

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

# AGRARIA y Ambiental

Volúmen 3 Número 1



ISSN. 2145 - 6097

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

Bogotá, Colombia. Enero- Junio de 2012

  
UNAD  
Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



# **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**

Volumen 3 Número 1 Enero-Junio 2012 ISSN 2145-6097

# Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Volumen 3 Número 1 Enero-Junio 2012 ISSN 2145-6097

## Cuerpo directivo

### **JAIME ALBERTO LEAL AFANADOR**

Rector UNAD

### **GLORIA HERRERA SÁNCHEZ**

Vicerrectora de Medios y Mediaciones Pedagógicas

### **ELIZABETH VIDAL ARIZABALETA**

Vicerrectora Académica y de Investigación

### **EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ DÍAZ**

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

### **MARÍA PRISCILA REY VÁSQUEZ**

Decana Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

### **LUZ MERY BERNAL PARRA**

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

## **DIRECTOR EDITOR**

Reinaldo Giraldo Díaz (reinaldo.giraldo@unad.edu.co)

## **COEDITORIA**

Libia Esperanza Nieto Gómez (libia.nieto@unad.edu.co)

## **Comité editorial**

### **FLÁVIO VIEIRA MEIRELLES**

Médico Veterinario, Ph.D.  
Universidad de São Paulo

### **NELSON PIRANEQUE GAMBASICA**

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.  
Universidad del Magdalena

### **JUAN JOSÉ SILVA PUPO**

Ingeniero Agrónomo, PhD en Ciencias Agrícolas  
Universidad de Granma, Cuba

### **DAVID ENRIQUEZ ENRIQUEZ**

Ingeniero Agrónomo, MSc y PhD en Ciencias en Botánica Universidad Autónoma de Zacatecas México

### **OSCAR EDUARDO SANCLEMENTE REYES**

Ingeniero Ambiental, MSc, PhD (c) en Agroecología  
Universidad Nacional de Colombia

### **OSCAR EMERSON ZUÑIGA.**

Ingeniero Agrónomo, Mestrando em andamento em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
Universidade Federal de Pernambuco UFPE Brasil.

### **JOSE ALEJANDRO CLEVES**

Ingeniero Agrónomo, MSc en Ciencias Agrarias  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)

### **SAMUEL ZIEM BONYE**

Bachelor of Arts and MPhil in Development Studies, PhD (c)  
University for Development Studies, Ghana

### **BEATRIZ EUGENIA CID AGUAYO**

Socióloga, MSc y PhD en Sociología  
Universidad de Concepción, Chile

### **MARTHA PATRICIA ESPAÑA**

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, MSc, PhD en Ciencias Biológicas  
Universidad Autónoma de Zacatecas México

### **ROLANDO TITO BACCA IBARRA**

Ingeniero Agrónomo, MSc, PhD en Entomología  
Universidad de Nariño

## **Comité científico**

### **HERNÁN JAIR ANDRADE CASTAÑEDA**

Ingeniero Agrónomo, MSc, PhD  
Universidad del Tolima

### **ALVEIRO SALAMANCA JIMÉNEZ**

Ingeniero Agrónomo, PhD (c)  
University of California, Davis

**ELISABETE FIGUEIREDO**

Socióloga, PhD in Environmental Sciences  
University of Aveiro

**HUGO MARTÍNEZ HIGUERA**

Ingeniero Forestal, MsC, PhD en Biología  
Universidad del Tolima

**PEDRO EMILIO MONDINO HINTZ**

Ingeniero Agrónomo, PhD en Agronomía.  
Universidad de la República – Uruguay

**JUAN JAIRO RUÍZ ROJAS**

Ingeniero Agrónomo, MsC, PhD, Postdoctoral  
Associate, Crop Molecular Genetics  
Virginia Polytechnic Institute and State University,  
Blacksburg, Virginia, USA

**Revisor de estilo lengua inglesa**

**ADOLFO LEÓN RESTREPO.**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

**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

INFORMACIÓN, CORRESPONDENCIA,  
SUSCRIPCIONES Y CANJE REVISTA DE  
INVESTIGACION 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) 3443700 ext. 1405, 1408  
e-mail: riaa@unad.edu.co

La revista puede consultarse en su versión electrónica  
en <http://www.unad.edu.co/riaa/>

Periodicidad: semestral

FOTOGRAFÍA DE LA PORTADA: Reserva Ambiental  
“Los Genaros”, en la vereda San Juan - San Marcos,  
de Santa Rosa de Cabal (Risaralda). Tomada por  
Álvaro Quiceno Martínez.



# Presentación

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

## Misión

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

## Público al que se dirige

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

## Periodicidad

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

# ÍNDICE

## Editorial

Reinaldo Giraldo Díaz 10

---

### **Percepción de apicultores de las plantas melíferas del bosque seco de la Línea Noroeste, República Dominicana**

Perception of beekeepers about the melliferous plants from the Dry Forest of the Northwest, Dominican Republic.

Thomas May & Sesar Rodríguez

15

---

### **Eficacia de cepa nativa de *Bacillus subtilis* como agente supresor del nematodo del nudo *Meloidogyne spp* en cultivo de *Capsicum annum* “ají pimiento piquillo”**

Effectiveness of the native strain of *Bacillus subtilis* as a suppressant agent of the nematode *Meloidogyne spp* knot in cultures of *Capsicum annum* “piquillo pepper chili”

Nancy Mercedes Soto Deza, Segundo Eloy López Medina & César

Augusto Murguía Reyes

25

---

### **Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*)**

Energy balance analysis of different agroecological management systems of the soil in the cultures of maize (*Zea mays L.*)

Oscar Eduardo Sanclemente Reyes, Carlos Omar Patiño Torres & Liliana Rocío Beltrán Acevedo

41

---

### **Efecto de 4 niveles de sombra en la germinación de *Oreopanax floribundum* en condiciones de vivero**

Effect of four levels of shade on *Oreopanax floribundum* germination, in nursery conditions

Carmen Rosa Montes-Pulido, Jorge Alexander Silva & Jorge Rondón

47

---

### **Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físico-químicas del suelo**

Interrelation between the content of secondary metabolites of species *Gliricidia sepium* and *Tithonia diversifolia* and some physicochemical properties of soil

Luz Elena Santacoloma Varón & Jairo Enrique Granados

53

---

### **Estructura y composición florística del bosque ribereño subandino de la subcuenca de Yumbillo, Yumbo (Valle del Cauca)**

Structure and floristic composition of the sub-Andean coastal subbasin Yumbillo, Yumbo (Valle del Cauca)

Carlos Gustavo Chaves Campo & Shirley Andrea Rodríguez Espinosa

63

---

**Niveles de fragilidad potencial para erosión y deslizamiento en los suelos del municipio de Ibagué-Tolima**

Potential fragility levels to erosion and landslides in soils of Ibagué municipality – Tolima

Julián Leal Villamil & Luis Alfredo Lozano Botache

67

**Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano**

Regulating ecosystem services: trends and impact on human welfare

Jorge Armando Fonseca Carreño, Emma Sofía Corredor Carmargo & Edwin Manuel Páez Barón

77

**Reflexiones ante los indicadores de desarrollo y desafíos ambientales**

Reflections on development indicators and environmental challenges

Oscar Emerson Zuñiga

85

**Política de educación ambiental en Colombia, 2002-2010**

Environmental education policy in Colombia, 2002-2010

Miguel Ezequiel Badillo Mendoza

89

**Instrucciones para los autores**

97

## EDITORIAL

Celebramos, con la publicación de este número, tres años de inicio del proyecto editorial de RIAA. Es muy gratificante mirar cómo se ha posicionado en el ámbito científico y académico nacional e internacional. En el último año RIAA ha sido indizada en **e-revistas**, plataforma Open Access de Revistas Científicas Electrónicas Españolas y Latinoamericanas impulsada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el fin de contribuir a la difusión y visibilidad de las revistas científicas publicadas en América Latina, Caribe, España y Portugal; **Dialnet**, base de datos de acceso libre, creada por la Universidad de La Rioja (España), que difunde producción científica hispana; **Publindex**, 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 en Colombia y 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; **Latindex**, Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, producto de la cooperación de una red de instituciones que funcionan de manera coordinada para reunir y diseminar información bibliográfica sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en la región. RIAA fue evaluada por el Comité de Selección, siendo aceptada para su análisis e inclusión en la base de datos **Periódica**. Finalmente, pero no por ello en último lugar, resaltamos que la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, celebró un Convenio de Licenciamiento de contenidos con **EBSCO**, con el cual se formaliza la indización de RIAA en esta prestigiosa base de datos.

RIAA no sólo fomenta 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, sino que logra una mejor posición de calidad, así como una mayor visibilidad internacional. Contando con el apoyo de autores, evaluadores y demás colaboradores de RIAA, seguiremos trabajando en el fortalecimiento y posicionamiento de este proyecto editorial.

**Reinaldo Giraldo Díaz**  
Director-Editor

# EDITORIAL

With the publication of this issue, we celebrate three years since the start of this publishing project of RIAA. It is very rewarding to look how the scientific and academic scopes have been positioned nationally and internationally.

In the last year RIAA has been indexed in e-journals, Open Access platform of Electronic Scientific Spanish and Latin American Journals driven by the Scientific Research Council (CSIC) to contribute to the diffusion and visibility of journals published in Latin America, Caribbean, Spain and Portugal; Dialnet, free access database, created by the University La Rioja (Spain), which spreads scientific Hispanic production; Publindex, National Bibliographic Database – BBN Publindex, which is part of the National System of Indexing and which approval is conducted by the Administrative Department of Science, Technology and Innovation; Colciencias in Colombia and the information is constituted by journals composed of CT+I on production, where it is visible to query bibliographic online information collecting documents to summary level; Latindex, Regional System of Online Information for Scholarly Journals in Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal, product gotten from the cooperation of a network of institutions that operate in a coordinated mode to collect and spread bibliographical information literature on scientific serial publications produced in the region.

RIAA was evaluated by the Selection Committee and was accepted for its analysis and Inclusion in the Periodic database. Finally, but not last, we emphasize that the Open and Distance National University, held a Content Licensing Agreement with EBSCO, formalizing the RIAA indexing in this prestigious database.

RIAA not only fosters communication and collaboration between national and international researchers through disclosure and transfer of knowledge related to agricultural sciences and the environment, but achieves better quality position and an international visibility. With the support of authors, reviewers and other contributors to RIAA, we will continue to work on strengthening and positioning this editorial project.

**Reinaldo Giraldo Díaz**  
Chief-Editor

## 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.



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.



EBSCO ofrece un repositorio 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.



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

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



La 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.



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



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.



# Percepción de apicultores sobre la importancia apícola de las plantas melíferas del bosque seco de la Línea Noroeste (República Dominicana)

## Perception of beekeepers about the melliferous plants from the Dry Forest of the Northwest (Dominican Republic).

<sup>1</sup>Thomas May, <sup>2</sup>Sesar Rodríguez

<sup>1</sup>Biólogo; doctor en ciencias naturales. <sup>2</sup>Ingeniero agrónomo; máster en ciencias ambientales.

Jardín Botánico Nacional Santo Domingo (JBSN), República Dominicana.

<sup>1</sup> Fundación para el Desarrollo Azua, San Juan y Elías Piña (FUNDASEP), c/San Juan Bautista 49, San Juan de la Maguana (República Dominicana). <sup>2</sup> Consorcio Ambiental Dominicana (CAD), Santo Domingo (República Dominicana).

<sup>1</sup>may\_gutierrezr@yahoo.es, <sup>2</sup>sesar\_rodriguez@hotmail.com,

### Resumen

Se estudiaron la flora melífera y su floración en la zona del bosque seco subtropical de la Línea Noroeste, de República Dominicana. Se aplicó una encuesta a 30 apicultores locales, así como 4 entrevistas semiestructuradas, sobre plantas de importancia para la actividad apícola. Se calificaron las plantas según su importancia; mediante observación, se confirmaron en campo las visitas de las abejas a las especies observadas y se consultó información secundaria sobre fechas de floración y características melíferas, información secundaria, y se aplicó el índice de Jaccard para determinar el grado de similitud entre el conjunto de las plantas mencionadas por los apicultores y las observadas en el campo. La coincidencia, relativamente buena, entre las plantas identificadas por los apicultores y las plantas en las que se observaron visitas de abejas en el campo confirma la validez del método. La mayoría de las plantas identificadas como melíferas son silvestres y pertenecen a la vegetación del bosque seco. Hay un período de floración abundante de marzo a junio y un período de escasez de septiembre a diciembre. Se recomienda la conservación de áreas significativas de bosque seco y de manglares en las áreas costeras, así como el establecimiento de cercas vivas y otros sistemas agroforestales en el paisaje agrícola, que tengan en cuenta especies arbóreas relevantes para la apicultura, con floración complementaria.

**Palabras clave:** Flora apícola, fenología de floración, investigación participativa, manejo de recursos naturales.

### Abstract

The melliferous flora honey and its flowering in the subtropical dry forest area of the Northwest, of the Dominican Republic were studied. A survey of 30 local beekeepers as well as four semi-structured interviews on important plants for beekeeping were applied. Plants were scored according to their importance by observation is confirmed in the field visits bees species observed and consulted information secondary on flowering dates and features honey, secondary data, and applied the index Jaccard to determine the degree of similarity between the set of the plants mentioned by beekeepers and observed in the field. Coincidence, relatively good, between the plants identified by beekeepers and plants were observed in the bee visits the field confirms the validity of the method. Most plants are identified as wild honey and belong to the dry forest vegetation. There is a period abundant flowering from March to June and a period shortages from September to December. Recommended conservation of significant areas of dry forest and of mangroves in coastal areas, and the establishment of hedges and other agroforestry systems in the agricultural landscape, which take into account tree species relevant to beekeeping, with additional flowering.

**Keywords:** bee flora, flowering phenology, research participatory natural resource management.

## Introducción

En República Dominicana hay 2 áreas pertenecientes a la zona de vida de bosque seco subtropical, según el sistema de Holdridge (1982), localizadas en el noroeste y en el suroeste del país. La condición climática está relacionada con su ubicación a barlovento de cadenas montañosas; en algunas partes se registran precipitaciones medias anuales de cerca de 500 mm (Lora *et al.*, 1983). En la actualidad la vegetación boscosa en dichas áreas alcanza 3677,4 km<sup>2</sup>, correspondientes al 7,6% de la superficie del país y al 27,7% del área cubierta por bosques (Tolentino y Peña, 1998).

Los principales usos de la vegetación de bosque seco en República Dominicana son la crianza extensiva de chivos, y, en menor medida, de ovejas y vacas; también, la producción de carbón y la apicultura (Jennings y Ferreiras, 1979). Desde 1990 en la zona de bosque seco del noroeste del país, llamada Línea Noroeste, se observa un avance de la agricultura de regadío y de la cría de ovejas en pastizales sembrados, lo cual provoca una reducción en el área de bosque. Como la productividad biológica de esta área es limitada por las condiciones climáticas, la apicultura puede constituirse en una alternativa creciente que no conlleva alteración de la vegetación o de la regeneración natural de los árboles, sin extracción ni destrucción masiva de la biomasa (García y Alba, 1986).

Para la evaluación de plantas melíferas se recomienda tener en cuenta el *consensus apicultorum*, u opinión de los apicultores, así como los métodos de la melisopalinología, la observación de plantas visitadas por abejas, los cambios de peso de colmenas y las medidas de secreción de néctar en las flores (Berner, 1979; Chemas y Rico-Gray, 1991; Porter-Bolland, 2003). Otras perspectivas también tienen en cuenta que el conocimiento puede generarse a partir de encuestas a apicultores y técnicos (May *et al.*, 2008), al igual que confirmaciones a través de observaciones de campo de visitas de abejas y entrevistas semiestructuradas (Geilfus, 2002).

A partir de las experiencias de apicultores, esta investigación describe y analiza la flora melífera de la zona de bosque seco del noroeste de la República Dominicana.

## Métodos

Se encuestó a 29 apicultores de la Asociación de Apicultores de la Línea Noroeste, de Villa Vázquez (Provincia de Monte Cristi, República Dominicana), y a un apicultor no asociado, pero radicado en la zona, sobre las plantas melíferas. Se distinguieron y se calificaron 3 clases de plantas: muy importantes (3 puntos), importantes (2 puntos) y no tan importantes (1 punto). Los apicultores podían mencionar tantas plantas diferentes como ellos consideraran. Para confirmar la importancia de estas plantas para las abejas se observó en el campo la visita a las flores, durante el período abril de 2004-abril de 2005, y se consultó información secundaria al respecto (Marcano, 1974).

Como las plantas reconocidas por los apicultores corresponden a nombres locales, la denominación científica se basó en la identificación conjunta por investigadores y apicultores, la comparación de muestras de plantas recogidas en el campo con pliegues de herbario en el Jardín Botánico Santo Domingo, y citas en la literatura (Marcano, 1974; Hernández, 1978; Liogier, 2000). Algunas plantas mencionadas por los apicultores no se pudieron identificar por su nombre científico, dadas la dificultad para su observación en el campo y la escasez de referencias bibliográficas. Las épocas de floración se determinaron con base en observaciones de campo en un ritmo mensual e informaciones de Marcano (1974) y Hernández (1978).

Para determinar el grado de similitud entre el conjunto de las plantas mencionadas por los apicultores y las observadas en el campo, se aplicó el índice de Jaccard= $a/(a + b + c)$ , donde *a* representa el número de especies en común; *b*, el número de especies en el primer conjunto, y *c*, el número de especies en el segundo conjunto (Jaccard, 1908).

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a cuatro apicultores de la zona sobre: 1) características de floración de las plantas (horas del día, duración, relación con las precipitaciones); 2) tipos de mieles producidas en determinadas épocas y lugares (color, sabor, probable procedencia floral); 3) cambios de la floración durante las últimas tres décadas, y sus posibles causas; y 4) aspectos generales del manejo de las colmenas, como traslados periódicos y necesidades de alimentación artificial.

## Resultados

La totalidad de los apicultores tenían establecidos sus apiarios en 9 municipios de la zona de bosque seco de la Línea Noroeste. En total, ellos citaron 51 plantas, y el número de plantas mencionadas por agricultor varió entre 1 y 19. Hubo 6 plantas a las cuales no se pudo determinar por especie, género o familia, lo que equivale al 11,8 % del total de plantas mencionadas y al 4,9% del total de las citas.

Las abejas visitaron con regularidad 41 plantas (el 80,4% de las mencionadas, el 89,2% de las citas y el 92,1% de las citas ponderadas por la importancia que les asignan los apicultores) (Tabla 1). Las especies *Acacia macracantha* (aroma), *Azidarachta indica* (nim), *Samanea saman* (samán) y *Stigmatophyllon periplocifolium* (cascarita o bejuco amarillo) (cascarita, bejuco amarillo) no se consideraron de interés apícola, porque fueron visitadas esporádicamente (2 visitas/10 días de observación) y con baja intensidad (una abeja/10m<sup>2</sup>) (Tabla 2). Otras 5 especies no fueron mencionadas por los apicultores de la zona, pero durante los recorridos en campo fueron visitadas por las abejas (Tabla 3).

**Tabla 1. Especies de interés apícola mencionadas por los apicultores**

Nombre común	Nombre científico	Meses de floración	N	IP	TB	Amb.
Cambrón	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	1 – 6	30	81	A	BS
Santa María	<i>Croton chaetodus</i> Urb.	2 – 7	17	43	Ar	BS
Cayuco	<i>Steneocereus hystrix</i> (Haw.) Buxbach	5 – 7	14	36	A	BS
Guatapanal	<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq) Willd.	7 – 10	11	28	A	BS
Campanilla	<i>Convolvulaceae</i> (diferentes especies)	10 – 12	10	25	L	Bo
Vinagrillo	<i>Cissus trifoliatus</i> L.	3 + 4, 8 + 9	7	20	L	Bo
Limoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	4 + 5	7	16	A	C, BS
Paria, barilla	<i>Hibanthus havanensis</i> Jacq.	4 + 5	6	18	Ar	BS
Tremolina	<i>Corchorus hirsutus</i> L.	2 – 5	6	13	Ar	BS
Alpargata	<i>Consolea moniliformis</i> (L.) Britt.	5 – 7	5	11	Ar	BS
Escobón, arrayán	<i>Eugenia maleolens</i> Pers.	5 – 9	5	11	A	BS
Campeche	<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	11 – 2	4	12	A	BS
Frijolito	<i>Capparis</i> spp.	2 – 7	4	7	A	BS
Almácigo	<i>Bursera simarrouba</i> (L.) Sarg.	3	3	9	A	BS
Bejuco de indio	<i>Gouania</i> sp.	10 + 11	3	9	L	Bo, BS
Sopaipo	<i>Zizyphus reticulatus</i> (Vaho) DC	4 + 5	3	7	A	BS
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	6 + 7	3	7	A	C
Candelón	<i>Acacia scleroxyla</i> Russ.	4 + 5	2	6	A	BS
Juan Prieto	<i>Cordia globosa</i> (Jacq.) HBK	4 – 9	2	6	Ar	BS
Pega palo	<i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A. Gentry	4 + 5, 8 + 9	2	6	L	BS
Mangle prieto	<i>Avicennia germinans</i> L.	5 – 8	2	6	A	M
Bejuco de costilla	<i>Serjania polyphylla</i> (L.) Radlk.	6 – 8	2	5	L	Bo, BS
Cinazo	<i>Pithecellobium circinale</i> (L.) Benth.	1 – 5	2	5	A	BS
Guayacán	<i>Guaiacum officinale</i> L.	1 – 5	2	5	A	BS
Vidrio	<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	3 + 4	2	5	H	S
Palo de burro	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	4 – 8	2	4	Ar	BS
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	6 – 9	2	3	H	C
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	1 – 3	2	3	A	C
Tuna	<i>Opuntia</i> sp.	5 – 8	2	2	Ar	BS
Quina	<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) R. y S.	5 – 12	1	3	Ar	BS
Palo blanco	<i>Thouinia</i> sp.	8 – 9	1	3	A	Bo
Jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	3 – 6	1	3	A	BS, BT
Cana (“canilla”)	<i>Sabal domingensis</i> Mart.	6 + 7	1	3	A	BS, C
Penda	<i>Cornutia pyramidata</i> L.	5 – 9	1	3	Ar	BS
Cabuya	<i>Agave</i> sp.	9 – 2	1	2	H	C

Jina	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	9 – 4	1	2	A	BS
Bejuco de grajo	<i>Sarcostema clausum</i> (Jacq.) Roem. et Schult	3 – 5	1	2	L	Bo
Gri-gri	<i>Bucida buceras</i> L.	2 – 8	1	1	A	M
Caya	<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	12 – 6	1	1	A	BT
Baitoa	<i>Phyllostylon brasiliense</i> Capanema	4	1	1	A	BS
Banana	<i>Musa</i> sp.	1 – 12	1	1	H	C

N: número de veces que la especie fue mencionada.

IP: importancia ponderada (ponderación: *muy importante*=3; *importante*=2; *no tan importante*=1).

TB: tipo biológico (A=árbol; Ar=arbusto; L=liana; H=herbácea).

Amb.: ambiente (BS=bosque seco; BT=bosque de transición; Bo=bordes de caminos y arroyos; C=cultivos; M=manglares; S=saladares).

