainable mining, using eco-efficient mining practices in Colombia

Gestão estratégica da produção de resíduos estéreis de mineração sustentável utilizando práticas de mineração eco-eficientes na Colômbia

Efraín Casadiego Quintero, Andrés Giovanni Gutiérrez Bayona, Miguel Ángel Herrera Lopez & Martha Liliana Villanueva Paez, 107-118.

Elaboración de un alimento tipo compota utilizando como espesante el almidón del fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus*)

Elaboration of a compote using as thickener the starch of the Zaragoza bean (Phaseolus lunatus)

Desenvolvimento de um alimento tipo compota usando amido como espessante Zaragoza feijão (*Phaseolus lunatus*).

Yesid Alejandro Marrugo Ligardo, Isabel Cristina Rios-Dominguez, César Enrique Martínez Pájaro, Carlos Alberto Severiche-Sierra & José del Carmen Jaimes Morales, 119-125.

Viabilidad en la producción de biomasa microalgal a partir de fotobioreactores solares en el Valle del Cauca, Colombia

Viability in the production of microalgae biomass from solar photobioreactors in Valle del Cauca, Colombia

Viabilidade na produção de biomassa de microalgas de fotobiorreactores solares no Valle del Cauca, Colômbia

José Luis Ramírez Duque, 127-140.

Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia

Exploitation of agroindustrial waste in Colombia

Exploração de resíduos agroindustriais na Colômbia

Laura Victoria Peñaranda Gonzalez, Sandra Patricia Montenegro Gómez & Paula Andrea Giraldo Abad, 141-150.

Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a)

Effect of the use of chitosan in the improvement of rice cultivation (Oryza sativa L variety sd20a)

Efeito do uso de quitosano na melhoria da cultura do arroz (*Oryza sativa* L. variedade sd20a)

José Alejandro Molina Zerpa, Marinela Colina Rincón, Dianela Rincón & José Alejandro Vargas Colina, 151-165.

Desarrollo de material didáctico multimedia del cultivo de tejidos vegetales con aplicaciones agrarias y ambientales

Development of multimedia teaching material of plant tissue culture with agricultural and environmental applications

Desenvolvimento de material de ensino multimídia de cultura de tecidos de plantas com aplicações agrícolas e ambientais.

Oscar Agudelo Varela, Miguel Macgayver Bonilla Morales & Adriana Carolina Aguirre Morales, 167-174.

La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual

The green economy: a necessary environmental and social change in today's world

A economia verde: uma mudança ambiental e social necessária no mundo de hoje

Oscar Iván Vargas Pineda, Juan Manuel Trujillo González & Marco Aurelio Torres Mora, 175-186

Etnobotanica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia

Ethnobotanical and uses of the plants of the rural community of Sogamoso, Boyacá, Colombia

Etnobotânica e uso de plantas na comunidade rural de Sogamoso, Boyacá, Colômbia

Manuel Galvis Rueda & Manuel Torres Torres, 187-206

DOCUMENTOS DE TRABAJO

La academia en el pacto intersectorial por la madera legal en Colombia

The academy in the intersectoral agreement for legal timber in Colombia

A academia no pacto intersetorial para madeira legal na Colômbia

William Ricardo Díaz Santamaría, 207-220.

Caracterización socio-económica del corregimiento La Pampa zona rural del municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Socio-economic characterization of the corregimiento La Pampa rural area of the municipality of Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Caracterização socioeconômica da área rural La Pampa do município de Palmira, Valle del Cauca, Colômbia.

Holbein Giraldo Paredes, 221-231.

Evaluación del grado de aceptación de las primeras impresiones en potros recién nacidos mejorando el adiestramiento adulto

Evaluation of the degree of acceptance of first impressions in newborn colts improving adult training

Avaliação do grau de aceitação das primeiras impressões em potros recém nascidos, melhorando o treinamento de adultos

María del Rosario Díaz Olaya & Héctor Henry Hernández Naranjo, 233-245.

Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo

Genetic improvement in cattle through artificial insemination and artificial insemination at fixed time

Melhoria genética em bovinos através de inseminação artificial e inseminação artificial em horário fixo

Mayra Alejandra Marizancén Silva & Lucerina Artunduaga Pimentel, 247-259.

Revista de Investigación

Agraria y Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

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