**Tabla 2. Plantas con interés apícola desconocido o dudoso, mencionadas por los apicultores**

Nombre común	Nombre científico	Floración	N	IP	TB	Amb.
		(meses)				
Cascarita	<i>Stigmatophyllum periplocifolium</i> Juss.	6 – 10	4	9	L	BS
Aguacero blanco	Desconocido		4	8	Ar	BS
Palo amargo	Desconocido		3	8	A	BS
Aspartillo	Desconocido		2	3	H	BS
Samán	<i>Samanea saman</i> (Willd.) Merrill	6 – 9	2	3	A	C
Carga agua	Desconocido		2	2	Ar	BS
Aroma	<i>Acacia macracantha</i> (Willd.) H. y B.	5 – 9	1	1	A	BS
Nim	<i>Azidarachta indica</i> Juss.	4 – 6	1	1	A	C
Lengua de vaca	Desconocido		1	1	Ar	
Batatilla	Desconocido		1	1	L	

**Tabla 3. Plantas visitadas por abejas, pero no mencionadas por los apicultores**

Nombre común	Nombre científico	Floración	TB	Amb.
		observada (meses)		
Chicharrón	<i>Casearia ilicifolia</i> Vent.	4, 5	Ar	BS
Uvero de sierra	<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	4, 5	A	BS, BT
Guaconejo	<i>Amyris balsamifera</i> L.	8-10	A	BS
(Desconocido)	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speng.	7-9	A	BS, BT
Cepú	<i>Mikania micrantha</i> Kunth.	11, 12	L	Bo

Las especies *Prosopis juliflora* (cambrón), *Croton chaetodus* (Santa María), *Stenocereus hystrix* (cayuco), *Caesalpinia coriaria* (guatapanal) y campanilla (*Convolvulaceae* spp.) fueron las más mencionadas por los apicultores (12,2 %), referidas como de relevancia para las abejas en 32 citas (18,4%), y con una suma de puntuación de 82 (18,9%) en los valores ponderados por los valores de importancia (muy importante, importante, no tan importante).

De las 41 especies confirmadas como relevantes para las abejas, 6 (14,6%) son cultivos agrícolas, lo cual corresponde al 9,2% de las citas y al 7,4% de las citas ponderadas según la importancia asignada por los apicultores. Entre ellas están los árboles frutales mango (*Mangifera indica*), tamarindo (*Tamarindus indica*) y limoncillo (*Melicoccus bijugatus*). Entre las 10 plantas más mencionadas por los apicultores se encuentra una sola especie cultivada, el limoncillo (*M. bijugatus*), que en algunas partes se halla de forma silvestre en la vegetación de bosque seco.

Como pertenecientes a vegetación de bosque seco se destacan 26 plantas (el 63,4% de las plantas, el 74,1% de las citas y el 75,6% de las citas ponderadas por la importancia asignada), incluyendo un árbol propio del bosque de transición (*Sideroxylon foetidissimum*) y arbustos de los matorrales de áreas alteradas de bosque seco (*Croton chaetodus*, *Corchorus hirsutus*).

De las plantas estudiadas, 6 (el 14,6% de las plantas, el 13,8% de las citas y el 14,7% de las citas ponderadas), entre ellas 5 lianas, se encuentran en los bordes de arroyos y bosques, aunque también se las observa ocasionalmente en el interior del bosque seco.

Hay 2 plantas (el 4,9% de las plantas, el 1,7% de las citas y el 1,6% de las citas ponderadas) que pertenecen a la vegetación azonal de manglares (*Avicennia germinans*, o mangle prieto, y *Bucidas bucera*, o gri-gri), y una planta (el 2,4% de las plantas, el 1,1% de las citas y el 1,2% de las citas ponderadas), el vidrio (*Sesuvium portulacastrum*), es de saladares.

El índice de Jaccard, para la similitud entre el conjunto de especies mencionadas por los apicultores y el de las especies en las que se observaron visitas de abejas, es de 0,84 si de todas las especies mencionadas donde no se observaron visitas de abejas se confirma que sí son visitadas, y de 0,73, si en ninguna de estas especies se confirma la visita de abejas.

Al tomar mensualmente el número de especies en flor, la curva de la floración muestra un periodo de abundancia de marzo a agosto, y un periodo de escasez de octubre a diciembre, con fases transicionales en septiembre y enero-febrero (Figura 1, A).

Ponderando las especies con el número de veces que fueron mencionadas, se observa un periodo de abundancia de febrero a julio, un periodo de escasez de octubre a diciembre y fases transicionales en enero y agosto-septiembre (Figura 1, B).

Ponderando las especies con el número de veces que fueron mencionadas, y multiplicado ello por la puntuación asignada por los apicultores según su importancia, la curva muestra las mismas épocas de abundancia y escasez que en el caso anterior (Figura 1, C).

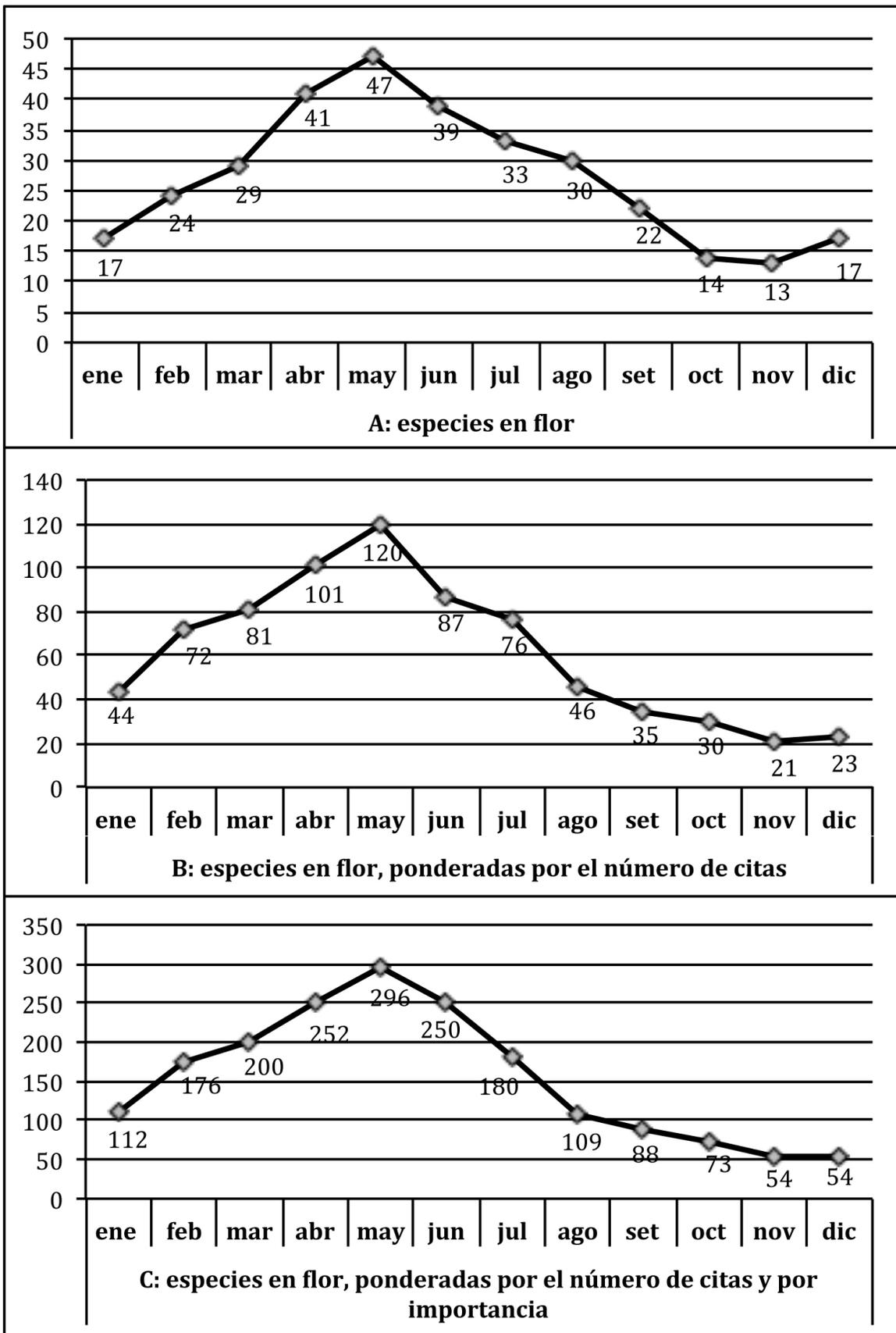


Figura 1: Curvas de floración. A: número de especies en flor, B: número de especies en flor, ponderadas por el número de citas, C: número de especies en flor, ponderadas por el número de citas y la importancia asignada

Según las informaciones de los cuatro apicultores entrevistados, la época de cosecha generalmente comienza en febrero-marzo y termina en julio. Tres de los apicultores mencionaron un descenso en los rendimientos de las colmenas durante las últimas dos décadas, y lo atribuyeron al deterioro de las condiciones ambientales por la conversión de muchos terrenos a parcelas de uso agropecuario, lo que genera una reducción de la superficie boscosa y una disminución de las poblaciones de guatapanal (*Caesalpinia coriaria*). Además, mencionaron el aumento de la presencia de “gallitos” (epifitas bromeliáceas epifíticas) en las ramas de *C. coriaria*, y de las cuales creen que se trata de plantas parasíticas.

La mayor parte de la miel cosechada en la zona es de color amarillo claro, y eso es atribuido por los apicultores a la flor del cambrón (*Prosopis juliflora*). Según los apicultores, las cosechas de miel de dicha especie dependen de las lluvias que caen durante la época de floración (febrero-junio). Por otro lado, las lluvias prolongadas durante la floración pueden perjudicar las flores de *Prosopis*, y así, reducir los rendimientos.

Durante determinados periodos del año, en varios lugares se cosechan mieles de otros colores y sabores. Entre ellas se destaca una miel oscura cosechada en julio, y cuya coloración es atribuida al cayuco (*Stenocereus hystrix*). Algunos apicultores aseguran que existen lugares donde se puede cosechar miel floral de Campeche (*Haematoxylon campechianum*), considerada de alta calidad. Esta floración es muy atractiva para las abejas y se produce de noviembre a febrero, antes de la floración de *Prosopis*.

Los apicultores informan que el mangle prieto (*Avicennia germinans*), abundante en manglares cerca de la costa, proporciona miel en julio y agosto, después de la temporada principal. Uno de ellos considera que en la proximidad de dichos manglares, y a diferencia de otros apiarios del área, las colmenas continúan manteniéndose en buen estado alimenticio después de la floración de *Avicennia germinans*, sin necesidad de proporcionar alimento durante el período de escasez que le sigue a esta época.

En cuanto a las especies almácigo (*Bursera simarrouba*) y baitoa (*Phyllostylon brasiliense*), a pesar de ser comunes en la zona y de que las flores son visitadas de forma intensa por las abejas, los 4 apicultores entrevistados no las consideraron importantes para la apicultura, dada la brevedad de su floración, que dura menos de un mes, y, a veces, menos de 15 días.

Un apicultor consideró el frijolito (*Capparis* sp.) de importancia para el mantenimiento de las colmenas, ya que las abejas acuden a sus flores durante períodos transitorios de escasez relativa, cuando ni *Prosopis juliflora* ni otras especies ofrecen néctar, por falta de lluvias durante la floración.

Ninguno de los apicultores entrevistados realiza traslados periódicos de colmenas, siguiendo el ritmo anual de la flo-

ración. En todos los apiarios, a excepción del apiario en la proximidad de un manglar con *Avicennia germinans*, se alimenta a las abejas con jarabe durante la estación de escasez.

## Discusión y conclusiones

Los altos porcentajes de especies mencionadas por los apicultores donde se confirmó por observación la visita de abejas, así como los altos valores del índice de Jaccard, indican que el método de encuestas con apicultores fue válido con el fin de obtener un listado aproximado de las plantas relevantes para la apicultura en la zona.

Las entrevistas semiestructuradas permitieron obtener informaciones sobre los criterios de los apicultores a la hora de valorar las diferentes especies relevantes para la apicultura, la forma de manejar las colmenas y los problemas percibidos por ellos en cuanto a cambios de vegetación y sus impactos. Además, se obtuvieron informaciones acerca del tipo de mieles que se cosechan en la zona, las cuales se pueden confirmar posteriormente a través de análisis exactos, como estudios melisopolinológicos y fisicoquímicos.

El número real de especies, con seguridad, es más alto que las 51 plantas mencionadas con sus nombres comunes por los apicultores, pues en algunos casos el mismo nombre común se refiere a varias especies del mismo género o de la misma familia. Una gran parte de las respuestas de los apicultores se concentran en un número relativamente reducido de plantas.

El predominio de especies silvestres de bosque seco y la proporción, relativamente baja, de cultivos agrícolas coinciden con los resultados de May *et al.* (2008) para la zona de vida de bosque seco en República Dominicana, y contrasta con la situación en la zona de bosque húmedo del país (May, 2002; May *et al.*, 2008).

Las épocas de cosecha de miel coinciden mejor con las curvas de floración cuando estas se construyen con datos ponderados, tomando en cuenta parámetros de frecuencia y de importancia de las plantas visitadas por las abejas (Figura 1, B y C), aunque la diferencia no es muy pronunciada. Esto indica que es conveniente tomar en cuenta dichos parámetros para evaluar el potencial apícola de la zona.

El comportamiento fenológico del conjunto de las especies, con un período de floración abundante de febrero a julio y un período de escasez de septiembre a diciembre, coincide con los resultados para la zona de bosque seco en República Dominicana de May *et al.* (2008), y contrasta con el comportamiento de las especies de interés apícola de la zona de bosque húmedo, donde se observa un pico principal de la floración de febrero a abril, y un período de escasez de mayo-junio a septiembre. En los bosques de La Montaña, en la península de Yucatán (México), de con-

diciones climáticas más húmedas que en la zona de bosque seco de la Línea Noroeste, pero con períodos de sequía y humedad marcados, Porter-Bolland (2003) encontró un patrón fenológico similar en la floración de las plantas de interés apícola, con un período de abundancia finalizando el periodo seco y comenzando el período de lluvia.

Las curvas fenológicas de floración de especies de interés apícola concuerdan con la afirmación de los apicultores de que la disminución o el mal estado sanitario de las poblaciones del guatapanal (*Caesalpinia coriaria*) tienen consecuencias negativas sensibles para el potencial apícola de la vegetación de bosque seco de la zona, pues la floración de *Caesalpinia* (julio-octubre) coincide con el final del período de abundancia y el inicio del período de escasez. Los datos de García y Alba (1986) indican que *Caesalpinia coriaria* era durante la primera mitad de la década de 1980 una de las especies más abundantes en el bosque seco de la Línea Noroeste, mientras Castillo *et al.* (2007) señalaron que las poblaciones dominicanas de dicha especie están afectadas por la destrucción de su hábitat y por prácticas insostenibles de extracción.

Aunque las especies mangle prieto (*Avicennia germinans*), de zonas costeras, y gri-gri (*Bucida buceras*), asociada a manglares, fueron mencionadas rara vez, las curvas fenológicas también resaltan el interés potencial de ambas especies, porque sus floraciones (julio-agosto) coinciden con la disminución general de la floración. En el mismo sentido son importantes varias especies de árboles y arbustos de bosque seco, como el arrayán o escobón (*Eugenia maleolens*) y la quina (*Exostema caribaeum*), las lianas bejuco de costilla (*Serjania polyphylla*) y bejuco de indio (*Gouania lupuloides*), además del guaiacón (*Guaia-cum officinale*), que comienza su floración hacia finales de la época de escasez.

Las lianas vinagrillo (*Cissus trifoliatus*), con dos floraciones, durante el período de abundancia (marzo-abril) y a inicios del período de escasez (agosto-setiembre), y la campanilla (*Convolvulaceae*), con floración de octubre a diciembre, fueron mencionadas más a menudo. Otras especies atractivas para las abejas con floración fuera de la época principal corresponden al campeche (*Haematoxylon campechianum*) y la jina (*Pithecellobium dulce*). La presencia de *Haematoxylon* se redujo por la fuerte explotación de su madera para la elaboración de un colorante, durante las primeras décadas del siglo XX (Rodríguez, 1996).

Las áreas de vegetación silvestre –manglares, bordes de ríos y arroyos, bosques secos con presencia de *Caesalpinia*, *Guaia-cum* y *Haematoxylon*, y sitios con abundancia de lianas, como *Serjania polyphylla* y *Gouania lupuloides*– merecen protección, desde el punto de vista de la apicultura. Sin embargo, la rentabilidad de la agricultura irrigada y la necesidad de producir arroz y otros productos alimentarios para mantener buenos niveles de seguridad

alimenticia en el país plantean dificultades a la conservación de grandes extensiones de bosques en tierras con buen potencial para la agricultura. En pro de conservar de la mejor forma posible el potencial de la vegetación para la apicultura en la zona es recomendable introducir especies arbóreas de interés apícola en las áreas de cultivos y pastos, en forma de cercas vivas u otros sistemas agroforestales.

Una práctica agroforestal de buena aceptación en Centroamérica y el Caribe es el establecimiento de cercas vivas en parcelas agrícolas y pastizales (Current *et al.*, 1995). Desde el punto de vista de la apicultura, es recomendable utilizar en tales cercas vivas especies de floración complementaria atractivas para abejas. Las especies cuya época de floración se encuentra total o parcialmente durante la época de escasez, como *Caesalpinia coriaria*, *Guaia-cum officinale*, *Haematoxylon campechianum* y *Thouinia* sp., merecen especial atención.

La recuperación de las poblaciones de *Haematoxylon*, más comunes en la zona antes de la explotación masiva para madera tintorera a principios del siglo XX, sería una medida muy favorable a la apicultura. En cambio, la especie más mencionada como importante para la apicultura, el cambrón (*Prosopis juliflora*), no necesita medidas especiales de conservación, pues abunda en la zona y es muy colonizadora (Pasiiecznik, 2001) y capaz de invadir rápidamente espacios baldíos, desprovistos de vegetación arbórea.

Para confirmar la posibilidad de producir en la zona mieles florales de campeche (*Haematoxylon campechianum*), cayuco (*Stenocereus hystrix*), mangle prieto (*Avicennia germinans*) y, posiblemente, de otras especies, sería interesante emprender más investigaciones apibotánicas, incluidos estudios melisopalínológicos, fisicoquímicos y de características sensoriales.

En Cuba se producen mieles monoflorales de *Avicennia germinans*, que fueron clasificadas a partir de características fisicoquímicas (Escobar y Manresa, 2005). Por otra parte, aunque en una zona de manglares en Nicaragua, con *Avicennia germinans*, asociada a *Rhizophora* sp. y *Laguncularia racemosa*, la producción de miel fue relativamente baja (10-15 kg/colmena) (Ammour, 1999), cabe destacar que no se realizaron traslados periódicos de colmenas, y las informaciones sobre la flora de áreas adyacentes indican que, posiblemente, en los alrededores no hubo abundancia de plantas melíferas capaces de ofrecer néctar y polen a las abejas durante los períodos del año en que están ausentes las flores de *Avicennia*.

La floración fuera de la época principal de *Avicennia*, y también la de *Bucida buceras* (gri-gri) asociada a las áreas de manglares, abre la perspectiva de traslados estacionales de colmenas en la misma zona, aprovechando, primero, la floración del bosque seco, y después, en julio y

agosto, la floración del manglar. En el mismo sentido, posiblemente, sería interesante realizar traslados de colmenas a las áreas con gran abundancia de campeche (*Haematoxylon campechianum*), cayuco (*Steneocereus hystrix*) y guatapanal (*Caesalpinia coriaria*), durante las respectivas épocas de floración. Dichos traslados en el plano local no son comunes en la zona, y es recomendable experimentar adoptando traslados con números reducidos de colmenas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la República Dominicana (CONIAF), por el apoyo financiero del presente trabajo; al director de esta institución, José Nova, por su interés en el avance de las investigaciones; a los taxónomos del Jardín Botánico Santo Domingo, por la identificación de muestras de plantas, y a los apicultores de la Línea Noroeste y su asociación, hoy día convertida en cooperativa, por su valiosa colaboración.

## Literatura citada

1. Ammour, T. 1999. *Manejo productivo de manglares en América Central*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
2. Berner, U. 1979. *Die Bienenweide*. Ulmer, Stuttgart.
3. Castillo, D., Lagos-Witte, S., García, R., Peguero, B., & Rodríguez, S. 2007. Estudio etnobotánico y conservación de plantas medicinales en República Dominicana. *Moscosoa*, 15, 139 – 155.
4. Chemas, A., Rico-Gray, V. 1991. Apiculture and management of the associated vegetation by the Maya of Tixcacaltuyub, Yucatán, México. *Agroforestry Systems*, 13, 13 – 25.
5. Current, D., Lutz, E. y Scherr, S. 1995. Adopción agrícola y beneficios económicos de la agroforestería: Experiencia en América Central y el Caribe. Serie Técnica No. 268, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
6. Escobar Camejo, M. y Manresa González, A. 2005. Clasificación de mieles uniflorales cubanas a partir de sus propiedades físico-químicas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 36, no. especial. <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/files/CB-2005-4-CB-089.pdf>, visitado el 12 de febrero 2012.
7. García, R., Alba, N. 1986. Estudio ecoflorístico comparativo del bosque secosubtropical de Azua y Monte Cristi, República Dominicana. *Moscosoa*, 5, 55 – 84.
8. Geilfus, F. 2002. *80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación*. IICA, San Salvador.
9. Hernández Disla, A. M. 1978. Identificación de polen en miel por comparación con las plantas melíferas. *Anuario de la Academia de Ciencias de la República Dominicana*, 4, 277 – 347.
10. Holdridge, L. 1982. *Ecología basada en zonas de vida*. IICA, San José, Costa Rica
11. Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 44, 223 - 270.
12. Jennings, P., Ferreiras, B.A. 1979. *Recursos energéticos de bosques seco en la República Dominicana*. Centro de investigaciones económicas y alimenticias, Instituto Superior de Agricultura, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.
13. Liogier, A. H. 2000. *Diccionario botánico de nombres vulgares de La Española*. Santo Domingo.
14. Lora Salcedo, R., Czerwenka, J. & Bolay, E. 1983. *Atlas de diagramas climáticos de la República Dominicana*. SEA/DVS, Santo Domingo.
15. Marcano, E. de J. 1974. *Estudio apibotánico de la República Dominicana*. CEDOPEX, Santo Domingo.
16. May, T. 2002. Flora de importancia apícola y su fenología en dos áreas de Jarabacoa, Cordillera Central, República Dominicana. *Moscosoa*, 13, 59 – 80.
17. May, T., Rodríguez, S. y Rivas, S. 2008. Especies de plantas de importancia apícola en República Dominicana, según la percepción de los apicultores. *Moscosoa*, 16, 148 – 168.
18. Pasiecznik, N. M. 2001. *The Prosopis juliflora – Prosopis pallida complex: a monograph*. HDRA, Coventry (UK).
19. Porter-Bolland, L. 2003. La apicultura y el paisaje maya. Estudio sobre la fenología de la floración de las especies melíferas y su relación con el ciclo apícola en La Montaña, Campeche, México. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*. 19 (2). 303- 330.
20. Rodríguez Grullón, J. M. 1996. *La era del campeche*. Distribuidora Rod, Santo Domingo.
21. Tolentino, S., Peña, M. 1998. *Inventario de la vegetación y uso de la tierra en la República Dominicana*. *Moscosoa*. 10, 179 – 203.

Recibido: 25 de febrero de 2012.

Aceptado: 20 de abril de 2012.



# Eficacia de la cepa nativa de *Bacillus subtilis* como agente supresor del nematodo del nudo *Meloidogyne spp.* en cultivo de *Capsicum annuum* (ají pimiento piquillo)

## Effectiveness of the native strain of *Bacillus subtilis* as a suppressant agent of the nematode *Meloidogyne spp knot* in cultures of *Capsicum annuum* “piquillo pepper chili”

<sup>1</sup>Nancy Mercedes Soto Deza, <sup>2</sup>Segundo Eloy López Medina y <sup>3</sup>César Augusto Murguía Reyes

<sup>1</sup>Bióloga; especialista en derecho ambiental; máster en biotecnología y bioingeniería; doctora en ciencias ambientales. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. <sup>2</sup>Biólogo; maestro en administración de flora y fauna silvestre; doctor en medio ambiente. Instituto de Papa y Cultivos Andinos-Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, Perú. <sup>3</sup>Área de Protección Vegetal, Universidad Nacional de Piura. Perú.

<sup>1</sup>nmsotode@yahoo.es, <sup>2</sup>segundoeloy@yahoo.es, <sup>3</sup>cmurguiar@gmail.com

### Resumen

En campos de cultivo infestados con Nematodos se utilizó el diseño bloques completos al azar - DBCA. Se incorporó gallinaza al 85 % de pureza, 15 t/ha y 30 t/ha. Se inocularon esporas de *B. subtilis*,  $1 \times 10^6$  esp/ mL y  $2 \times 10^6$  esp/mL a semillas de *Capsicum annuum* en siembra directa (ensayo I), y trasplante (ensayo II). A los 45 y a los 90 días se determinaron análisis de poblaciones de Nematodos, índice de nodulación, altura de la planta y número de frutos. Los datos se sometieron a análisis de varianza utilizando el software Statgraphics Plus 5.0. Para estimar las diferencias significativas entre tratamientos se aplicó prueba Tukey. Al inicio el ensayo I evidenció alta infestación del nematodo del nudo *Meloidogyne spp.*, 275-27720 Nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo. En el ensayo II la evidencia fue entre 9 - 1 nemátodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo, con diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ). La población final registrada tras la aplicación de *Bacillus subtilis* fue de 13 y 0 nemátodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo; los niveles de población de Nematodos disminuyeron considerablemente: presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ). La eficacia de *B. subtilis* sobre poblaciones de *Meloidogyne spp.* fue evidente, pues redujo las poblaciones iniciales del nematodo, que alcanzaron una tasa de reproducción menor que 1; el índice de agallamiento no alcanzó el grado 3. La interacción de *B. subtilis* con la enmienda estiércol de gallinaza favoreció la producción alcanzada en el cultivo de *Capsicum annuum*.

**Palabras clave:** *Bacillus subtilis*, estiércol de gallinaza, *Meloidogyne spp.*, *Capsicum annuum*, control biológico.

### Abstract

In cropping fields infested with nematodes, the RCBD complete blocks design was applied. 85% pure chicken manure was also incorporated, 15 t / ha and 30 t / . Spores of *B. subtilis*,  $1 \times 10^6$  eng / mL and  $2 \times 10^6$  sperm / mL *Capsicum annuum* seeds in direct seeding were inoculated (experiment I) and transplantation (experiment II). At 45 and 90 days analysis of nematode populations were determined, nodulation index, plant height and fruit number. The data was subjected to analysis of variance using the Statgraphics Plus 5.0 software. To estimate the significant differences between treatments, the Tukey test was applied. Initially, the study showed highly infested knot nematode *Meloidogyne spp.*, 275 to 27720 soil nematodes/100 cm<sup>3</sup>, and in Trial II it was between 9 and 1 nematodes/100 cm<sup>3</sup> of soil, with significant difference ( $P \leq 0.05$ ). The final population recorded after the application of *Bacillus subtilis*, was 13 and 0 nematodes/100 cm<sup>3</sup> of soil, the nematode population levels, decreased significantly, showing significant difference ( $P \leq 0.05$ ). Efficacy of *B. subtilis* on *Meloidogyne spp.*, it was clear, reduced initial populations of the nematode, reaching a reproduction rate less than 1, non-galling index reached grade 3. The interaction of *B. subtilis* with poultry manure amendment favored the production achieved in the cultivation of *Capsicum annuum*.

**Key words:** *Bacillus subtilis*, poultry manure, *Meloidogyne spp.*, *Capsicum annuum*, biological control.

### Introducción

El departamento de Piura se encuentra ubicado en la parte noroccidental del Perú. Limita por el norte con Tumbes y la República del Ecuador; por el este, con Cajamarca y la

República del Ecuador; por el sur, con Lambayeque; por el oeste, con el Océano.

El cultivo de ají pimiento del piquillo en la zona de Chapiroá-Piura, viene presentando problemas, en el mes de marzo del año 2010 se inició la siembra de *Capsicum annuum*, una semana después del trasplante se observaron nodulaciones en las raíces, clorosis en las hojas de *Capsicum annuum*, se realizaron análisis con la finalidad de determinar la fuente de infección; determinándose en la Universidad Nacional de Piura, presencia de *Meloidogyne spp.* y otros Saprófitos, tanto en raíces como en el suelo. Durante el cultivo disminuyó la calidad y producción de la cosecha, incrementándose la aplicación de nematicidas, estas sustancias químicas por su uso elevado han provocado un incremento de 40% en los costos y alteración al ambiente.

Para el control de estos organismos se recomendó el empleo de Bromuro de metilo e híbridos resistentes (Casanova *et al.*, 2003), pero el uso de Bromuro de metilo ha sido considerado como supresor de la capa de Ozono.

En la segunda Convención Internacional en Sistemas de Producción y Fitosanidad de Hortalizas (García, 2008), en la investigación "Manejo de Enfermedades en Hortalizas con Productos Biorracionales" se reportó que los plaguicidas químicos provocan persistencia ambiental a residuos tóxicos, generación de organismos resistentes, contaminación de recursos hídricos con degradación de la flora y fauna y crean ambientes inhabitables en el suelo para otro tipo de microorganismos que actúan de manera benéfica.

Los Nematodos *Meloidogyne spp.*, son gusanos filiformes del grupo de los nematelmintos, con el cuerpo sin segmentar, revestidos de una piel dura (cutícula) y con simetría bilateral, de entre 1 y 3 mm de longitud. Penetran en las células vegetales perforando la membrana y se alimentan de su contenido. Gusanos microscópicos que suelen producir bultos en las raíces de las plantas, los llamados "rosarios" o "porrillas"; producen deformaciones, necrosis y podredumbre en los órganos vegetales especialmente del sistema radical y, en el caso de ataques graves, la progresiva reducción de los rendimientos, cuyo efecto generalmente es aducido a cansancio o fatiga del suelo y a una mala nutrición de la planta. Estos daños impiden la absorción por las raíces, traduciéndose en un menor desarrollo de la planta y la aparición de síntomas de marchitez en verde en las horas de más calor, clorosis y enanismo. Sólo especies del género *Meloidogyne* atacan al pimiento, produciendo marchitez y enanismo en las plantas (Incagro, 2009). La especie *Meloidogyne incognita*, se conoce como agallador de los nódulos o de las raíces por el tipo de lesiones que produce. Para vivir prefiere suelos sueltos y arenosos y puede completar su ciclo vital en menos de 30 días (Acosta García, 2010).

En investigaciones realizadas por Pérez Pérez (2007) en Puerto Rico, se determinó que densidades poblacionales de *Meloidogyne incognita* mayores a 12,000 huevos/J<sub>2</sub>,

por tiesto causaron amarillamiento, defoliación y hasta la muerte de la planta de kenaf (*H. cannabinus*) (malvácea utilizada en la producción de papel y alimento de ganado). Perera González (2007) reporta que en el control de Nematodos de la Platanera, las poblaciones máximas de Nematodos a partir de las cuales se recomienda tratamientos de control es de 1.000 *Meloidogyne*/100 gr de raíz. Aun así, para decidir realizar un tratamiento químico debe efectuarse un examen del conjunto de la plantación y del desarrollo radicular, ya que una correcta nutrición y riego y raíces bien desarrolladas soportan niveles superiores sin provocar daños en la producción. Asimismo aportes de materia orgánica al suelo manteniendo niveles superiores al 3% estimulan el desarrollo radicular y ejercen un efecto de control natural sobre los Nematodos.

El desarrollo y aplicación de agentes de control biológico de plagas adquiere una importancia relevante como una alternativa en el desarrollo de una agricultura sostenible que preserve los recursos naturales y el ambiente para las futuras generaciones. La aplicación controlada en agro ecosistemas de organismos vivos o sus metabolitos para el control de plagas y enfermedades, implica el mejoramiento de los cultivos, al proteger las plantas del deterioro producido por agentes fitopatógenos (Gómez *et al.*, 2002). Los agentes biocontroladores como los organismos que interactúan con los Nematodos fitoparásitos en el suelo deben tener algunas características básicas: No deben ser patógenos de plantas, hombres o animales, capaz de reducir o suprimir eficientemente las poblaciones de Nematodos por debajo del nivel crítico, capacidad de adaptación a diferentes ambientes del suelo (textura, grado de humedad, composición química y materia orgánica), buena habilidad competitiva, alto potencial de reproducción para obtener una población alta, capacidad de sobrevivir en épocas difíciles (Piedra, 2008).

Las bacterias son un grupo abundante de microorganismos del suelo sobre los cuales se ha realizado pocos esfuerzos para determinar su posibilidad de uso; las bacterias son menos conspicuas que los hongos, los efectos de los hongos en muchos casos son espectaculares y fáciles de observar, mientras que el efecto de las bacterias es más sutil y las bacterias son más difíciles de aislar y propagar que los hongos. Las bacterias que presenta un potencial como biocontrolador mayor que los hongos es la *Pasteuria penetrans* (Rojas, 1996), *Bacillus cereus* y *Bacillus subtilis* (Gallegos, *et al.* 2009). El género *Bacillus* incluye una importante variedad de especies Gram-positivas, no patógenas, con propiedades antagonistas. Son buenas secretoras de proteínas y metabolitos, fáciles de cultivar y altamente eficientes para el control de plagas y enfermedades. Los mecanismos de acción de *Bacillus spp.*, incluyen competencia por espacio y nutrientes, antibiosis e inducción de resistencia. Además, tienen comprobado efecto en la promoción de crecimiento de las plantas. La capacidad de *Bacillus spp.*, de formar esporas que sobreviven y permanecen metabolitamente activas bajo condiciones adversas, las hace apropiadas para la formulación

de productos viables y estables para el control biológico (Chaves Méndez, 2007). Para considerar que la bacteria sea un biocontrolador del nematodo, su ciclo de vida debe desarrollarse en sincronía con el del nematodo. *Bacillus subtilis*, microorganismo cuyo hábitat natural es el suelo, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Entre sus principales características se encuentra su capacidad para formar esporas en diversas condiciones de estrés, crecer en un intervalo amplio de temperaturas (desde 15 hasta 55 °C), presentar motilidad, aerotaxis y velocidades de crecimiento altas, sobrevivir en concentraciones salinas (hasta el 7% de NaCl), producir una amplia variedad de antibióticos y enzimas hidrolíticas extracelulares (Nakamura *et al.*, 1999). Por otra parte el extracto no celular de *B. subtilis*, se reporta que también tiene un alto grado de propiedades larvicidas sobre nudos y quistes Nematodos. Fernando de Araujo y col (2009), reportaron que las endotoxinas producidas por *B. subtilis*, intervienen con el ciclo reproductivo de Nematodos, en el estadio de ovulación y eclosión de juveniles, considerando a *B. subtilis*, como supresor del nematodo formador de agallas en cultivo de tomate.

En nuestro país, no se han encontrado investigaciones específicas de control de Nematodos por bacterias en solanáceas, según investigaciones de Alcozer *et al* (2006), el nematodo del nudo de las raíces, *Meloidogyne* spp., está muy diseminado en los suelos agrícolas de los valles de Piura, siendo el uso de nematicidas químicos la principal medida de control.

En este contexto, fue necesario buscar alternativas como la utilización de productos naturales y biológicos para mejorar la productividad del ají pimiento del piquillo, minimizar el uso de productos químicos, reducir los costos y la alteración al ambiente, por lo que en el presente trabajo se evaluó la eficacia de *B. subtilis* como agente supresor del nematodo del nudo *Meloidogyne* sp, en el cultivo de *Capsicum annuum*, “ají pimiento del piquillo.”

## Métodos

### Localización

La investigación se realizó en los campos de cultivo de la empresa Agroindustrial ECOACUICOLA SAC., ubicada en la zona de Santa Ángela, Caserío de Chapairá, distrito de Castilla, Provincia de Piura, Departamento de Piura, zona privilegiada por su estupendo clima cálido y sus tierras fértiles, idóneas para el cultivo *Capsicum annuum*, o ají pimiento del piquillo durante los 365 días del año.

El trabajo se llevó a cabo en campos provenientes de siembras de *Capsicum annuum*, o ají pimiento del piquillo con infestación de Nematodos.

### Material de estudio

- Esporas de cepa nativa *B. subtilis*.
- Semillas de *Capsicum annuum*, o ají pimiento del piquillo, del Fundo Ecoacuícola SAC.
- Materia orgánica (85% de pureza).

- Suelo agrícola para el cultivo de *Capsicum annuum*, o ají pimiento del piquillo.

### Diseño de investigación

Se aplicó un diseño DBCA: bloques completos al azar, con 9 tratamientos, 3 repeticiones y 27 unidades muestrales por tratamiento, para los ensayos I y II.

### Métodos

#### Preparación del terreno

Según BPA (sistema EUROGAP). En cada parcela de tierra se realizó movimiento de tierra y exposición al sol (solarización natural).

*Ensayo I:* Se trabajó en un área de 80 m<sup>2</sup> por parcela (conformada por 2 camas de 20 m lineales), para un área total de 0,270 ha, dividida en 3 bloques.

*Ensayo II:* Se trabajó en un área de 104 m<sup>2</sup> por parcela (conformada por 2 camas de 29 m lineales), para un área total de 0.350 ha, dividida en 3 bloques. Luego se incorporó, de manera uniforme, la enmienda orgánica de estiércol de gallinaza (85% de pureza), en la dosis de 15 t/ha y 30 t/ha, según croquis de distribución; inmediatamente se aplicó un riego hasta conseguir la humedad de capacidad de campo.

#### Aislamiento del inóculo

Se aislaron, se identificaron y se cultivaron esporas de *B. subtilis* en el laboratorio de microbiología de Universidad Nacional de Trujillo (Perú).

La identificación molecular de la bacteria se realizó en el Centro de Bioinnovación de Antofagasta, de la Universidad de Antofagasta (Chile).

#### Estandarización del inóculo

Se obtuvo una suspensión densa de *B. subtilis* con agua destilada estéril, a partir de un desarrollo de la bacteria en una placa de Petri que contenía Agar Soya Trypticase (TSA). De esta solución se hicieron diluciones hasta obtener, aproximadamente, una concentración de  $1 \times 10^6$  esp/mL, y  $2 \times 10^6$  esp/mL.

#### Formulación de las dosis

1000000 y 2000000 de esporas/mL.

#### Tratamiento

**Ensayo I:** A la semilla de *Capsicum annuum*, o ají pimiento del piquillo, se le inocularon esporas de *B. subtilis* mediante inmersión, teniendo en cuenta el tratamiento planificado; luego se realizó la siembra directa en cada bloque según el croquis establecido y el monitoreo correspondiente.

**Ensayo II:** Los plantines de 30 días fueron trasplantados a condiciones de campo; se les inocularon esporas de *B. subtilis* mediante inmersión, teniendo en cuenta el tratamiento planificado y el monitoreo correspondiente.

## Parámetros de medición

**Análisis de poblaciones del nematodo:** En cada tratamiento se realizó análisis de suelo para determinar las poblaciones iniciales del nematodo antes de la aplicación de la bacteria *B. subtilis*; también, análisis de dinámica de poblaciones del nematodo a los 45 y a los 90 días de la siembra.

Las muestras de suelo se colectaron por cada bloque experimental, con un barreno de 2,5 cm de diámetro x 20 cm de profundidad. Luego se las mezcló con el fin de obtener la muestra final de 100 cm<sup>3</sup> para extracción de Nematodos; se siguió con el método de tamizado de Cobb; la solución se filtró con el método del embudo de Baermann. Para la cuantificación de poblaciones del nematodo se utilizó un microscopio estereoscópico.

**Índice de nodulación:** Durante la cosecha se seleccionaron al azar 20 plantas por unidad experimental. Para determinar el índice de agallamiento sobre las raíces se utilizó la escala de Barker:

**Análisis de la producción:** Antes de la cosecha se determinó la altura de planta y el número total de frutos.

**Análisis microbiológico:** Presencia de la bacteria *B. subtilis* en la raíz de *Capsicum annum*.

## Análisis de datos

Los datos poblacionales obtenidos en las mediciones posteriores a la aplicación de los productos ( $P_i$ ) se compararon con los obtenidos de muestras previas ( $P_j$ ). Se obtuvo la tasa de reproducción (TR), que relaciona las poblaciones finales con las iniciales ( $P_i/P_j$ ). Los datos de las poblaciones del nematodo, los índices de agallamiento, la altura de la planta y el número de frutos se sometieron a un análisis

de varianza (ANVA), para un diseño de bloques completos al azar, utilizando el software Statgraphics Plus 5.0. Para estimar las diferencias significativas entre los tratamientos de cada experimento se realizaron análisis estadístico mediante la prueba Duncan.

## Resultados

En el Ensayo I (siembra directa) la poblaciones iniciales de *Meloidogyne* spp., antes de la aplicación de los tratamientos variaron entre 275 y 27720 Nematodos / 100 cm<sup>3</sup> de suelo, confirmando que los suelos presentaron altos niveles de infestación del nematodo. Después de la aplicación de la bacteria *Bacillus subtilis*, la población final registró valores de 13 y 0 Nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo; los niveles de población de Nematodos disminuyó considerablemente, con TR de 0.0037 a 0 (Tabla 1).

El agallamiento alcanzó valores de 8 a 23 %, con un índice de agallamiento entre el grado 0 y 2, presentándose diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los tratamientos (figuras 1 y 2). La altura de planta registró entre 20 y 32 cm., la interacción respecto a la concentración de *B. subtilis* y la dosis de enmienda estiércol de gallinaza se observa en las figuras 3 y 4. El tamaño de fruto alcanzó entre 9 a 19.5 cm., la interacción respecto a la concentración de *B. subtilis* y la dosis de enmienda estiércol de gallinaza (figuras 5 y 6).

Los resultados del análisis de varianza ( $P \leq 0,05$ ) para las poblaciones iniciales y finales de *Meloidogyne* spp., así como para la tasa de reproducción, muestran diferencia significativa los tratamientos aplicados (Tabla 2), corrobora la existencia de diferencias significativas la prueba Duncan ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 3).

**Tabla 1: Tasa de Reproducción de *Meloidogyne spp* y promedios del Índice de agallamiento, altura de planta y tamaño de fruto en cultivo de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo” con diferentes tratamientos – Ensayo I.**

Bacteria (esporas/mL)	Estiércol (Tn/Ha)	Bloque	Tasa de Reproducción de <i>Meloidogyne spp</i> /100 cm <sup>3</sup> de suelo (TR)	Agallamiento (%)	Altura planta (cm)	tamaño fruto (cm)
0	0	1	0.0031	23	20	10
0	0	2	0.0031	21	22	9
0	0	3	0.0031	21	28	12
0	15	1	0.0037	14	25	15
0	15	2	0	14	26	16.5
0	15	3	0.0006	20	25	19
0	30	1	0.0011	21	25	16
0	30	2	0.0006	19	30	17.5
0	30	3	0	20	29	19
1000000	0	1	0.0037 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	15
1000000	0	2	0 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	16.5
1000000	0	3	0.0006 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	19
1000000	15	1	0.0005 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	16.5
1000000	15	2	0.0001 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	14
1000000	15	3	0.0008 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	19.5
1000000	30	1	0.0009 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	17
1000000	30	2	0 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	25	17
1000000	30	3	0 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	27	17.5
2000000	0	1	0.0011 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	25	16
2000000	0	2	0.0006 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	30	17.5
2000000	0	3	0 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	29	19
2000000	15	1	0.0013 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	29	15.5
2000000	15	2	0.0002 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	29	15.5
2000000	15	3	0.0327 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	31	17.5
2000000	30	1	0.0006 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	27	16
2000000	30	2	0.0001 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	32	16.5
2000000	30	3	0.0007 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	30	18

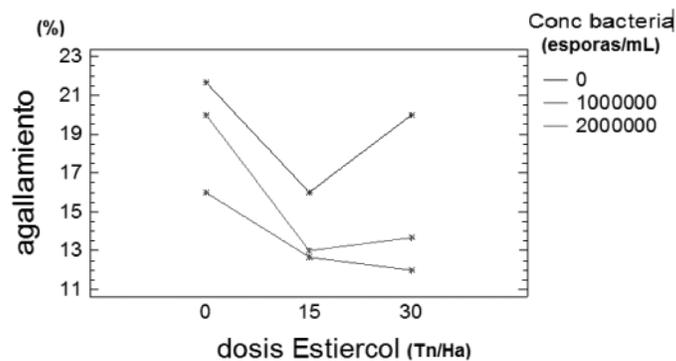


Figura 1: Interacción entre agallamiento de la raíz de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, dosis de estiércol y concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo I

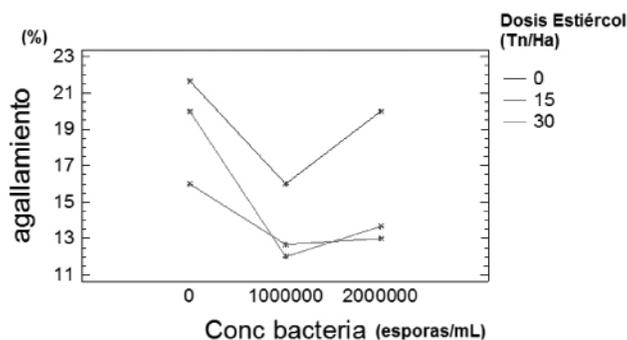


Figura 2: Interacción entre agallamiento de la raíz de *Capsicum annuum* “ají pimiento”, concentración de la bacteria *B. subtilis* y la dosis de estiércol – Ensayo I

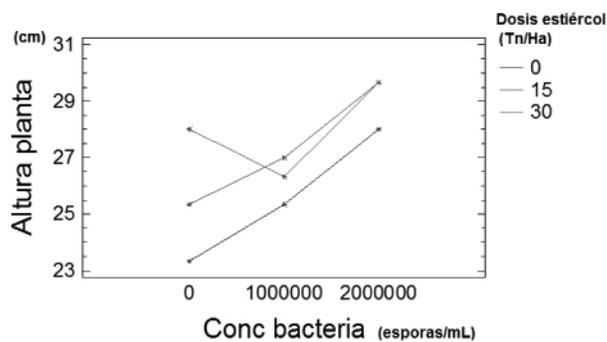


Figura 3: Interacción entre la altura de planta de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, concentración de la bacteria *B. subtilis* y la dosis de estiércol – Ensayo I

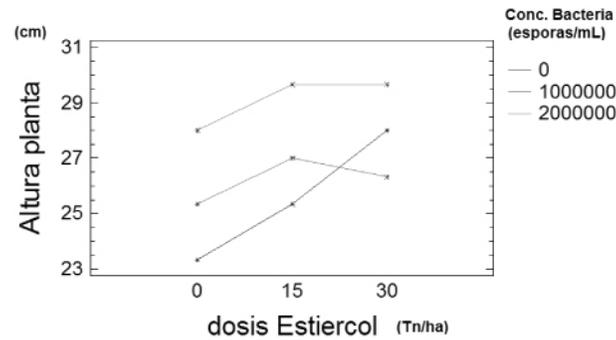


Figura 4: Interacción entre la altura de planta de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, dosis de estiércol y concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo I.

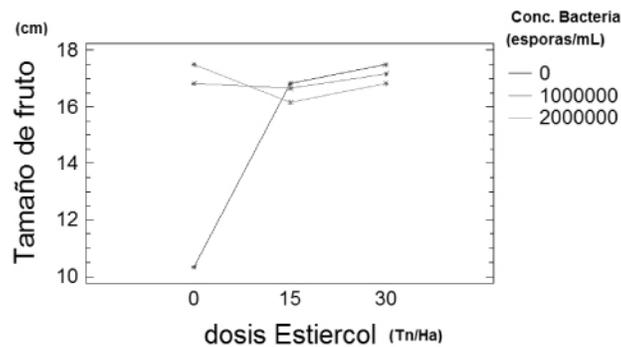


Figura 5: Interacción entre tamaño de fruto de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, dosis de estiércol y concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo I.

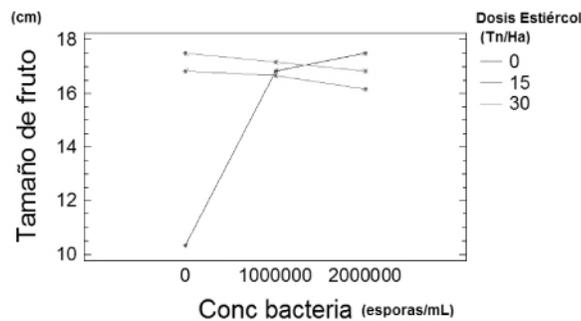


Figura 6: Interacción entre tamaño de fruto de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, concentración de la bacteria *B. subtilis* y dosis de estiércol – Ensayo I.

**Tabla 2: Análisis ANVA del efecto de *B. subtilis*, y dosis de estiércol sobre poblaciones del nematodo *Meloidogyne spp* en cultivo de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo” – Ensayo I.**

POBLACIÓN INICIAL					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
A: Conc. Bacteria	7.60282E+07	2	3.8014E+07	0.67	0.5264
B: Dosis Estiercol	3.26101E+07	2	1.6305E+07	0.29	0.7551
INTERACCIONES					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
AB	1.86E+08	4	4.65E+07	0.81	0.533
Totales	1.03E+09	18	5.71E+07		
POBLACIÓN FINAL					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
A: Conc. bacteria	21.6296	2	10.8148	0.64	0.5408
B: Dosis estiércol	3.85185	2	1.92593	0.11	0.8935
INTERACCIONES					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
AB	82.5926	4	20.6481	1.21	0.3391
Totales	306	18	17		
TR = PF/PI					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
A: Conc. bacteria	0.00005563	2	0.00002781	0.72	0.5020
B: Dosis estiércol	0.00007487	2	0.00003743	0.96	0.4002
INTERACCIONES					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
AB	0.00017422	4	0.00004356	1.12	0.3773
Totales	0.00069912	18	0.00003884		

**Tabla 3: Prueba Duncan de la Población de *Meloidogyne* /100 cm<sup>3</sup> de suelo, Según la Concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo I**

POBLACIÓN INICIAL				
Conc. Bacteria (esporas/mL)	Recuento	Promedios	Contraste	Diferencia
0	9	5046.67a	0 - 1000000	80.6667
1000000	9	4966.0a	0 - 2000000	-3518.67
2000000	9	8565.32a	1000000 - 2000000	-3599.33
POBLACIÓN FINAL				
Conc. Bacteria (esporas/mL)	Recuento	Promedios	Contraste	Diferencia
0	9	4.33333a	0 - 1000000	1.77778
1000000	9	2.55556a	0 - 2000000	-0.22222
2000000	9	4.55556a	1000000 - 2000000	-2
TR = PF/PI				
Conc. Bacteria (esporas/mL)	Recuento	Promedios	Contraste	Diferencia
0	9	0.00170a	0 - 1000000	0.000966
1000000	9	0.000733a	0 - 2000000	-0.002444
2000000	9	0.004144a	1000000 - 2000000	-0.003411

En el Ensayo II (trasplante de plantines) la poblaciones iniciales de *Meloidogyne spp.*, antes de la aplicación de los tratamientos variaron entre 9 y 1 Nematodos / 100 cm<sup>3</sup> de suelo, confirmando presencia del nematodo en el suelo.

Después de la aplicación de la bacteria *Bacillus subtilis*, la población final registró valores de 5 y 0 Nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo; los niveles de población de Nematodos disminuyó, con TR de 5 a 0 (Tabla 4).

El agallamiento alcanzó valores de 0 a 7 %, con un índice de agallamiento entre el grado 0 y 2. La altura de planta registró entre 54 y 72 cm., la interacción respecto a la concentración de *B. subtilis* y la dosis de enmienda estiércol de gallinaza se observa en las figuras 7 y 8.

El tamaño de fruto alcanzó entre 16.5 a 28 cm., la interacción respecto a la concentración de *B. subtilis* y la dosis de enmienda estiércol de gallinaza (figuras 9 y 10).

Los resultados del análisis de varianza ( $P \leq 0,05$ ) para las poblaciones iniciales y finales de *Meloidogyne spp.*, así como para la tasa de reproducción, muestran diferencia significativa los tratamientos aplicados (Tabla 5), corrobora la existencia de diferencias significativas la prueba Duncan ( $P \leq 0,05$ ) (Tabla 6).

**Tabla 4: Tasa de Reproducción de *Meloidogyne spp* y promedios del Índice de agallamiento, altura de planta y tamaño de fruto en cultivo de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo” diferentes tratamientos – Ensayo II.**

Bacteria (esporas/mL)	Estiércol (Tn/Ha)	Bloque	Tasa de Reproducción de <i>Meloidogyne spp</i> /100 cm <sup>3</sup> de suelo (TR)	Agallamiento (%)	Altura planta (cm)	tamaño fruto (cm)
0	0	1		0	56	20
0	0	2		0	54	22
0	0	3		5	64	16.5
0	15	1		2	58	20
0	15	2		0	54	21
0	15	3		2	54	23
0	30	1		4	54	19.5
0	30	2		0	60	22.5
0	30	3		2	65	21
1000000	0	1	0.0000a	3a	60a	20.00a
1000000	0	2	0.0000a	2a	68a	23.00a
1000000	0	3	0.0000a	2a	54a	23.00a
1000000	15	1	1	6a	62a	23.00a
1000000	15	2	0	0	55a	23.50a
1000000	15	3	0	0	68a	28.00a
1000000	30	1	5	9	68a	24.00a
1000000	30	2	0	0	52a	28.00a
1000000	30	3	0	0	72a	25.00a
2000000	0	1	0	0	60a	24.00a
2000000	0	2	0.0000a	0	64a	23.00a
2000000	0	3	0.0000a	0	68a	24.00a
2000000	15	1	0.0000a	4a	56a	23.50a
2000000	15	2	0	0	60a	28.00a
2000000	15	3	0.0000a	7a	65a	25.00a
2000000	30	1	0.0000a	0	68a	23.00a
2000000	30	2	0.0000a	1a	70a	23.00a
2000000	30	3	0	0	72	28

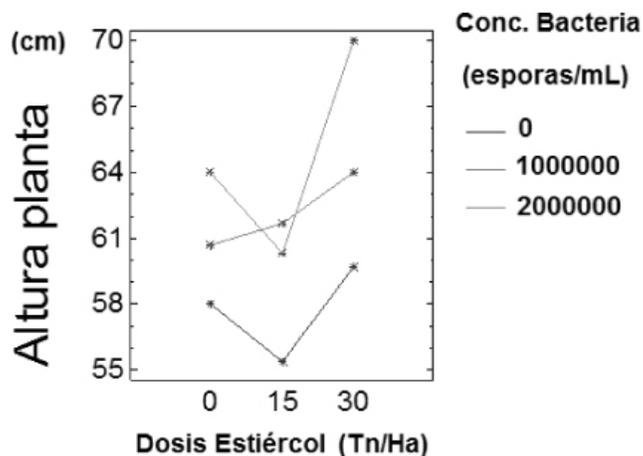


Figura 7: Interacción entre la altura de planta de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, concentración de la bacteria *B. subtilis* y la dosis de estiércol – Ensayo II

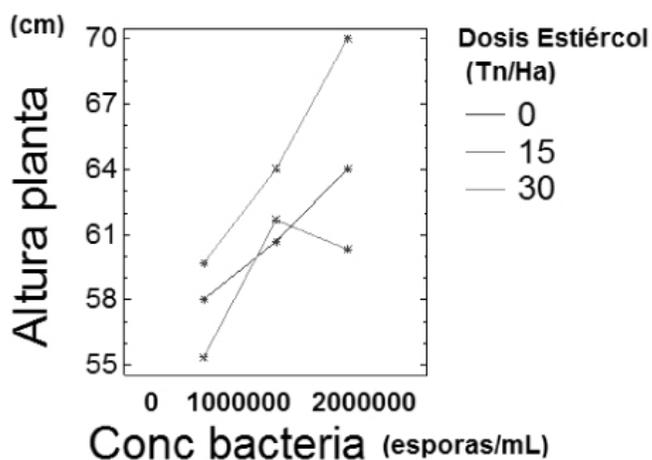


Figura 8: Interacción entre la altura de planta de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, dosis de estiércol y concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo II.

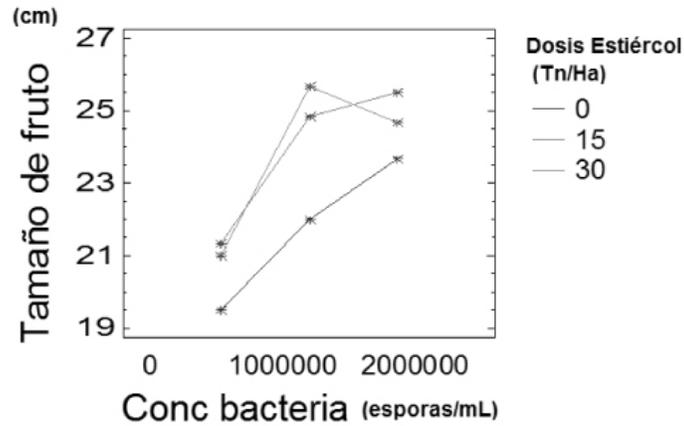


Figura 9: Interacción entre tamaño de fruto de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, concentración de la bacteria *B. subtilis* y dosis de estiércol – Ensayo II.

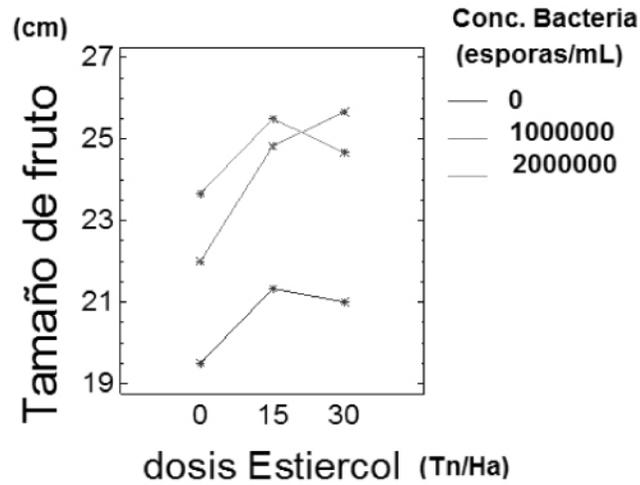


Figura 10: Interacción entre tamaño de fruto de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo”, dosis de estiércol y concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo II.

Tabla 5: Análisis ANVA del efecto de *B. subtilis*, y dosis de estiércol sobre poblaciones del nematodo *Meloidogyne spp* en cultivo de *Capsicum annuum* “ají pimiento del piquillo” – Ensayo II. Tabla 6: Prueba Duncan de la Población de *Meloidogyne* /100 cm<sup>3</sup> de suelo, Según la Concentración de la bacteria *B. subtilis* – Ensayo II.

POBLACIÓN INICIAL					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
A: Conc. Bacteria	11.6296	2	5.81481	2.09	0.1523
B: Dosis Estiercol	3.85185	2	1.92593	0.69	0.5128
INTERACCIONES					
AB	17.9259	4	4.48148	1.61	0.2141
Totales	50	18	2.77778		
POBLACIÓN FINAL					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
A: Conc. bacteria	2.66667	2	1.33333	1.38	0.2758
B: Dosis estiércol	1.55556	2	0.777778	0.81	0.4614
INTERACCIONES					
AB	3.11111	4	0.777778	0.81	0.5363
Totales	17.3333	18	0.962963		
TR = PF/PI					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado promedio	Cociente-F	P-Valor
A: Conc. bacteria	2.66667	2	1.33333	1.38	0.2758
B: Dosis estiércol	1.55556	2	0.777778	0.81	0.4614
INTERACCIONES					
AB	3.11111	4	0.777778	0.81	0.5363
Totales	17.3333	18	0.962963		

POBLACIÓN INICIAL		
Conc. Bacteria (esporas/mL)	Recuento	Promedios
0	9	0.444444a
1000000	9	0.333333a
2000000	9	1.77778a
POBLACIÓN FINAL		
Conc. Bacteria (esporas/mL)	Recuento	Promedios
0	9	0.0
1000000	9	0.666667a
2000000	9	0.0
TR = PF/PI		
Conc. Bacteria (esporas/mL)	Recuento	Promedios
0	9	0.0
1000000	9	0.666667a
2000000	9	0.0

Contraste	Diferencia
0 - 1000000	0.111111
0 - 2000000	-1.33333
1000000 - 2000000	-1.44444

Contraste	Diferencia
0 - 1000000	-0.666667
0 - 2000000	-0.0
1000000 - 2000000	0.666667

Contraste	Diferencia
0 - 1000000	-0.666667
0 - 2000000	0.0
1000000 - 2000000	0.666667



Figura 11. Observación de esporas de *B. subtilis* en una raíz de *Capsicum annum* a 1000X (coloración Gram).  
Ensayo I



Figura 12. Observación de esporas de *Bacillus* adheridas a la cutícula de *Meloidogyne* spp. J2 a 3000X. Ensayo II

## Discusión y conclusiones

En el cultivo de *Capsicum annum*, anterior a la ejecución de la investigación, se evidenció presencia de clorosis y nodulaciones en las raíces; una de las causas que provoca ésta manifestación, es por infestación del nematodo *Meloidogyne spp.*, el cual es responsable de la formación de nódulos en la raíz e interfiere en la absorción de agua y nutrientes. Después de aplicar la cepa nativa de *B. subtilis*, en el ensayo I y II, se observó ausencia de clorosis, evidenciando acción supresora en *Meloidogyne spp.* Según Pérez Pérez, (2007), las plantas enfermas presentan síntomas típicos tales como: cese del crecimiento de la planta, proliferación del desarrollo de nódulos en raíces, amarillamiento en las hojas, defoliación, culminando con la muerte en plantas, etc. La aplicación de la esporas de *B. subtilis*, en la semilla para la siembra directa y en los plantines para el trasplante, se hizo por inoculación, ésta estrategia es una de las más sugeridas para obtener efectividad en la disminución de poblaciones de *Meloidogyne spp.*, de forma directa; según Gómez L. et al. (2010), indican que éste tipo de estrategia es más eficiente en el control de diversas poblaciones de *Meloidogyne spp.*, pero requiere de más tiempo para que ocurra la selección

natural, de esta forma las endosporas específicas para una determinada población de *Meloidogyne* presente en un área dada, se multiplicaran en su progenie.

Los resultados de ésta investigación muestran que el efecto que ejerce la bacteria *B. subtilis* sobre la población del nematodo del nudo *Meloidogyne spp.*, está relacionada con la cantidad de esporas inyectadas; así mismo tiene interacción con la materia orgánica (estiércol de gallinaza); esto se hace evidente en el ensayo I, al aplicar el tratamiento con  $1 \times 10^6$  esporas/mL de *B. subtilis* sobre suelos con materia orgánica de 30 Tn/ha, siendo la efectividad aproximado 99%; comportamiento similar se registró en el ensayo II con tratamiento de  $1 \times 10^6$  y  $2 \times 10^6$  esporas/mL. Según Rojas M. T. et al. (1999), Afirman que, la eficacia de la bacteria depende en gran medida de la cantidad de esporas existentes en el suelo y de la posibilidad de que éstas se puedan adherir a la cutícula de los Nematodos para poder parasitar generaciones futuras; las esporas se pueden almacenar en el suelo y raíz seca por periodos largos sin mostrar pérdida aparente de viabilidad.

A los 90 días de aplicación de los tratamientos, se estimó la tasa de reproducción en los ensayos I y II, encontrán-

dose comportamientos similares en los registros de población final del nematodo *Meloidogyne spp*, con una tasa de reproducción menor que 1, lo cual indica el control ejercido por la bacteria *B. subtilis*; evidencia que se confirma en la menor formación de agallamiento (48% raíces agalladas) en el Ensayo II. Así mismo de las plantas de *Capsicum annum* evaluadas, se encontró en la altura de planta mayor diferencia en el ensayo II del ensayo I, logrando mayor altura con el tratamiento de  $2 \times 10^6$  (esporas/mL). Guillén Cruz R., *et al* (2006), infiere que algunas bacterias de *Bacillus*, inducen diferentes mecanismos relacionados con la promoción de crecimiento en las plantas, ya sea que proporcionen directamente nutrientes, participen en la fijación de nitrógeno, fósforo y potasio, o bien que las plantas sean capaces de producir hormonas vegetales y sustancias promotoras del crecimiento como el ácido indolacético o por la producción de antibióticos para la supresión de daños. La acción de la bacteria también interactúa con algunos factores como tipo de suelo, temperatura, fertilidad del suelo, edad de la planta, humedad, etc., es decir que la severidad de los síntomas y el desarrollo de la enfermedad causada por las especies de *Meloidogyne* dependen de la respuesta de la planta a la infección, tipo de suelo y condiciones del medio ambiente.

La enmienda orgánica de estiércol de gallinaza utilizada en 30 Tn/ha, ha tenido un efecto positivo al interactuar con la bacteria *B. subtilis*, esto se evidenció en los niveles de poblaciones de *Meloidogyne spp* en el suelo, los cuales disminuyeron significativamente a los 90 días. Se conoce que la actividad de las enmiendas orgánicas incorporadas al suelo contra Nematodos parásitos de plantas puede variar con la especie del nematodo, tipo de enmienda y subproductos, de la época de la aplicación de la enmienda y de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; así el amonio liberado durante la descomposición del estiércol, tiene acción tóxica contra Nematodos parásitos. Según (Rodríguez-Kabana, 1986; Kaplan y Noe, 1993; Esnard *et al.*, 1998), estiércoles de animal (sólidos o líquidos) y mezclas compostadas de materia animal y vegetal aplicadas en grandes cantidades antes del trasplante incrementan las poblaciones de microorganismos antagonistas supresores de Nematodos. La eficacia del tratamiento y la aplicación de enmienda estiércol de gallinaza han interactuado para favorecer el cultivo de *Capsicum annum*, alcanzando una producción final de 37 tn/ha. según el manual de buenas prácticas en el manejo orgánico del cultivo de *Sacha inchi* (Incagro, 2009), se afirma que la agricultura orgánica es importante porque contribuye a reducir al mínimo la contaminación del ambiente, evitando los fertilizantes y plaguicidas sintéticos lo que propicia un ecosistema sostenible, alimentos seguros, buena nutrición, bienestar animal y desarrollo rural.

García (2008), afirma que la aplicación de un control natural contra las plagas, tiene ventajas como: son menos tóxicos que los químicos, por lo general son inocuos, pueden ayudar a disminuir notablemente el uso de químicos, dis-

minuyen la cantidad de residuos, son efectivos en pequeñas cantidades, frecuentemente se descomponen rápido y por lo general afectan solo a la plaga objetivo.

Los resultados observados en el presente estudio demuestran que el control por *B. subtilis* representa una alternativa dentro de un sistema de manejo integrado de fitoNematodos parásitos de plantas, coincidiendo con la investigación de Siddiqui Z. y col (2001) donde se reporta, que; plantas tratadas con *B. subtilis* redujeron el agallamiento y multiplicación del nematodo *M. incógnita*, dando como resultado crecimiento vegetal mejorado.

Se concluye que; *B. subtilis* tienen efecto supresor sobre poblaciones de *Meloidogyne spp* en cultivo de *Capsicum annum* efectivo; reduce el agallamiento y multiplicación del nematodo a una tasa de reproducción menor que 1. La interacción de estiércol de gallinaza con la cepa nativa de *B. subtilis*, probablemente mejoró la eficiencia supresora sobre *Meloidogyne spp*. La acción supresora *B. subtilis* en *Meloidogyne spp*, *aportó a un incremento la producción de Capsicum annum*. La aplicación de la cepa nativa de *B. subtilis*, en cultivos de *Capsicum annum*, es una eficaz alternativa, que se puede utilizar como parte de un programa de control biológico del nematodo del nudo *Meloidogyne spp*.

## Agradecimientos

Expreso mi especial agradecimiento a: Doctores Segundo Eloy López Medina y César A. Murguía Reyes, por sus sabios consejos y orientaciones en el desarrollo del presente trabajo. A Guillermo León Arámbulo y Mario Mustafá Aguinaga, gerentes de ECOSAC, por su apoyo incondicional en la ejecución del presente trabajo. A doctora Milly Otiniano García, por su orientación en el trabajo de laboratorio. A doctor Mario Esparza Mantilla, por su apoyo en la identificación molecular de microorganismos. A Luis Bustamante, gerente agrícola de la empresa ECOSAC, y al equipo técnico que hizo posible la ejecución del plan de trabajo para el cultivo de ají pimiento del piquillo: ingeniero Jorge Espinoza Huancas, jefe de cultivos de pimientos; ingeniero Luis Bobadilla, supervisor del área en estudio; Bach. Jessica K. Valdivieso Calle, del Área de Investigación y Desarrollo; ingeniero William Saavedra, coordinador de Fertirriego Capsicums. A las Instituciones públicas y privadas que, de una u otra manera, han colaborado en la presente investigación: la empresa ECOACUÍCOLA SAC (Piura); la Universidad Nacional de Trujillo-Facultad CCBB (Trujillo); la Universidad Nacional de Piura-Laboratorio de Nematología, Piura (Perú); la Universidad de Antofagasta-Laboratorio de Biominería; el Centro de Bioinnovación y el Departamento de Acuicultura (Chile).

**Doctora. Nancy Mercedes Soto Deza**

## Literatura citada

1. Acosta García, I. 2010. Protocolo de Prácticas. Departamento de Sanidad Animal, sección de Parasitología. Argentina.
2. Alcoser, H, J. Murguía-Córdova, C. Murguía. 2006. Efectos de solarización y enmiendas orgánicas contra el nemátodo del nudo *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de vivero. *Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura. Piura*
3. Banco Central de Reserva del Perú. 2009. Síntesis Económica de Piura. Piura - Perú.
4. Barker, K.R. (1985). Nematode extraction and bioassays. En: K.R. Barker, C.C. Carter y J.N. Sasser (ed.). *An Advanced Treatise on Meloidogyne II*, pp. 27-31. International Meloidogyne Project. North Carolina State University, Raleigh, C.N.
5. Casanova, A., O. Gómez, F. R. Pupo, M. Hernández, M. Chailloux, T. Depestre y F.R. Pupo. 2003. Manual para la producción Protegida de Hortalizas. MINAG-Viceministerio de Cultivos Varios-IIHLD, La Habana, Cuba. p.112.
6. Chaves Méndez, Nancy P. 2007. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) thorn. *Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Posgrado* Universidad de Turrialba, Costa Rica. 98 pp.
7. Cuervo Lozada, Jeanny P. 2010. Aislamiento y Caracterización de *Bacillus* spp como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogota. Colombia.
8. Dávila, M., N. Acosta, C. Betancourt y J. Negrón. 1999. Capacidad quitinolítica de hongos aislados de suelos agrícolas infestados con el nemátodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en Puerto Rico. *J. Agric. Universidad de Puerto Rico* 83(3-4): 189-199.
9. Di Rienzo, Julio Alejandro; Casanoves, Fernando; González, Laura Alicia; Tablada, Elena Margot; Díaz, María del Pilar; Robledo, Carlos Walter; Balzarini, Mónica Graciela. 2005. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Sexta edición. Edición electrónica.
10. Esnard, J., Marban-Mendoza, N., and Zuckerman, B. M. 1998. Effects of three microbial broth cultures and an organic amendment on growth and populations of free-living and plant-parasitic nematodes on banana. *European Journal of Plant Pathology* 104:457-463.
11. Fernando de Araujo, F. y Gabriel Victor Poletto Marchesi. 2009. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. *Cienc. Rural* vol.39 N° 5.
12. Gallegos Morales, Gabriel; Melchor Cepeda Siller, Francisco D. Hernández Castillo, Ana María Acosta Zamarripa, Rodolfo Velásquez Valle, Ernesto González Gaona y Juan Manuel Sánchez Yáñez. 2009. Microorganismos Benéficos Asociados a *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en Guayabo (*Psidium guajava* L.) de Calvillo, Aguascalientes, México. *Rev. mex. fitopatol* vol.27 N° 2
13. García Estrada, R. 2008. Manejo de Enfermedades en Hortalizas con Productos Biorracionales. 2da. Megaconvención Internacional en Sistemas de Producción y Fitosanidad de Hortalizas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Culiacán. México.
14. Gómez L., H. Gandarilla y M. G. Rodríguez. 2010. *Pasteuria penetrans* como agente de control biológico de *Meloidogyne* spp. *Rev. Protección Veg.* Vol. 25 No. 3 (2010): 137-149. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Ciudad de La Habana, Cuba
15. Gómez, E.; Rosa M. Alvarez, A. N. San Juan 1, María de los A. Zayas, Joel Hernández, Teresita Lemes, Grisel Croche y Xiomara Cruz. 2002. Nematicida a partir del hongo *Verticillium lecanii* *Rev. Terralia* No. 24
16. Guillén Cruz R., F. D. Hernández Castillo, G. Gallegos Morales, R. Rodríguez Herrera, C. N. Aguilar Gonzáles, E. Padrón Corral y M. H. Reyes Valdéz. 2006. *Bacillus* spp. Como biocontrol en el suelo infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). Universidad Autónoma del Estado de México. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. México. 11p.
17. INCAGRO. 2009. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Manejo Agrícola de Sacha Inchi K. Lima - Perú: Ediciones Shanantina SAC.
18. Jiménez, M.A., D. Ulacio, W. Perdomo y E. Briceño. 2009. Miobiota y Nemátodos Asociados con la Rizósfera y Raíz en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.). *Bioagro* 21(3): 209-216. Venezuela.
19. Kaplan, D. T., y Keen, N. T. 1993. Mechanisms conferring plant incompatibility to nematodes. *Rev. Nematol.* 3: 123-134.
20. Khan, H. U., R. Ahmand, W. Ahmed, S. M. Khan y M. A. Khan. 2001. Evaluation of the combined effect of *Paecilomyces lilacinus* and *Trichoderma harzianum* against root-knot disease of tomato. *Journal of Biological Sciences* 1(3):139-142.
21. López Pérez JA; Robertson L; Bello A1; Escuer M; Díez-Rojo MA; Piedra Buena A; Ros C; Martínez C. 2004. Resistencia en Pimiento a Nemátodos formadores de Nódulos del género *Meloidogyne* GÖLDI, 1892. Dpto Agroecología, Centro de Ciencias Medioambientales, C. Murcia - España.
22. Nakamura LK, MS Roberts, FM Cohan. 1999. Relationship of *Bacillus subtilis* clades associated with strains 168 and W23: a proposal for *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* subsp. *nov.* and *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* subsp. *nov.* *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49: 1211-1215.

- 23.** Nicho S. P. 2005. Cultivo de Ají Párika (*Capsicum annum L.*). Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA), Donoso-Huaral. Perú.
- 24.** Perera González, S. 2007. Los Nemátodos de la Platanera. Medidas para Su Control. AgroCabildo. Tenerife. Área de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas. España. <http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones> Acceso 06.08.2010
- 25.** Pérez Pérez, W.M. 2007. *Meloidogyne incognita* y Hongos Patógenos del Suelo en el Cultivo del Kenaf (*Hibiscus cannabinus*). Tesis de Maestro en Ciencias en Protección de Cultivos. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico.
- 26.** Piedra Naranjo, R. 2008. Manejo biológico de nemátodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Tecnología en Marcha*, Vol. 21-1, P. 123-132.
- 27.** Piedmag Ruano, Jaime Fernando y Manuel Arnulfo Hernández Rosero. 2007. Eficiencia d Nematicidas Biológicos en el Control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum mill.*) bajo invernadero en Socapamba Imbabura. Universidad Técnica Del Norte. Ecuador.
- 28.** Rodríguez, M., L. Gómez, R. Cuadra, L. Díaz-Viruliche, E. Fernández, A. Casanova, E. González, L. Sánchez, F. González, L. Hidalgo, O. Gómez, J.C. Hernández, T. Depestre, M. A. Hernández, X. Cruz, Ll. Miranda, M. Piñón Gómez y A. Hernández. 2006. Nemátodos formadores de agallas en Sistemas de Cultivos Protegidos: Diagnostico y Manejo. MINAG. 171pp. Cuba.
- 29.** Rodríguez-Kabana R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *J. Nematol.* 18:129-135.
- 30.** Rojas M. T. y N. M. Mendoza. 1999. *Pasteuria penetrans*: Adherencia y parasitismo en *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne arabicida*. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- 31.** Rojas T. 1996. Consideraciones sobre Control Biológico de Nemátodos Fitoparásitos. X Congreso Nacional Agronómico. III Congreso de Fitopatología.
- 32.** Rosimar, M. M. 2006. Manejo de nemátodos fitoparasíticos utilizando productos naturales y biológicos. Tesis de Maestría en Ciencias en Protección de Cultivos. Universidad de Puerto Rico . Puerto Rico.
- 33.** Siddiqui, Z.A. *et al.* 2001. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. *Applied Soil Ecology*, v.16, p.179-185
- 34.** [http://www.uco.es/dptos/zoologia/zoobiolo\\_archivos/practicas/practica\\_4](http://www.uco.es/dptos/zoologia/zoobiolo_archivos/practicas/practica_4) Con acceso el 06.08.2010

Recibido: 1 de marzo de 2012.

Aceptado: 20 de abril de 2012.

# Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.)

## Energy balance analysis of different agroecological management systems of the soil in the cultures of maize (*Zea mays* L.)

<sup>1</sup>Oscar Eduardo Sanclemente Reyes, <sup>2</sup>Carlos Omar Patiño Torres y <sup>3</sup>Liliana Rocío Beltrán Acevedo

<sup>1</sup>Ingeniero ambiental; magíster en ciencias agrarias; doctorante en agroecología. <sup>2</sup>Ingeniero agrónomo; magíster en biotecnología; doctor en ciencias agropecuarias. <sup>3</sup>Ingeniera ambiental; especialista en administración pública.

<sup>1,2</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA). Palmira, Colombia.

<sup>3</sup> Universidad Libre, Seccional Cali. Cali, Colombia.

<sup>1</sup>oscar.sanclemente@unad.edu.co, <sup>2</sup>carlos.patinog@unad.edu.co, <sup>3</sup>lirbel67@hotmail.com

### Resumen

En un suelo *Typic Haplustalfs* (USDA) del municipio de Palmira, Valle del Cauca (Colombia), se estableció el sistema de rotación frijol terciopelo *Mucuna pruriens* Var. Utilis-maíz *Zea mays* L., en diseño de bloques completos al azar, con siete tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos en la rotación fueron: T1 (sin *M. pruriens* y sin fertilizar); T2 (abono verde de *M. pruriens* sin fertilizar); T3 (acolchado orgánico de *M. pruriens* sin fertilizar); T4 (abono verde de *M. pruriens* más abono orgánico compostado); T5 (abono verde de *M. pruriens* más fertilizante de síntesis química); T6 (abono verde de *M. pruriens* más abono orgánico compostado, complementado con fertilizante de síntesis química); T7 (acolchado orgánico de *M. pruriens* más abono orgánico compostado, complementado con fertilizante de síntesis química). Se caracterizaron el balance energético y el aporte nutricional usando software Energía 3.01, a partir de las entradas energéticas en cada tratamiento. Se obtuvo la mayor eficiencia energética en el T2 con 114,1, la cual fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) que los demás tratamientos. El T5 donde se usó fertilización de síntesis química obtuvo un valor de 19,1, lo cual refleja altas entradas energéticas y baja productividad. Los mayores aportes nutricionales se obtuvieron en T3, T4, T6 y T7. Sin embargo, se destacan los tratamientos T3 y T4, en los que se usaron acolchado orgánico y abono verde de *M. pruriens* más compost, respectivamente, pues son tratamientos donde se hace un uso más eficiente de los recursos energéticos, por la utilización de insumos de fácil acceso para el productor; ello, a su vez, puede generar beneficios como alimentación para casi 50 personas.ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>. Tales resultados sugieren esta asociación como

alternativa valiosa para uso en la agricultura familiar campesina.

**Palabras clave:** Rotación de cultivos, eficiencia energética, fijación de N<sub>2</sub>, abono verde, acolchado orgánico.

### Abstract

In a *Typic Haplustalfs* (USDA) soil of the municipality of Palmira – Valle (Colombia) the rotation system velvet bean *Mucuna pruriens* Var. Utilis – maize *Zea mays* L. was established in design of complete blocks at random with seven treatments and three repetitions. The treatments in the rotation were: T1 (Without *M. pruriens* and fertilizing), T2 (green manure of *M. pruriens* without fertilizing), T3 (mulching of *M. pruriens* without fertilizing) T4 (green manure of *M. pruriens* more compostado organic manure), T5 (green manure of *M. pruriens* more fertilizer of chemical synthesis), T6 (green manure of *M. pruriens* plus complemented compostado organic manure with fertilizer of chemical synthesis), T7 (mulching of *M. pruriens* plus complemented compostado organic manure with fertilizer of chemical synthesis). The energy balance was characterized and contributes nutritional using software Energy 3.01., from the entrances energetics in each treatment. The greater efficiency was obtained energetics in the T2 with 114.1 Mj.Mj-1 that was significantly greater ( $p < 0.05$ ) to the other treatments. The T5 where fertilization of chemical synthesis was used obtained value of 19.1 Mj.Mj-1, reflecting high entrances energetics and low productivity. The majors contribute nutritional were obtained in T3, T4, T6 and T7. Nevertheless, the treatments T3 and T4 stand out respectively where it was used mulching and

green manure of *M. pruriens* more compost; since they are treatments where more efficient use becomes of the power resources by the use of consumptions readily accessible for the producer, being able to generate benefits like feeding for almost 50 persons.ha-1.year-1. These results suggest this valuable alternative association as for use in familiar agriculture farmer.

**Key words:** Rotation of crops, efficiency energetics, fixation of N<sub>2</sub>, green manure, mulching.

## Introducción

La necesidad de fomentar sistemas de manejo de cultivos que sean resilientes al cambio climático debe generar enfoques de manejo integral que contemplen aspectos sociales, económicos y ambientales (Altieri y Nicholls, 2008). En este contexto, la evaluación energética de dichos sistemas de manejo podría generar información valiosa relacionada con el balance de energía empleada y extraída en el proceso de producción.

El aprovechamiento de la radiación solar como fuente inagotable de energía, así como el de las interacciones simbióticas que se presentan en el suelo, son algunos servicios ecológicos que pueden ser utilizados a favor de los sistemas de cultivo, que sustentan, en la práctica, algunos enfoques sostenibles de manejo agrícola. La biomasa producida vía fotosíntesis puede ser aprovechada para la nutrición vegetal mediante procesos de mineralización una vez se incorporan o se adicionan los residuos verdes al suelo, los cuales pueden contener, además, cantidades significativas de macro y micronutrientes, como en el caso de los restos de leguminosas.

La incorporación/adición de residuos verdes es una práctica bastante utilizada en Colombia por agricultores de bajos recursos, quienes así logran reducir significativamente el uso de fertilizantes de síntesis química, tanto como mejorar los contenidos de materia orgánica del suelo. En algunos países de África, Asia y Centroamérica es muy común el uso de la leguminosa *Mucuna pruriens* como abono verde o cobertura vegetal en la producción de cultivos de cereales, lo que posibilita fijar el N<sub>2</sub> atmosférico, conservar la humedad del suelo en zonas donde el recurso hídrico es escaso, mejorar la estabilidad de agregados y reducir las pérdidas de suelo por erosión con la interceptación de las gotas de lluvia (CIDICCO 2003). Solo en Honduras, el 55% del maíz que es sembrado en el Litoral Atlántico por pequeños agricultores se siembra con asociación a *M. pruriens*, técnica que se ha perpetuado por tradición entre los agricultores, sin la intervención de asistencia técnica (Pool *et al.*, 1998).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia energética del uso de *M. pruriens* como alternativa de manejo de la fertilidad del suelo en un cultivo de maíz (*Zea mays L.*) de zonas de ladera, con miras a evaluar y contribuir a la validación de esta tecnología bajo distintas condiciones agroecológicas; en particular, las de Colombia.

## Métodos

### Descripción del sitio y del suelo

El ensayo se realizó sobre la Cordillera Central, en zona rural del Municipio de Palmira (Valle del Cauca, Colombia) a 1350 m.s.n.m., 23°C de temperatura ambiental promedio y un 70% de humedad relativa del aire. El suelo, que permaneció en barbecho enriquecido por 8 años, corresponde, según IGAC y CVC (2004), a un *Typic Haplustalfs*.

Dentro de sus primeros 10 cm el suelo presentó textura franco arenosa (FA), con un porcentaje de arena del 61,6%; además, un 15,7% de arcilla y un 22,7% de limo, y predominio de agregados grandes (>5 mm), lo que supone una alta inestabilidad en superficie. Los resultados de los análisis químicos iniciales fueron los siguientes: pH (H<sub>2</sub>O) 6,0; contenido de nitrógeno total 1,6 g.kg<sup>-1</sup>; contenido de nitrógeno inorgánico (NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>) 35,0 mg.kg<sup>-1</sup>; 3,5 ppm de contenido de P intercambiable; bases cambiables (cmol.kg<sup>-1</sup>): Ca=26,1; K=0,3; Al=0,1 y Mg=23,3.

### Diseño experimental

Se evaluaron 7 tratamientos utilizando un diseño de bloques completos al azar (BCAA) con 3 repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de 20 m<sup>2</sup>.

Los tratamientos evaluados fueron: T1 (sin *M. pruriens* y sin fertilizar); T2 (abono verde de *M. pruriens* sin fertilizar); T3 (acolchado orgánico de *M. pruriens* sin fertilizar); T4 (abono verde de *M. pruriens* más abono orgánico compostado); T5 (abono verde de *M. pruriens* más fertilizante de síntesis química); T6 (abono verde de *M. pruriens* más abono orgánico compostado, complementado con fertilizante de síntesis química); T7 (acolchado orgánico de *M. pruriens* más abono orgánico compostado, complementado con fertilizante de síntesis química).

El establecimiento del cultivo de *M. pruriens* en las correspondientes parcelas experimentales se realizó utilizando 70 kg.ha<sup>-1</sup> de semilla; posteriormente se incorporó in situ la biomasa vegetal como abono verde o como cobertura muerta, a los 80 días después de sembrado (d.d.s.). La incorporación del abono verde se realizó con machete, a una profundidad de 0-5 cm. El acolchado orgánico se obtuvo después de dejar sobre la superficie el material verde de *M. pruriens*, siguiendo la práctica del *mulching*.

La siembra del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) var ICA 305 se llevó a cabo a razón de 40000 plantas.ha<sup>-1</sup>, después de 20 días de haber incorporado *M. pruriens* como abono verde o como acolchado orgánico. La fertilización adicional del cultivo se realizó en dos etapas: a los 10 d.d.s y a los 30 d.d.s., fraccionando las dosis en un 50% para cada aplicación. El abono orgánico utilizado fue compost tipo *bocachi*, en dosis de 5 t.ha<sup>-1</sup>. El fertilizante de síntesis química utilizado fue NPK 10-30-10, aplicado en dosis de 250 kg.ha<sup>-1</sup>. En los tratamientos T6 y T7 se utilizó una enmienda conformada por 2.5 t.ha<sup>-1</sup> de compost tipo

bocachi, complementada con 125 kg.ha<sup>-1</sup> del fertilizante de síntesis química NPK 10-30-10.

### Evaluación de variables de respuesta

La cuantificación de la biomasa de *M. pruriens* usada en los tratamientos se efectuó mediante la técnica descrita por López *et al.*, (2011) usando un cuadrante de 0,25m<sup>2</sup> (0,5 m × 0,5 m), el cual fue lanzado al azar en las parcelas. A la biomasa extraída se le estimó su materia seca a 105°C por 24 horas, discriminando las fracciones correspondientes a raíces, tallos y hojas. La estimación del rendimiento de maíz en grano seco (14% de humedad)

se realizó mediante gravimetría en balanza analítica.

La evaluación energética de cada tratamiento, se realizó mediante el software Energía 3.01, diseñado para calcular el funcionamiento energético en agroecosistemas (Funes Monzote *et al.*, 2008). Los datos de entrada en el software fueron: trabajo humano (hr); semillas (kg); fertilizantes sintéticos (kg); minerales (kg); herbicidas (kg); insecticidas (kg), y producción (kg); todo ello, tal como se ilustra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Requerimientos de trabajo humano e insumos para la producción de maíz en grano seco en cada tratamiento evaluado.**

	Descripción	Unidad	Tratamientos						
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<b>Trabajo humano</b>	Siembra	hr	24	48	48	48	48	48	48
	Manejo manual de <i>Mucuna p.</i> y arvenses	hr	0	192	192	192	192	192	192
	Incorporación de abono verde	hr	0	80	0	80	80	80	0
	Aplicación de herbicidas	hr	12	0	24	0	0	0	24
	Aplicación de insecticidas	hr	8	4	4	4	4	4	4
	Aplicación de fertilizantes o de abonos	hr	0	0	0	12	12	24	24
	Cosecha	hr	24	24	24	24	24	24	24
	Subtotal de trabajo humano	hr	68	348	292	360	360	372	316
<b>Insumos</b>	Semillas	kg	20	134	134	134	134	134	134
	Fertilizantes nitrogenados	kg	0	0	0	0	50	25	25
	Fertilizante P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg	0	0	0	0	150	75	75
	Fertilizante K <sub>2</sub> O	kg	0	0	0	0	50	25	25
	Compost	kg	0	0	0	5000	0	2500	2500
	Herbicidas	kg	1,5	0	3	0	0	0	3
	Insecticidas	kg	3	1	1	1	1	1	1
	Producción de maíz en grano seco.ha <sup>-1</sup>	kg	4100	4800	6500	6500	5400	7000	6800

Fuente: Sanclemente (2009)

Las variables de salida incluidas en el software Energía 3.01 fueron: balance energético y aporte nutricional del maíz cosechado. El balance energético es una medida de la eficiencia en términos energéticos de la actividad; es, por ello, indicador ambiental de gasto. Para calcularlo se obtiene el coeficiente entre la cantidad total de energía en megajulios (Mj) producida en cosecha a partir del rendimiento de grano seco de maíz y la cantidad total de energía invertida en (Mj), en términos de trabajo humano e insumos (Ecuación 1).

[1]

$$\text{Balance Energético} = \frac{\text{Energía total producida en cosecha [Mj]}}{\text{Energía total invertida [Mj]}}$$

El aporte nutricional es calculado en términos de la cantidad de proteína y de energía extraídas del maíz cosechado, expresadas en personas.ha<sup>-1</sup> (Ecuaciones 2 y 3). Este valor es un indicador del aporte a la soberanía alimentaria del productor y su núcleo familiar, obtenido en cada tratamiento evaluado.

[2]

$$\text{Aporte protéico} = \frac{(\text{Rendimiento} * \% \text{ protéico maíz})}{\text{Requerimiento protéico anual / persona}}$$

[3]

$$\text{Aporte Energético} = \frac{(\text{Rendimiento} * \% \text{ Energético maíz})}{\text{Requerimiento Energético anual / persona}}$$

Los resultados obtenidos en las variables de respuesta se analizaron estadísticamente usando el programa SAS versión 9.0, y las medias se compararon a través de la prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

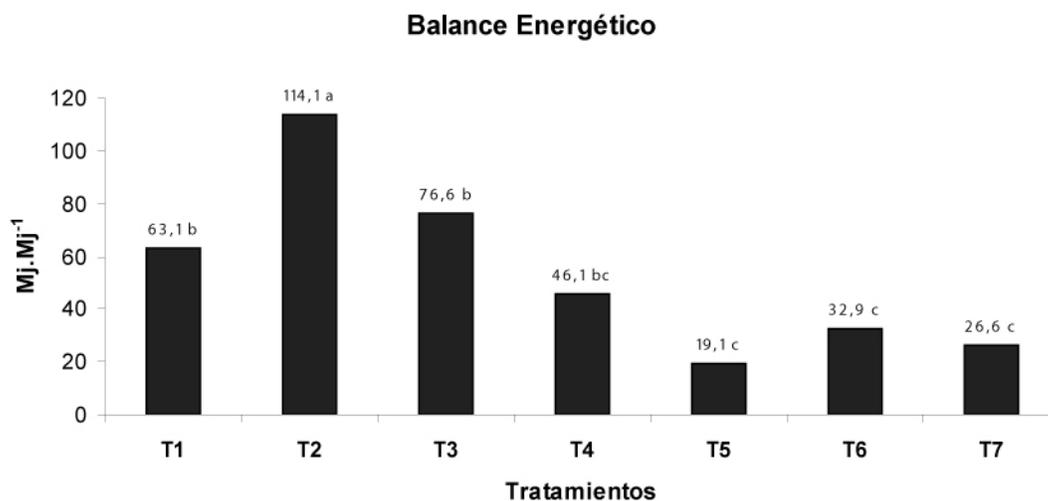
## Resultados y discusión

### Balance energético

La prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ) mostró que el T2 fue significativamente más eficiente, desde el punto de vista energético, que los demás tratamientos, como se muestra en la Figura 1, pues el valor del balance energético indica que, comparativamente, dicho tratamiento requiere la menor inversión de energía para producir una unidad de energía en forma de producto cosechado. Es claro que

no utilizar insumos de síntesis y la menor dependencia de mano de obra son factores explicativos importantes; además, el aporte de biomasa al suelo con el abono verde bien pudo favorecer el incremento de las tasas de mineralización y de liberación de nutrientes en el sistema; sobre todo, en la transformación del  $N_2$  fijado que posteriormente es adicionado al suelo (Baijukya *et al.*, 2004; Diels, 2005; Shoko, 2009).

El T5, en el cual se adicionó fertilización de síntesis química al abono verde, obtuvo los menores valores de balance energético, y, por tanto, altos costos ambientales. Los resultados se corresponden con lo esperado, debido a la gran cantidad de energía requerida en la producción de los fertilizantes sintéticos utilizados.



**Figura 1. Balance energético de la producción de maíz en los siete tratamientos del ensayo. Datos de salida de Software Energía 3.0.1. Letras iguales indican tratamientos estadísticamente iguales, según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).**

El uso de compost para el manejo de la fertilidad del suelo en el T4 obtuvo un nivel intermedio de eficiencia energética, con 46,1. Los tratamientos T6 y T7, donde se adicionó un complemento de fertilización órgano sintético al abono verde y acolchado orgánico respectivamente, obtuvieron valores de eficiencia energética significativamente bajos, debido a que el incremento en los rendimientos finales no suplieron los aportes energéticos adicionados con los abonos; sobre todo, los de síntesis química.

### Aporte nutricional de grano seco de maíz

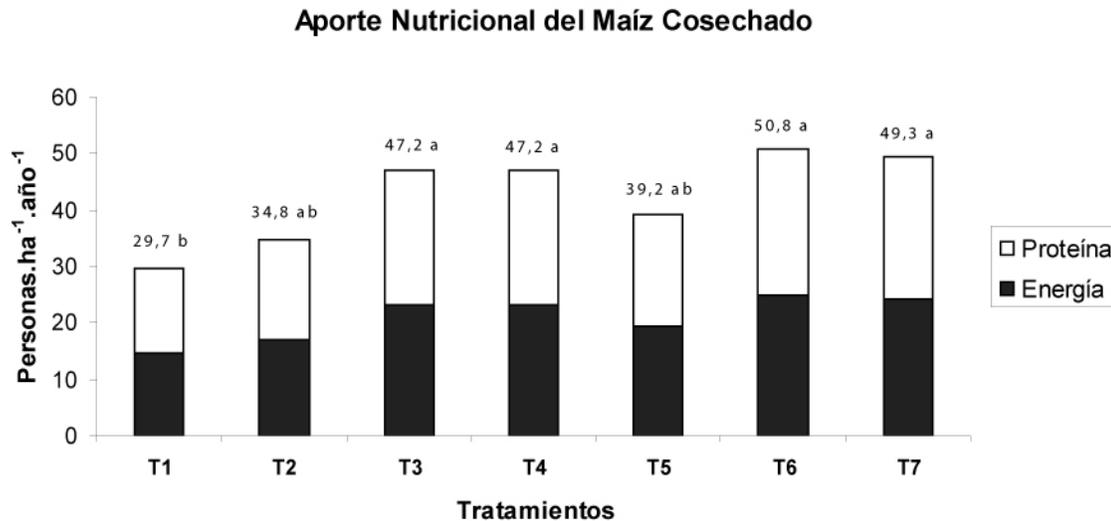
El análisis del aporte nutricional del cultivo de maíz en personas.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> es indicador del grado de seguridad alimentaria y económica que el productor y su familia pueden obtener con la actividad. La Figura 2 muestra que el T6, donde se usó compost más fertilizante de síntesis en el abono verde, obtuvo el mayor valor de aporte nutricional, con 50,8 personas.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; sin embargo, no

se diferenció de manera significativa de los tratamientos T3, T4 y T7. Por consiguiente, los tratamientos T3 y T4, donde se usó *M. pruriens* como acolchado y abono verde más compost, respectivamente, se proyectan como las mejores opciones para pequeños productores, pues permiten menor uso de insumos externos y maximizan beneficios productivos.

Los valores obtenidos en el T1 muestran que el uso de prácticas convencionales del manejo del barbecho en la región de estudio, no genera muchos beneficios en cuanto a rendimiento y retribución al productor: por el contrario, puede ser desfavorable, al no incluir prácticas de conservación del suelo que puedan aportar a la sustentabilidad de la finca (Rivera, 2005; Sanclemente y Prager, 2009). Para los pequeños productores es muy importante el cultivo de maíz, por su polifuncionalidad, pues permite el suministro de proteínas y de energía de consumo directo; además, es fuente de producción de

proteína animal a través de la nutrición de cerdos y aves. Los rendimientos en maíz obtenidos en el presente ensayo se consideran altos para la zona agroecológica trabajada,

bajo condiciones de suelos alfisoles con pendiente pronunciada.



**Figura 2. Aporte nutricional del maíz en términos proteicos y energéticos, en los siete tratamientos del ensayo. Datos de salida de Software Energía 3.0.1. Letras iguales indican tratamientos con medias estadísticamente iguales, según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).**

## Conclusiones

El uso de tecnologías alternativas para manejar la fertilidad del suelo, como abonos verdes y acolchados orgánicos, se constituyen en herramientas valiosas a favor de los pequeños productores, pues con ellas se puede hacer un uso eficiente de los recursos energéticos; sobre todo, los derivados de la biomasa verde, y, al mismo tiempo, mejoran algunas propiedades del suelo y se lo protege de la erosión.

Para el caso del ensayo, se observó que el tratamiento T2, donde se usó el abono verde de *M. pruriens* en rotación con maíz, obtuvo los mayores valores de balance energético en la producción del cereal, y ello guarda relación con una mayor eficiencia en el aprovechamiento de entradas energéticas.

El mayor aporte nutricional de la cosecha de maíz, en términos de energía y proteínas, se obtuvo en los tratamientos T3, T4, T6 y T7. Sin embargo, también se destacan los tratamientos T3 y T4, donde se usó acolchado orgánico y abono verde de *M. pruriens* más compost, respectivamente: son los tratamientos donde se hizo un uso más eficiente de los recursos energéticos, por la utilización de insumos de fácil acceso para el productor. De esta forma, una hectárea de producción de maíz bajo tales prácticas de manejo puede generar anualmente alimento

hasta para 50 personas, lo que refleja beneficios para la familia del productor, al igual que para su economía, con la comercialización de los excedentes obtenidos.

## Literatura citada

- Altieri M.A. y Nicholls C.I. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. Publicado en la Revista Agroecología, Murcia- España No. 3: 7-28.
- Baijukya F., De Ridder N., and Giller K. 2004. Nitrogen release from decomposing residues of leguminous cover crops and their effect on maize yield on depleted soils of Bukoba District, Tanzania. In Journal Plant and soil. No. 279: 77-93.
- Centro internacional de información sobre cultivos de cobertura. CIDICCO. 2003. Catálogo de Abonos verdes / cultivos de cobertura (CCAV), empleados por pequeños productores de los trópicos. Honduras, p. 7.
- Diels J., Dercon G., Pypers P., Van Loon L., Merckx R., Aihou K., Vanlauwe B. 2005. Improving sustainable intensification of cereal-grain legume cropping systems in the savannahs of West Africa: quantifying residual effects of legumes on maize, enhancing p mobilization by legumes and studying long-term soil organic matter

(SOM) dynamics. In Management Practices for Improving Sustainable Crop Production in Tropical Acid Soils. International Atomic Energy Agency. Pp. 65 – 82.

**5.** Funes Monzote, F., Castro J., Rodríguez N., Goncalves A. 2008. Especificaciones técnicas del Software Energía 3.0.1. Manual de usuario. 32p.

**6.** Instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. 2004. Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Valle del Cauca 2004, Cali 590 p.

**7.** Lal R. and Stewart B.A. 1995. Soil Management Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality. CRC Press, Inc. United State of America. 555 p.

**8.** López I., Fontenot J. y García Peniche T. 2011. Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de Festuca alta. Artículo publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, México No. 2(2): 209- 220.

**9.** Pool L., León N., González C., Figueroa O. 1998. Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la Agricultura Chol del Valle de Tulijá, Chiapas, México. Artículo publicado en la Revista Terra Latinoamericana, México Vol. 16 No (4): 359-369.

**10.** Rivera J.H. 2005. Prevención y control de erosión severa para zonas de ladera tropicales. Centro para la

investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV). Colombia, 65 p.

**11.** Sanclemente O. 2009. Efecto del cultivo de cobertura: *Mucuna pruriens*, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo *Typic Haplustafs*, cultivado con maíz (*Zea Mays L.*) en zona de ladera del municipio de Palmira, Valle. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 80p.

**12.** Sanclemente O., y Prager M. 2009. Efecto del cultivo de cobertura y abono verde: *Mucuna pruriens* en las propiedades biológicas de un suelo *Typic Haplustafs*, cultivado con maíz dulce (*Zea Mays L.*) en la zona de ladera del Municipio de Palmira Valle del Cauca, Colombia. Artículo Publicado en la Revista Brasileira de Agroecología. Vol. 4 (2): 4133 – 4138.

**13.** Shoko M. 2009. Exploring phosphorus, *Mucuna pruriens* and nitrogen management options for sustainable maize production in a depleted kaolinitic sandy loam soil of Zimbabwe. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Agriculture, At Stellenbosch University. Chapter 3: 26-40.

Recibido: 14 de febrero de 2012

Aceptado: 20 de abril de 2012

# Efecto de cuatro niveles de sombra en la germinación de *Oreopanax floribundum* en condiciones de vivero

## Effect of four levels of shade on *Oreopanax floribundum* germination in nursery conditions

<sup>1</sup>Carmen Rosa Montes-Pulido, <sup>2</sup>Jorge Alexander Silva y <sup>3</sup>Jorge Rondón

<sup>1</sup>Ingeniera forestal; especialista en economía del ambiente y de los recursos naturales; magíster en evaluación en educación. <sup>2</sup>Ingeniero agroforestal <sup>3</sup>Ingeniero de alimentos; especialista en desarrollo para el aprendizaje autónomo; magíster en ciencias estadísticas; máster en educación y TIC.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), Bogotá, Colombia. <sup>3</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingenierías (ECBTI), Bogotá, Colombia.

<sup>1</sup>carmen.montes@unad.edu.co, <sup>2</sup>jekatrugal@gmail.com, <sup>3</sup>jorge.rondon@unad.edu.co

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de cuatro niveles de sombra en la germinación de la especie *Oreopanax floribundum*. Bajo invernadero, los frutos se depositaron en bolsas plásticas selladas, por 48 horas; se escarificaron en arena de río y se sumergieron en agua por 12 horas. Seguidamente se dejaron sobre papel periódico por 2 días. En bandejas con sustrato conformado por tierra (40%), turba (20%), arena de río (20%) y perlita (20%), se manejaron 4 niveles de malla polisombra para contrarrestar la entrada de luz: 90%, 65%, 33% y sin polisombra. Se obtuvo un efecto positivo debido al uso de polisombra en el porcentaje y la velocidad de germinación de semillas. Con polisombra del 90% se alcanzó una germinación diaria del 18% durante los 2 primeros días, mientras que bajo la polisombra del 65% y del 33% la germinación fue del 17%, y del 14%, a los 7 y a los 9 días, respectivamente. En los 39 días de duración del ensayo, bajo efecto de polisombra el total de semillas germinadas estuvo entre el 69% y el 70%, y sin polisombra, en el 30%.

**Palabras clave:** efecto de luz en semillas, germinación en vivero, semillas forestales.

### Abstract

The objective was to determine the effect of four shade levels of on *Oreopanax floribundum* germination. Under greenhouse, the fruits were placed in sealed plastic bags

for 48 hours; they were scarified in river sand and immersed in water for 12hours. Then, they were left on newspaper for two days, in trays with a substrate consisting of organic matter (40%), peat(20%), river sand (20%) and perlite(20%). Four levels of shadow were managed: 90%, 65 %, 33% and control. A positive effect was obtained with use of polyshade in the percentage and speed of seed germination. With polyshade of 90 % was reached a daily germination of 18 % during the first two days, whereas under the polyshade of 65 % and 33 % the germination was 17 %, and 14 %, during 7 and 9 days, respectively. For 39 days of duration of the test under effect of polyshade the total of germinated seeds was between 69 and 70 % and without polyshade in 30 %.

**Key words:** effect of light on seed germination, germination in the nursery, forest tropical seed.

### Introducción

La Sabana de Bogotá ha perdido gran parte de la vegetación boscosa primaria (Cortes-S., Van der Hammen y Rangel, 1999). Conservar bosques remanentes y conocer la forma de agilizar el proceso de propagación de las especies que los integran son estrategias para atender las necesidades de restaurar la vegetación altoandina que se tiene en la actualidad. Disminuir los tiempos de germinación, y, en consecuencia, bajar costos en la producción de especies del bosque andino, contribuye a facilitar el uso de la especie su uso en dichos proyectos.

El *Oreopanax floribundum* forma parte de los bosques y los matorrales altos del piso andino, localizados a altitudes inferiores a los 2800 m.s.n.m. Allí se encuentra asociado, principalmente, a *Myrcianthes leucoxylla*, *Miconia squamulosa*, *Myrsine guianensis* y *Macleania rupestris* (Cortes-S., van der Hammen y Rangel, 1999; Cortes-S., 2003). Estas especies son propagadas por el Jardín Botánico de Bogotá para fines de restauración, por lo cual es importante conocer y mejorar las correspondientes técnicas de propagación en vivero.

Al respecto, en Quito (Ecuador) Nicholls (2008), mediante técnicas *in vitro*, analizó dos tratamientos de luz en la germinación de la semilla de *Oreopanax ecuadorensis* (pumamaqui): ausencia durante cuatro días y presencia durante seis, debido a que en ausencia de luz se logra un 71% de germinación, mientras que en su presencia solo se alcanza un 38%.

Brandbyge (1991) realizó, también en Ecuador, pruebas de germinación en cajas petri y en cajoneras con *Oreopanax* sp. Previamente adelantó inmersión en agua por 24 y por 3 horas, respectivamente. Para el primer caso la germinación inició a los 19 días y terminó a los 40; según ello, alcanzó un promedio del 49%. Para el segundo caso la germinación inició a los 30 días y terminó a los 45, con un promedio del 37%. El objetivo de Brandbyge fue evaluar el efecto de la sombra sobre la germinación de las semillas de *Oreopanax floribundum*.

## Métodos

El ensayo se realizó en el predio del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, ubicado a 4° 40' 24" latitud norte y 74° 06' 14,5" longitud oeste, a 2551 metros de altitud, temperatura media de 14°C y humedad relativa del 80%.

Se colectaron frutos maduros de 4 árboles de *Oreopanax floribundum* en el Jardín Botánico. Posteriormente se lavaron y almacenaron en bolsa plástica transparente y hermética, durante 48 horas. Lo anterior, con la finalidad de facilitar el despulpe y la separación de la drupa. Seguidamente, fueron enjuagados y escarificados aplicando arena de río, y se los pasó por un tamiz, donde se les aplicó agua a presión. Se situaron nuevamente en agua

limpia durante 12 horas (Gordon y Rowe, 1982, citado por Willan, 1991). A continuación se eliminaron las semillas flotantes (vanas) y se seleccionaron las que permanecían en el fondo del recipiente. Posteriormente, se lavaron las semillas y se les aplicó un fungicida cuyo ingrediente activo es Carboxín: -5,6-dihidro-2-metil-N-fenil-1,4-oxatiin-3-carboximida y Captan: N-triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida. La concentración utilizada fue de 1 g por litro de agua. Las semillas se sumergieron en la solución preparada durante 3 minutos; posteriormente fueron depositadas sobre papel periódico durante 2 días, para su secado.

En un diseño de bloques al azar se emplearon 4 tratamientos, con 15 repeticiones cada uno, y 20 semillas por repetición: sin sombra, malla polisombra al 33%, al 65% y al 90% de restricción de ingreso de luz, para un total de 1200 semillas en el ensayo. En bandejas de germinación con alveolos de 4 x 14 x 26 cm se utilizó sustrato conformado por tierra (40%), turba (20%), arena de río (20%) y perlita (20%). La tierra fue desinfectada con Dazomet: 3,5-dimetil-(2H)-tetrahidro-1,3,5 tiadazina-2-tiona, en dosis de 50 g por metro cuadrado.

Para la siembra se puso una semilla por cada alveolo. Se regaron diariamente 1-2 veces por día, dependiendo de las condiciones ambientales. Para el registro de germinación se realizaron observaciones durante 39 días, desde el momento de siembra.

Se realizó un análisis de varianza entre los tratamientos para un diseño de bloques al azar y se aplicó la prueba de Duncan para aquellos casos donde se halló diferencia significativa entre tratamientos.

## Resultados

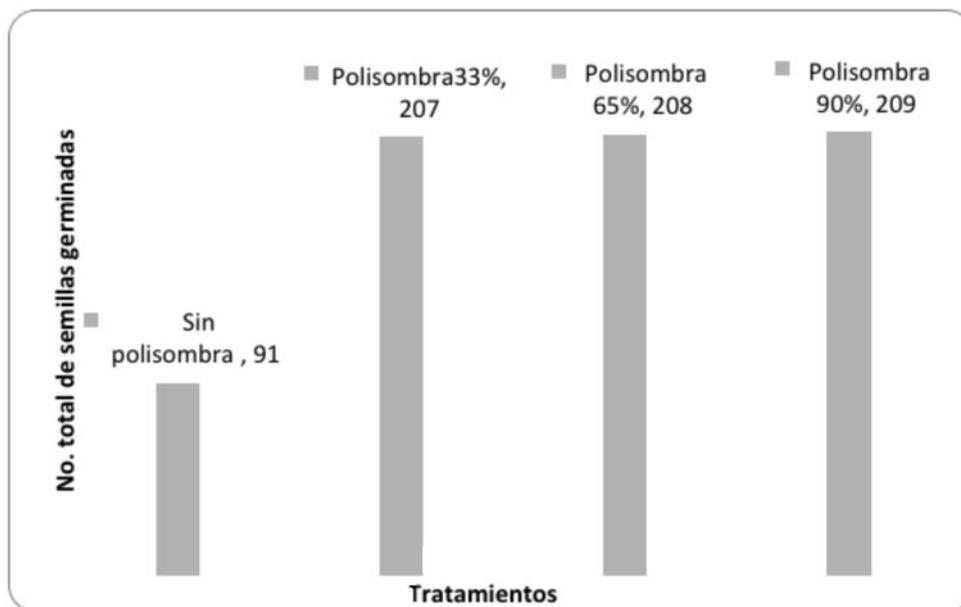
En la Tabla 1 se sintetizan los resultados de germinación de la especie *Oreopanax floribundum* observados durante 39 días. Allí se destaca para la polisombra al 90% una mayor velocidad de germinación, alcanzada a los 26 días de sembradas, con germinación de 87 semillas. Con polisombra se alcanzó una velocidad media del 65% y del 33%, con 149 y 126 semillas germinadas durante 30 días, respectivamente. En el tratamiento sin sombra 112 semillas se tardaron 39 días en germinar.

**Tabla 1. Registro de germinación de *Oreopanax floribundum***

Parámetro	Sin sombra	Tratamiento		
		Polisombra al 33%	Polisombra al 65%	Polisombra al 90%
Primer día de germinación	Día 25	Día 18	Día 21	Día 24
Máxima germinación	Día 39	Día 30	Día 30	Día 26
Periodo de máxima germinación	14 días	12 días	9 días	2 días
No. de semillas germinadas durante el periodo de máxima germinación	112	126	149	87
No. de semillas germinadas durante el día de máxima germinación	16	44	53	55
Germinación diaria media	2,3	5,3	5,3	5,3
No. total de semillas germinadas en 39 días	91	207	208	209

Como se observa en la Figura 1, para la germinación total de los 4 niveles de sombra de un total de 300 semillas

sembradas por tratamiento, germinaron entre 207 y 209 bajo polisombra, mientras que sin polisombra germinaron solo 91.



**Figura 1. Germinación total para cuatro niveles de sombra en semillas de *Oreopanax floribundum***

La Figura 2 evidencia que el mayor porcentaje de germinación diaria (18%) se manifestó en la polisombra del 90%, 2 días después de iniciada la germinación de todo el ensayo. Muy cerca del anterior, la polisombra del 65% alcanza mayor porcentaje de germinación diaria (17%) en

el día 7, mientras la polisombra del 33% alcanza el 14% en el día 9. Finalmente, la germinación diaria máxima sin malla polisombra no supera el 5% para los días 4, 6 y 9 del periodo de máxima germinación.

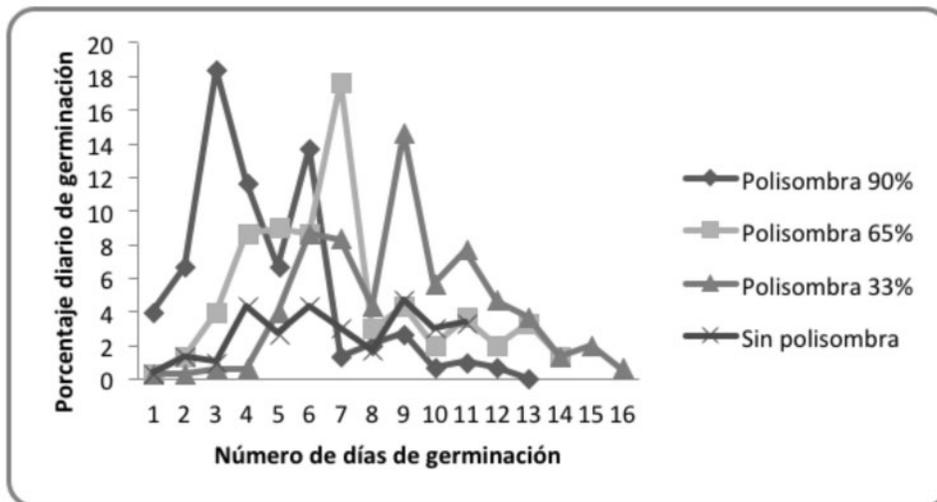


Figura 2. Porcentaje de germinación diaria para cuatro niveles de sombra en *Oreopanax floribundum*

Al comparar los valores de germinación en la Figura 3 se perciben valores iguales (0,094) para los tratamientos con polisombra del 90% y el 65%, seguidos de 0,090 para polisombra del 33%, y, finalmente, un valor de germinación muy pequeño, de 0,01, sin polisombra.

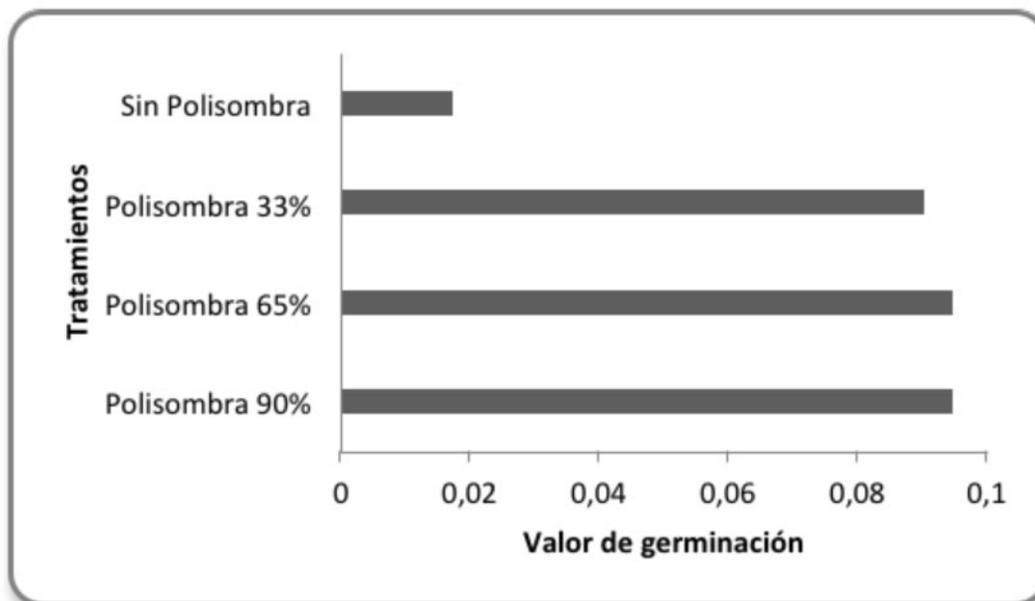


Figura 3. Valor de germinación para cuatro niveles de sombra en *Oreopanax floribundum*

Desde el punto de vista estadístico, se encontró una diferencia significativa entre la germinación bajo polisombra del 90% y la obtenida a plena luz sin polisombra. Igualmente, se presentó diferencia significativa entre la poli-

sombra del 65% y sin polisombra. En conclusión, el uso de polisombra, que restringe una alta proporción de luz solar, tiene efecto positivo sobre el porcentaje y la velocidad de germinación del *Oreopanax floribundum*.

## Discusión y conclusiones

De acuerdo con el planteamiento de Aldhous, (1972), citado por Will (1991), probablemente solo las semillas que germinan con rapidez y vigor en condiciones favorables de laboratorio tienen capacidad para producir plántulas vigorosas en terreno; así pues, se asume que las que presentan una germinación rezagada respecto al periodo de máxima germinación tendrán mayores dificultades, y, por tanto, mayores costos de producción y de mantenimiento.

En este contexto, y bajo las condiciones del ensayo, la velocidad y el porcentaje de germinación de *Oreopanax floribundum* se incrementan con el uso de polisombra; predominantemente, con aquella que restringe el ingreso del 90% y el 65% de luz. El dato obtenido es importante, por cuanto reducir tiempo de germinación en 7 o 10 días equivale a disminuir costos en jornales y riego dentro del vivero.

Teniendo en cuenta que el valor de germinación resulta igual (0,94) para las polisombas del 90% y el 65%, y que se manifiesta ligeramente inferior (0,90) para la polisombra del 33%, cabe concluir que se puede utilizar cualquiera de las 3 polisombas y sería conveniente evitar condiciones de germinación a plena luz.

Para estudios posteriores de efecto de la luz sobre *Oreopanax floribundum* se recomienda utilizar una mayor variabilidad genética seleccionando semillas procedentes de diversos bosques naturales del altiplano andino colombiano.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero Forestal Raúl García, docente de la UNAD y promotor de la idea del proyecto; al ingeniero ambiental Jairo Olaya Medina, y a los trabajadores del Área de Producción en Vivero del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, quienes facilitaron el espacio, la adecuación y los materiales para adelantar este proyecto, y se encargaron del riego y el mantenimiento diario de los ensayos.

## Literatura citada

1. Aldhous, J.R. 1972. Nursery practice. Forestry Comm. Bull.№ 43, Londres.

2. Brandbyge, J. 1991. Reforestación de los Andes ecuatorianos con especies nativas. Programa PE reforestación en áreas marginales de la sierra ecuatoriana (CESA-Intercooperation Suiza) (en línea) [http://www.rredlatina.info/biblioteca/ECES\\_REFORESTACION\\_ANDES\\_completo.pdf](http://www.rredlatina.info/biblioteca/ECES_REFORESTACION_ANDES_completo.pdf). (consultado el 28 de febrero de 2012)

3. Cortés-S, S.P., Van der Hammen, T & Rangel-H, J.O. 1999. Comunidades vegetales y patrones de degradación y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía- Cundinamarca-Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc* 23 (89): 529-554.

4. Cortés-S, S.P., 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chia (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25(1) 2003: 119-137

5. Flores, E. 1995. Morfofisiología, comportamiento y germinación de semillas forestales En: Avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias Simposio. Salazar R. (edit). Managua, Nicaragua 16-20 octubre de 1995 ppa 149-152

6. Gordon y Rowe, D.C.F. 1982. *Seed manual for ornamental trees and shrubs*. For. Comm. Bull. 59, HMSO, Londres.

7. Nicholls-Andrade., M.G. 2008. Efectos de luz, temperatura, Salinidad y  $GA_3$  en la germinación de semillas de Pumamaqui (*Oreopanax* sp). Universidad San Francisco de Quito (Ecuador), tesis presentada como requisito para obtener el título de BS en Biotecnología (en línea) <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/562> (consultado el 28 de febrero de 2012)

8. Salhet, C & Saravia, A. 1995. Efecto de la reducción de horas luz en la germinación de cinco especies forestales. En: Avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias Simposio. Salazar R. (edit). Managua, Nicaragua 16-20 octubre de 1995 pp 159-164.

9. Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. (En línea) <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD232S/ad232s00.htm#TOC> (Consultado el 02 de Junio de 2011)

Recibido: 7 de febrero de 2012.

Aceptado: 20 de abril de 2012.



# Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físicoquímicas del suelo

## Interrelation between the content of secondary metabolites of species *Gliricidia sepium* and *Tithonia diversifolia* and some physicochemical properties of soil

<sup>1</sup>Luz Elena Santacoloma Varón y <sup>2</sup>Jairo Enrique Granados

<sup>1</sup>Zootecnista; especialista en nutrición animal sostenible; magíster en gestión ambiental para el desarrollo sostenible.

<sup>2</sup>Licenciado en química; magíster en ciencias químicas; magíster en docencia de la química.

<sup>1, 2</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA). Bogotá, Colombia.

<sup>1</sup>luz.santacoloma@unad.edu.co, <sup>2</sup>jairo.granados@unad.edu.co

### Resumen

Se recolectaron muestras de dos plantas forrajeras (hoja peciolo) de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*, en diferentes condiciones edáficas (departamentos del Valle del Cauca y Cesar), y se evaluó su contenido de polifenoles totales, taninos totales, taninos condensados y saponinas. El propósito fue detectar el efecto de las condiciones de conductividad eléctrica sobre la concentración de estas fitobiomoléculas secundarias metabolizadas por la célula vegetal. Se aplicaron técnicas analíticas e instrumentales de la AOAC (2005) para determinar la presencia de dichos fitometabolitos secundarios. Los resultados obtenidos para cada variable se sometieron a un análisis de varianza en doble vía, con el fin de determinar diferencias estadísticas entre zonas muestreadas y especies evaluadas. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación múltiple, utilizando el coeficiente de Pearson, con el propósito de detectar las posibles correlaciones entre conductividad eléctrica, y el contenido de los metabolitos secundarios cuantificados en las especies muestreadas. Se concluyó que el contenido de polifenoles totales, taninos totales, taninos condensados y saponinas no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las tres zonas muestreadas, y se presentó una alta correlación entre el valor de la conductividad eléctrica del suelo y el contenido de metabolitos secundarios.

**Palabras clave:** Metabolitos secundarios, polifenoles, taninos totales, taninos condensados, saponinas, conductividad eléctrica.

### Abstract

Samples were collected from 2 forage plants (leaf stalk) of the species *Gliricidia sepium* and *Tithonia diversifolia* in different soil conditions (departments of Valle del Cauca and Cesar) and evaluated for total polyphenol content, total tannins, condensed tannins and Saponins. The purpose was to detect the effect of the conditions of electrical conductivity on the concentration of these secondary fitobiomoléculas metabolized by the plant cell. We applied analytical techniques and instrumental AOAC (2005) to determine the presence of such fitometabolitos side. The results obtained for each variable were subjected to analysis of variance two-way, in order to determine statistical differences between areas sampled and evaluated species. Additionally, we performed a multiple correlation analysis using the Pearson coefficient, in order to detect any correlation between electrical conductivity and the content of secondary metabolites quantified in the species sampled. It was concluded that the content of total polyphenols, total tannins, condensed tannins and saponins did not show statistically significant differences between the three areas sampled, and there was high correlation between the value of the electrical conductivity of soil and content of secondary metabolites.

**Key words:** Secondary metabolites, polyphenols, tannins overall, condensed tannins, saponins, electrical conductivity.

## Introducción

El uso de leguminosas y de asteráceas en sistemas de alimentación animal es una práctica que se ha venido implementando desde hace varios años en muchas regiones del trópico, por el alto contenido de proteína y de minerales que contienen. Entre las leguminosas se destaca la arbórea *Gliricidia sepium*, especie poco valorada como fuente suplementaria de proteína; en especial, durante la época seca, cuando los forrajes son escasos y de mala calidad (Palma *et al.*, 1999). Entre las asteráceas sobresale la *Tithonia diversifolia*, planta de gran adaptabilidad a diversos pisos térmicos y con alto contenido de nutrientes para rumiantes y no rumiantes.

No obstante lo anterior, es importante tener en cuenta un factor que, en cierta medida, puede constituir una limitante en el uso de estas plantas como material forrajero, y es la presencia de metabolitos secundarios que pueden afectar la digestibilidad, y los cuales no solo pueden interferir con los procesos de digestión y absorción de los nutrientes, sino que, previamente a su paso al torrente sanguíneo, pueden desencadenar variados efectos sistémicos en los animales (Jackson *et al.*, 1996).

El contenido de varios tipos de dichos metabolitos secundarios está influenciado por el genotipo de la planta (la especie y la variedad), las características ambientales (la radiación solar y la disponibilidad de agua), la velocidad de crecimiento, la madurez, la condición nutricional del suelo, la depredación y las enfermedades (Waterman y Mole, 1994). Así mismo, la aparición de los compuestos secundarios está relacionada con los mecanismos de defensa de la planta y los efectos del suelo y del clima (Harborne, 1993).

Según plantea Kumar (1997), los distintos compuestos que puede producir una especie presentan una determinada distribución dentro de los órganos, los tejidos y las células de una planta, y ello responde a menudo a las influencias ambientales. Según Norton (1997), los factores ambientales que mayor incidencia tienen en el contenido de taninos son la estación climática, la humedad ambiental y la luminosidad.

Entre los metabolitos secundarios se destacan los taninos, por su abundancia en la naturaleza, y, particularmente, en los forrajes; Posada (2005) los define como un grupo de polifenoles solubles en agua, de relativo alto peso molecular y con presencia en casi todas las plantas; particularmente, en las dicotiledóneas, de las cuales hacen parte las leguminosas. Leinmüller (1995) explica que la distribución de metabolitos secundarios al interior de las plantas varía entre especies, y dentro de la célula vegetal se localizan en las vacuolas citoplasmáticas o en la pared celular.

La síntesis de taninos, por su parte, se presenta a partir de esqueletos de carbono del metabolismo primario, como ocurre con los rebrotes más jóvenes de la planta, que también necesitan las reservas de carbono para su crecimiento (Haukioja, Niemela y Sirén, 1995).

Así mismo, los taninos tienen la capacidad para formar enlaces químicos más o menos estables al interactuar con proteínas, carbohidratos y otras macromoléculas de los alimentos, o con las enzimas digestivas; además, se ha demostrado que los taninos pueden ser tóxicos para las bacterias; en los rumiantes este efecto se refleja en cambios de la digestión ruminal de proteínas y carbohidratos, y en la producción de ácidos grasos volátiles (Makkar *et al.*, 1995).

Otro aspecto inherente a la planta y que incide en el contenido de taninos, es la parte de la planta a la cual pertenece, por lo cual, se ha determinado que el contenido de dichos metabolitos en el peciolo es diferente del que hay en la hoja. Por su parte, Oncina *et al.* (2000) han demostrado que las partes de la planta presentan distintas productividades de metabolitos secundarios, y que se acumulan cantidades de metabolitos diferentes de acuerdo con la parte de la planta a la cual corresponde tal acumulación.

Los taninos pueden dividirse, según su estructura química, en taninos condensados (proantocianidinas) y taninos hidrolizables (derivados de los ácidos gálico y elálgico). Al respecto, Romero y Palma (2001) encontraron que factores como el pastoreo provocan una disminución en el contenido de taninos condensados y de los fenoles totales en *Gliricidia sepium*; probablemente, porque se presenta una mayor competición por reservas para la generación de hojas, más que para la producción de taninos condensados.

El efecto de la época también varió según la naturaleza del tanino, sin mostrar tendencias consistentes. Los mismos autores reportan que los taninos adheridos a proteína representaron alrededor del 70%-75% de los taninos condensados totales; los valores son más altos durante la época de sequía que en la de lluvias. Los taninos condensados pueden llegar a producir efectos depresivos sobre el consumo y la digestibilidad de la materia seca y el nitrógeno, pues provocan saciedad y limitan, por lo tanto, el consumo de materia seca (Flores *et al.*, 1999; Gutiérrez *et al.*, 2003).

Gershenzon (1984) reporta que la disponibilidad de agua contribuye a la producción de taninos condensados; al encontrarse en periodo de escasez de agua, las plantas cierran sus estomas y restringen el proceso de fotosíntesis. De este modo se esperaría una relación negativa entre el estrés hídrico y la producción de compuestos fenólicos.

Por su parte, la leguminosa *G. sepium* puede ser considerada como una de las leguminosas tropicales con menor contenido de taninos condensados, en comparación con otras como *Flemingia macrophylla*, con (388 g/kg) (Cano, Carulla y Lascano, 1994), *Desmodium ovalifolium* (238 g/kg), *Acacia mangium* (100 g/kg), *Callyandra* sp (194 g/kg) (Jackson y Barry, 1996). Esta concentración bien podría explicar el comportamiento de los animales de desarrollar un grado de gustosidad medio para *G. sepium* (Kaito *et al.*, 1996).

Por lo anterior, y considerando todos los análisis químicos realizados, la hoja de *Gliricidia sepium* es un excelente forraje para dietas tropicales, pues presenta los compuestos

nutricionales más altos, una buena tasa de degradabilidad y principios tóxicos más bajos que los de otros forrajes estudiados.

Respecto a la especie forrajera *Tithonia diversifolia*, en un análisis de metabolitos secundarios realizado por Rosales (1998) no se encontraron ni fenoles ni taninos, mientras que Vargas (1994) halló un bajo contenido de fenoles y ausencia de saponinas. Mungarulire *et al.* (1993) encontraron en esta especie un compuesto citotóxico. También se cree que *Tithonia diversifolia* destruye los parásitos intestinales del ganado, y que sus residuos amargos ayudan a la digestión del material fibroso (Wanjau *et al.*, 1998).

Las saponinas son otro tipo de metabolitos secundarios, conformados por compuestos que en forma glucosídica (como esteroides reguladores del crecimiento) pueden generar en las plantas alto crecimiento, desarrollo, rápida recuperación ante la poda y brotes abundantes (Ashok, Vincent y Nessler, 2000). También Kumar (1997) plantea que ante la dependencia de las concentraciones y de las estructuras químicas específicas, los compuestos saponínicos pueden constituir factores antinutricionales en rumiantes y monogástricos, por conferirles a los forrajes un sabor amargo; también, provocar espumas consistentes

e interferir en la absorción de los alimentos. No obstante, también pueden tener un efecto positivo en el metabolismo digestivo, al generar complejos con otros metabolitos secundarios de características tóxicas (Makkar, 1997).

En consecuencia, es necesario realizar investigaciones sobre los efectos de los factores ambientales, tales como los edáficos, en la producción de metabolitos secundarios y en las interacciones suelo-planta, así como en la determinación de los factores que inciden en su concentración. Por lo tanto, el propósito central de la presente investigación fue establecer una interrelación específica entre algunas propiedades fisicoquímicas del suelo, como el pH, y la conductividad eléctrica del suelo con la producción de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia sepium*.

## Métodos

### Zona de muestreo

La recolección del material vegetal y de suelos se realizó en fincas ubicadas en el municipio de Tuluá (zona central del Valle del Cauca), y en los municipios de San Diego y de Pueblo Bello, en el Cesar, con las condiciones climáticas que se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Condiciones climáticas de las regiones donde fueron tomadas las muestras de forraje**

Zonas de muestreo	Condiciones climáticas		
	Temperatura promedio (°C)	Precipitación promedio (mm lluvia)	Altura (msnm)
Tuluá (Valle del Cauca)	27	1200	950
San Diego (Cesar)	29	1311	500
Pueblo Bello (Cesar)	21	-	1200

Fuente: Plan de Desarrollo de los Municipios (2011).

### Recolección de las muestras

La fracción vegetal (hojas y tallos tiernos) de *Gliricidia sepium* y de *Tithonia diversifolia* fue colectada a partir de plantas adultas en agosto de 2011, mes durante el cual predomina el tiempo seco en los tres lugares objeto de estudio. El material fue llevado al Laboratorio de Nutrición Animal de la sede Nacional José Celestino Mutis de la UNAD, y fue sometido a proceso de secado a temperatura ambiente, en un lugar ventilado, durante 72 horas. Posteriormente, las muestras fueron molidas y tamizadas, y se recolectaron sus extractos para el análisis de los metabolitos secundarios.

### Preparación y extracción del material para análisis fitoquímico

Las muestras se secaron a la sombra durante 30 días; posteriormente se las molió hasta menos de 1 mm de tamaño de partícula, en un molino de martillo para laboratorio. Se prepararon 3 fracciones (etanol, éter dietílico y agua) con 10 g de cada muestra, y, finalmente, se hizo un tamizaje fitoquímico). Por último, se cuantificaron las cantidades de polifenoles totales, taninos totales y taninos condensados presentes en las muestras, utilizando etanol como solvente y tomando como base las técnicas descritas por AOAC (1995).

## Métodos analíticos para los fitometabolitos estudiados

Los métodos utilizados se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2. Identificación de las variables analizadas y de la técnica analítica utilizada**

Variable	Técnica analítica	Fuente
Polifenoles totales (PFT)	Espectrofotometría con reactivo de Folin Ciocalteu	Dewanto <i>et al.</i> (2002)
Taninos condensados (TC)	Espectrofotometría con n-butanol-HCl	Terrill <i>et al.</i> (1992)
Taninos totales	Folin-Denis y Folin Ciocalteu	Posada, <i>et al.</i> (2006)

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal UNAD (2011).

Para la prueba de las saponinas se tomó 1 mL de metanol y se le añadieron 9 mL de agua, para luego filtrarse dicha solución. Se tomó 1 mL del filtrado en un tubo de prueba pequeño, se lo agitó vigorosamente por 30 segundos y se

lo dejó en reposo durante 15 minutos. La espuma sobrenadante indica la presencia de saponinas en el forraje. La proporción de saponinas se midió de acuerdo con la altura (h) de la espuma sobrenadante (Tabla 3).

**Tabla 3. Determinación de saponinas según la altura de la espuma**

Rango h (mm)	Indicador
0,0	Prueba negativa
0,1-5,0	Contenido muy bajo
5,1-9,0	Contenido bajo
9,1-14	Contenido moderado
Mayor que 14	Contenido alto

Fuente: Cuéllar (1999).

Respecto a los análisis de pH y de conductividad eléctrica de las muestras de suelo, se utilizó la técnica descrita en IGAG (2006).

Se sometieron los resultados obtenidos para cada variable a un análisis de varianza en doble vía, con el fin de determinar diferencias estadísticas entre zonas muestreadas y especies evaluadas. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación múltiple, utilizando el coeficiente de Pearson, con el propósito de detectar las posibles correlaciones entre conductividad eléctrica, pH y el contenido de los metabolitos secundarios cuantificados en las especies muestreadas. Para lo anterior, se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 11.5.

## Resultados y discusión

### Polifenoles Totales (PFT)

Estas sustancias constituyen un amplio grupo de compuestos del metabolismo secundario de las plantas, y desempeñan diversas funciones de protección del ataque de patógenos o de organismos herbívoros. También han sido considerados por Hadacek (2002) como productos de desintoxicación, sobreexpresiones del metabolismo primario, productos de degradación y productos de almacenamiento. Son sintetizados a partir de esqueletos de carbono, por lo cual necesitan, y demandan, reservas de carbono para su formación y su crecimiento (Masashi, Takashi y Kouhei, 2007).

Los polifenoles son los metabolitos secundarios más ampliamente distribuidos dentro del reino vegetal. Se trata de sustancias que poseen al menos un anillo aromático con un radical hidroxilo sustituyente en su estructura química (Makkar y Goodchild, 1996).

Dado que la mayor concentración de polifenoles, tales como los ácidos hidroxibenzóico e hidroxicinámico y los flavonoides, están presentes en las plantas vasculares

(Kumar, citado por García, 2004); estos metabolitos, además de las isoflavonas, tienen una apreciable distribución en las leguminosas, como es el caso de *Gliricidia sepium*; en relación con especies vegetales diferentes, por ejemplo, la *Tithonia diversifolia*, posiblemente generará otro tipo de moléculas polifenólicas. Los resultados obtenidos para esta variable, que es analizada en las tres poblaciones objeto de estudio, se muestran en la Figura 1.

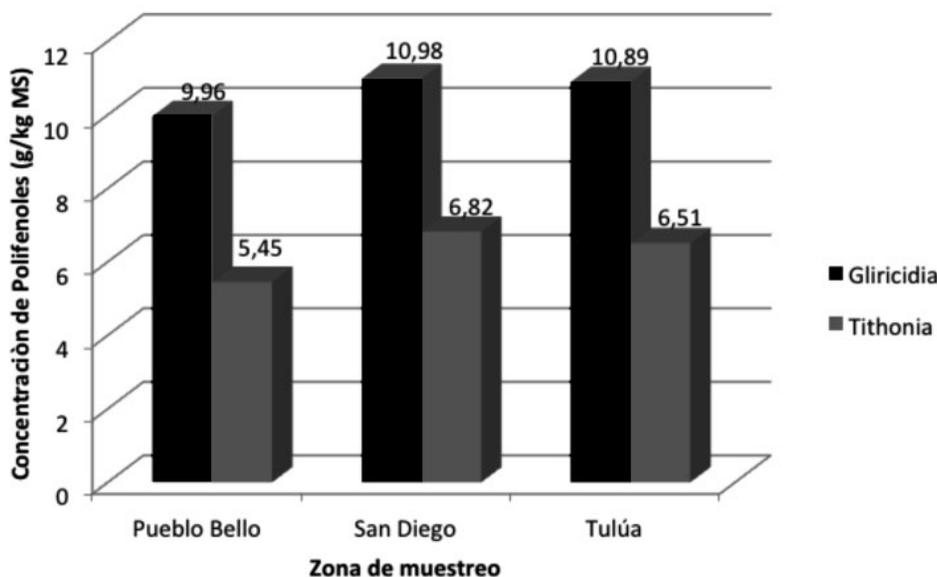


Figura 1. Concentración de polifenoles totales por especie, en las tres zonas muestreadas

En la Figura 1 se aprecia que el contenido de polifenoles en *Gliricidia sepium* osciló en un rango de 9,96 g. kg<sup>-1</sup> a 10,98 g. kg<sup>-1</sup>, y fue similar en las zonas de Tulúa y de Pueblo Bello, y con una diferencia no significativa estadísticamente con la de San Diego; sin embargo, la diferencia, probablemente, se presentó por las condiciones edáficas o de estrés climático propias de la región de San Diego. Al respecto, Salminen, Roslin, Karonen, Sinkkonen, Pihlaja y Pulkkinen (2004), así como Isaza (2007), expresan que los polifenoles suelen incrementarse en situaciones de estrés.

Por su parte, los valores obtenidos en *Gliricidia sepium* fueron inferiores a los obtenidos por García *et al.* (2009), los cuales fueron de 22,2 gKg<sup>-1</sup>; estos últimos datos fueron obtenidos en unas condiciones climáticas de 28°C y 1650 mm de precipitación, y el alto contenido de polifenoles puede atribuirse a las altas temperaturas, pues, según García (2009), dentro de los diversos factores que afectan la biosíntesis de estos metabolitos secundarios se destacan el estado acuífero y la temperatura ambiental.

Igualmente, al comparar los datos de la investigación con los reportados por Romero *et al.* (2000) con la especie

*Gliricidia sepium* se observa que en este último se obtuvieron valores menores, los cuales fluctuaron entre 2,58 g. kg<sup>-1</sup>-3,56 g. kg<sup>-1</sup> en condiciones de pastoreo y sin pastoreo, respectivamente.

En cuanto a la especie *Tithonia diversifolia*, no se aprecian diferencias significativas entre las diferentes zonas de muestreo del estudio, las cuales oscilaron entre 5,45 g. kg<sup>-1</sup>-6,82 g. kg<sup>-1</sup>, y al comparárselos con los de Verdecia *et al.* (2011) se hallaron contenidos similares, con fluctuaciones que van desde 5,37 g. kg<sup>-1</sup>, 5,81 g. kg<sup>-1</sup> y 6,47 g. kg<sup>-1</sup> para cortes de 60, 120 y 180 días, respectivamente.

Si bien con la especie *Tithonia diversifolia* no se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de polifenoles, ya que en San Diego fue mayor; probablemente, por los altos niveles de temperatura en esta región, lo cual coincide con las conclusiones de Salminen *et al.* (2004), quienes expresaron que el contenido fenólico foliar aumenta durante el verano, independientemente de la textura del suelo. Por lo anterior, se atribuyen a dichos compuestos funciones de defensa contra los depredadores, los patógenos y la irradiación solar.

## Taninos totales

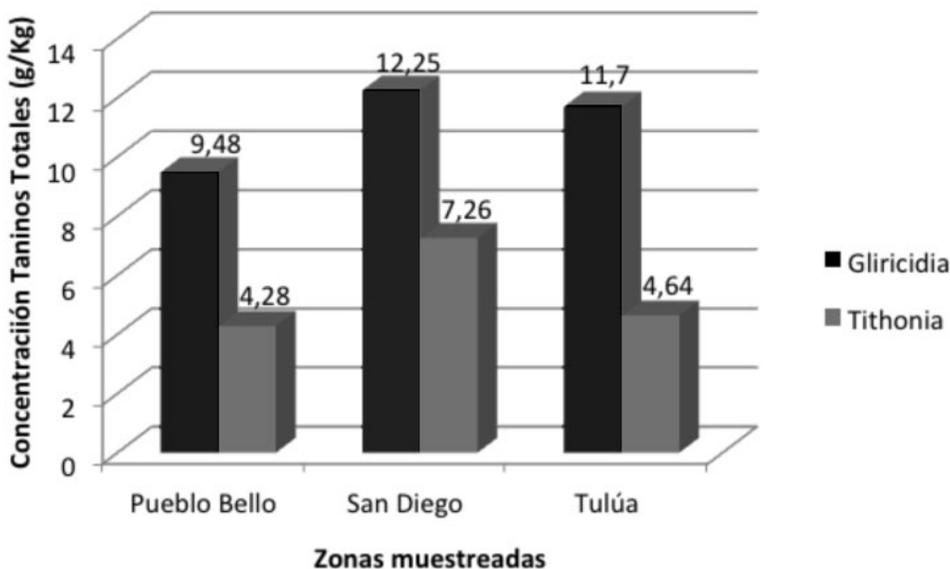


Figura 2. Concentración de taninos totales por especie en las tres zonas muestreadas

Los taninos se definen como compuestos polifenólicos solubles en agua, de estructura química variada y ampliamente distribuidos en el mundo vegetal. Son de alto peso molecular (500-3000 Daltons) y se localizan en las vacuolas, combinados con alcaloides y proteínas; desempeñan así una función defensiva frente a insectos y hongos (Makkar, 1997; Kumar y D'Mello, 1995; Peris, 1995; Makkar y Goodchild, 1996). Las plantas varían cualitativamente en su síntesis como respuesta a los cambios ambientales y fisiológicos (Giner Chávez, 1996).

En el presente estudio se evidenciaron diferencias en el contenido de taninos totales en la especie *Gliricidia sepium* en las zonas muestreadas, y ello ratifica el comportamiento de un mayor contenido de metabolitos en zonas de altas temperaturas. En la especie *Tithonia diversifolia* se apreció la misma tendencia.

### Taninos condensados

Los taninos condensados son polímeros de unidades de flavonoides unidas por enlaces C-C, los cuales no pueden ser hidrolizados, pero sí oxidados, por un ácido fuerte, para rendir antocianidinas.

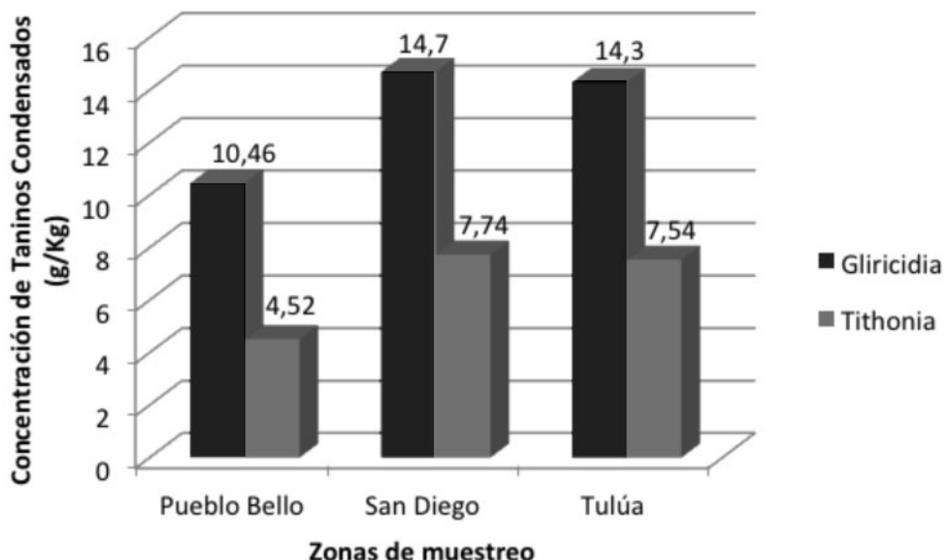


Figura 3. Concentración de taninos condensados por especie en las tres zonas muestreadas

Respecto al contenido de taninos condensados en la especie *Gliricidia sepium* en las zonas muestreadas, se presentó un mayor contenido de este metabolito en zonas de altas temperaturas. En la especie *Tithonia diversifolia* se aprecia el mismo comportamiento (Figura 3).

### Saponinas

Las saponinas son glucósidos que se encuentran distribuidos ampliamente en las plantas, y están formadas por

una aglicona de origen terpénico, esteroidal o esteroidal alcaloide, al cual se une por el hidroxilo del carbono-3 una cadena ramificada de azúcares, que, a su vez, puede ser de hasta cinco moléculas; usualmente, glucosa, arabinosa, ácido glucurónico, xilosa y ramnosa (Díaz, 2009). Las saponinas esteroidales se hallan, principalmente, en las monocotiledóneas, mientras que las saponinas terpénicas se encuentran, sobre todo, en las dicotiledóneas (Muller, 2009).

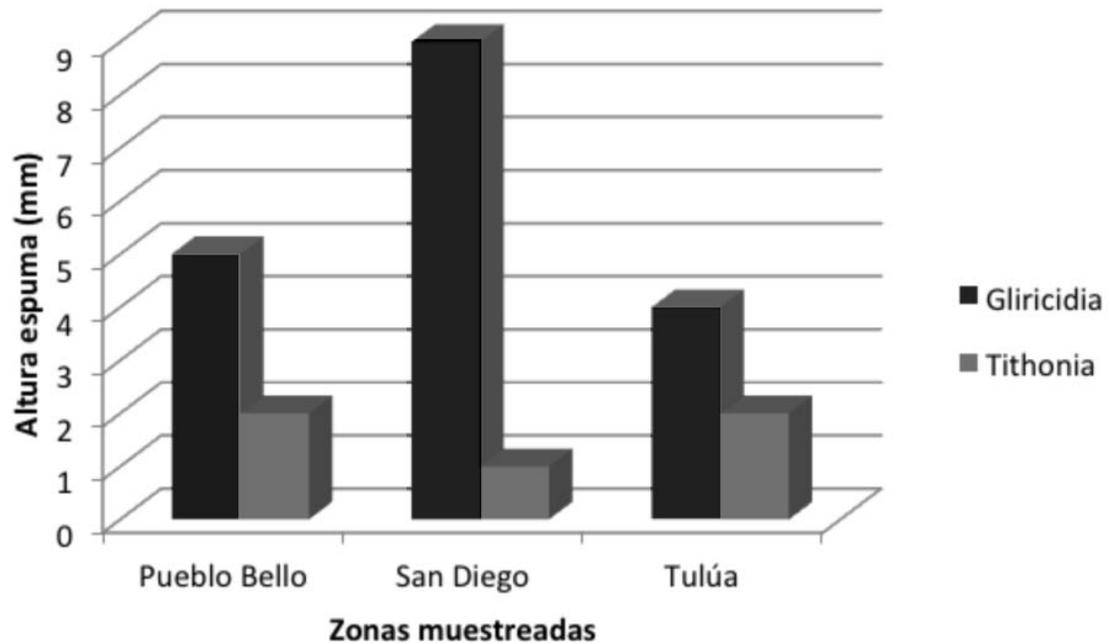


Figura 4. Concentración de saponinas por especie en las tres zonas muestreadas

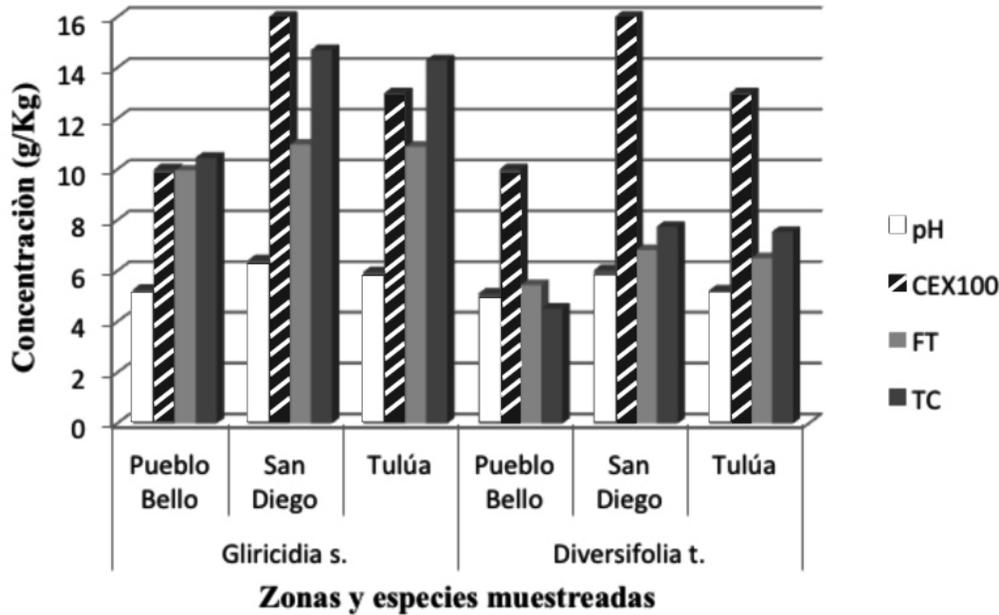
Respecto al contenido de saponinas en la especie *Gliricidia sepium* en las zonas muestreadas, se presentó, igualmente, un mayor contenido en zonas de altas temperaturas. En la especie *Tithonia diversifolia* no se aprecia la misma tendencia (Figura 4).

### Correlación entre la conductividad eléctrica y la concentración de taninos y saponinas

Teniendo presente que la conductividad eléctrica (CE) del suelo es un valor correlacionado con algunas propiedades del suelo que afectan la productividad de las cosechas, tales como la textura, la capacidad de intercambio catiónico, las condiciones de drenaje, el contenido de materia

orgánica, la salinidad y las características del subsuelo, el estudio muestra que existe una alta correlación entre la CE y el contenido de polifenoles totales en la especie *Gliricidia sepium*. Por su parte, en la *Tithonia diversifolia* se observa este mismo comportamiento. Lo anterior coincide con lo expuesto por Arámbula *et al.* (2010), quienes hallaron una correlación alta y positiva entre el contenido fenólico y la conductividad eléctrica en suelos de textura arcilloarenosa.

La Figura 5 presenta un consolidado de la relación cuantitativa entre conductividad eléctrica, pH y contenido de fenoles y taninos, en las especies analizadas.



**Figura 5. Relación entre conductividad eléctrica (CE) y pH del suelo y el contenido de fenoles totales, taninos condensados, taninos totales y saponinas en las especies estudiadas**

En la anterior figura se puede evidenciar la alta correlación positiva entre la conductividad eléctrica y los diferentes tipos de metabolitos (fenoles totales, taninos condensados y taninos totales) en las especies estudiadas, lo cual se puede atribuir a la mayor actividad del metabolismo vegetal en condiciones de alta conductividad eléctrica (Figura 5).

Cuanto más elevada sea la concentración de sales solubles en el suelo se tendrá una mayor conductividad eléctrica, o capacidad del agua para transportar la corriente eléctrica;

por ende, este indicador es una forma indirecta de medir la salinidad del suelo, así como el contenido de sólidos disueltos. Esto último explicaría la alta correlación entre la conductividad eléctrica y la producción de metabolitos secundarios en tejidos vegetales.

Respecto a los taninos condensados, se observa que, igualmente, hay una correlación positiva entre la CE y sus niveles en las especies vegetales estudiadas, como se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4. Análisis de la correlación entre la conductividad eléctrica y los niveles de metabolitos en las especies vegetales estudiadas**

	pH	CE	FT	TC	TT	SAP(mm)
pH	1					
CE	0,86323157	1				
FT	0,59542893	0,21798096	1			
TC	0,72642553	0,41218632	0,96680532	1		
TT	0,75000894	0,373703	0,97032675	0,96364729	1	
SAP (mm)	0,65673935	0,38198743	0,84408718	0,83945188	0,84127243	1

## Conclusiones

Existe una alta correlación positiva entre la conductividad eléctrica y los diferentes tipos de metabolitos (fenoles totales, taninos condensados y taninos totales) en las especies *Gliricidia sepium* y *Thitonia diversifolia*, lo cual se puede atribuir a la mayor actividad del metabolismo vegetal en condiciones de alta conductividad eléctrica.

Se ha encontrado que mientras más elevada sea la concentración de sales solubles en el suelo se tiene una mayor conductividad eléctrica, o capacidad del agua para transportar la corriente eléctrica, por lo cual este indicador es una forma indirecta de medir la salinidad del suelo, al igual que el contenido de sólidos disueltos.

La conductividad eléctrica (CE) del suelo es un valor correlacionado con algunas propiedades del suelo que afectan la productividad de las cosechas, incluyendo la textura, la capacidad de intercambio catiónico, las condiciones de drenaje, el contenido de materia orgánica, la salinidad y las características del subsuelo.

## Literatura citada

1. AOAC. (1995). Official Method of Analysis of the Associations of Official Analytical Chemists. Vol. II W. Horwitz (Eds.). Washington, D. C.
2. AOAC (2005). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC. 18th. Ed. AOAC, Arlington, VA.
3. Arámbula, J. Ibarra, B. I., González, B., Galindo, O.D., Hernández, H. 2010. Variación estacional de compuestos fenólicos foliares en *Quersus sideroxila* en diferentes tipos de suelo. Madera y Bosques 16(3), 49-59. Instituto de ecología, A.C, Xalapa (México)
4. Ashok, K. .J., Vincent R.M y Nessler 2000. Molecular Characterization of a hydroxyl Methylglutaryl Coareductase gene from Mulberry (*Morus Alba L*). Plant mol Biol 42:559
5. Baxter, N. J. 1997. Multiple Interactions between Polyphenols and salivary proline rich protein result in complexation and precipitation. Journal of Biochemistry. Yorkshire U.K. 36 (19): 503
6. Cano, R., Carulla, J. & Lascano, C. 1994 Métodos de conservación de muestras de forraje de leguminosas tropicales y su efecto en el nivel y en la actividad biológica de los taninos. Pasturas tropicales. 16 (1):2-7.
7. Cuellar, A., Márquez, I., Hernández, J., Alemán, A. 1999. Estudio fotoquímico de la especie *hibiscus elatus s.w*. Rev Cubana Farm. 33(2):127-31.
8. Dewanto, V., Wu, K., Adom, R. ( 2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 59: 3010-3014.
9. Diaz, L. 2009. Interacciones moleculares entre plantas y microorganismos: Saponinas como defensas químicas de las plantas y su tolerancia a los microorganismos; Una revisión: RET: Revista de Estudios Transdisciplinarios, vol. 1 (2): 32-55.
10. Flores, O., Ibrahlm, M., Kass, D., & Andrade, H. 1999. El efecto de los taninos en especies leñosas forrajeras sobre la utilización de nitrógeno por bovinos Revista Agroforestería en las Américas. 6(23). <http://web.catie.ac.cr/informacion/RAFA/>
11. Gershenzon, J. 1984. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water water and nutrient stress. Recent Advances in Phytochemistry 18:273-320
12. García, D.E. 2004. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. Pastos y Forrajes, Vol. 27, No. 1.
13. García, M., García, G., Sanabria, M. 2010 Efecto de la salinidad sobre el crecimiento, daño oxidativo y concentración foliar de metabolitos secundarios en dos variedades de Caraota (*Phaseolus vulgaris*). Revista Interciencia Caracas (Venezuela). Vol 35, (11): 840-846.
14. Giner, B. 1996. Condensed tannins in tropical forages-PH. D. . Thesis. Cornell University,. Ithaca, NY. USA.
15. Gutiérrez, V. E., Villaseñor, A. A., Cancino, M.R., Lemus O. E. & Madrigal. S. 2003. Contenido de compuestos fenólicos en arbustos y árboles forrajeros en San Lucas, Michoacán. XIV Encuentro de Investigación Pecuaria y Producción Animal Morelia, Michoacán p182-186.
16. Haukioja, E., Niemelä, P. & Sirén, S. 1995. Foliage phenols and nitrogen in relation to growth, insect damage, and ability to recover after defoliation, in the mountain birch *Betula pubescens*, spp *tortuosa*. o ecologia. 65:214-222.
17. Hadacek, F. 2002. Secondary metabolites as plant traits: current assessment and future perspectives. Critical Reviews in Plant Science (21):273-322.
18. Harborne, J. B.1993 .: Introduction to Ecological Biochemistry. 4th Edición.Academic Press, Harcomt Brace & Co. Publishers, New York, USA. 320 p.
19. Isaza,M. J..H. 2007. Taninos o Polifenoles Vegetales. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Scientia et Technica. Año XIII (33):13-18.
20. Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAG, 2006. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Bogotá, Colombia.
21. Jackson, F. S., Barry, C., Lascano, C. & Palmer, B. 1996. The Extractable, and Bound Condensed Tannin Content of Leaves for Tropical Tree, Shrub and Forage Legumes. J. of Science of Food and Agriculture. New Zealand. 17 (1): 103-110.
22. Kaito, R. J. Umunna, N. N., Nsahlai, I. V., Tamminga, S., Vabruchem, J.,Hanson, J.& Vandewouw, M. 1996. Palatability of multipurpose tree species. Effect of species

and length of study on intake and relative palatability by sheep. *Agroforestry Systems* 33(3):249-261

**23.** Kumar, R. 1997. Ant nutritional factors. The potential risks of toxicity and the methods to alleviate them. In: *Legumes trees and other fodder trees as protein source for livestock*. (Eds. Speedy).

**24.** Leinmüller, E., H, Steingass, H & K.H. Menke. 1995. Tannins in ruminant feedstuffs. *Animal and Research and Development* 33: 9-62.

**25.** Makkar, H. P., Blümmel, M. & Becker, k. 1997. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in vitro techniques. *British Journal of Nutrition*. 73: 897-913.

**26.** Makkar, H. P. & Goodchild, V. A. 1997. Quantification of tannins a laboratory manual. pasture, forage and livestock program International Center for Agricultural research in the dry areas. Second edition. Aleppo, Syria.

**27.** Masashi, K. N., Takashi, H., Kouhei, L. 2007. Among-tree variation in leaf and herbivore attacks in a deciduous oak. *Quercus dentate*. *Scandinavian Journal of Forestry Research* 22:221- 218.

**28.** Mungarulire, J., Franz, C.H., Seitz, R. & Verlet, N. 1993. Some developments in the search for cytotoxic constituents from Rwandese medicinal plants. *Acta horticulturae* 333: 211-216.

**29.** Muller, C. 2009. Role of glucosinolates in plant invasiveness. *Phytochemistry Reviews*, 8 (1), 227-242.

**30.** Palma, J. M., Aguirre, M., Cárdenas, M. & Moya, A. 1999. Valor nutritivo de tres leguminosas arbóreas en el trópico seco de México. *Pastos y Forrajes* 22:57-63

**31.** Oncina, R., J.M., Botía, J.A., Del Río & Ortuño, A. 2000. Bioproduction of diosgenin in callus cultures of *Trigonella foenum-graecum* L. *Food Chemistry* 70(4): 489-492.

**32.** Posada, S., Montoya, G., Ceballos, A. (2005). Efecto de los taninos sobre la digestión, el metabolismo y la producción en rumiantes” *Bioquímica, Nutrición y Alimentación De La Vaca*. En: Colombia ISBN: 9583372773 ed: Biogénesis , v. , p. 181 – 206.

**33.** Romero, L. C. E., Palma, G. J. M. & López, J. 2000. Influencia del pastoreo en la concentración de fenoles y taninos condensados en *Gliricidia sepium* en el trópico seco. *Livestock Research for Rural Development* 4(12):1-9 <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/4/rome124.htm>

**34.** Rosales M.M. 1998. Mezcla de forrajes, uso de la biodiversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales; Memorias de una Conferencia Electrónica; Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica; FAO-CIPAV; Cali, Colombia.

**35.** Salminen, J. P., Roslin, M., Karonen, J., Sinkkonen, K., Pihlaja y P. Pulkkinen. 2004. Seasonal variation in the content of hydrolyzable tannins, flavonoid glycosides, and proanthocyanidins in oak leaves. *J Chem Ecology*. 30(9):1693- 1711.

**36.** Terril, T. H., Rowan, A.M., Douglas. G.B., & Barry, T.N. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *J.Sci. Food agric*. 58:321-329

**37.** Vargas J E. 1994. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. En: Memorias II Seminario Internacional Desarrollo sostenible de Sistemas Agrarios, Maestría en Sistemas Sostenibles de Producción Animal en los Trópicos. Cali. p 135-149.

**38.** Verdecia, D. M., Ramírez, J.L., Leonard, I., Álvarez, Y., Bazán, Y., Bodas, R. Andrés, S., Álvarez, J., Giráldez, F., López, S. 2011, REDVET. Revista electrónica de veterinaria. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauca. 12(5): 13, 31.

**39.** Waterman, P.G., Mole, S.. (1994): *Method in Ecology. Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Blackwell Sci. Publ., London: 66–103.

**40.** Wanjau, S., Mukalama, J. & Thijssen, R. 1998. Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. *Boletín de ILEIA*. Marzo de 1998. p 25.

Recibido: 1 de marzo de 2012.

Aceptado: 20 de abril de 2012.

# Estructura y composición florística del bosque ribereño subandino de la subcuenca de Yumbillo, Yumbo (Valle del Cauca)

## Structure and floristic composition of the sub-Andean coastal subbasin of Yumbillo, Yumbo (Valle del Cauca)

<sup>1</sup>Carlos Gustavo Chaves Campo y <sup>2</sup>Shirley Andrea Rodríguez Espinosa

<sup>1</sup>Ingeniero Agroforestal. <sup>2</sup>Ingeniera Forestal

E-mail: <sup>1</sup>carlos.chavez@unad.edu.co, <sup>2</sup>shirley.rodriguez@unad.edu.co

<sup>1,2</sup>Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Palmira. Valle del Cauca (Colombia)

### Resumen

Se analizaron la estructura y la composición florística del bosque ripario subandino en la subcuenca del río Yumbillo, Municipio de Yumbo (Valle del Cauca), vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, Colombia. Mediante 20 parcelas de 100 m<sup>2</sup>, en el rango altitudinal 1500-2235 msnm se registraron datos de individuos con diámetros a la altura del pecho (DAP)  $\geq$  10 cm, composición florística y estructura vertical y horizontal, mediante cálculo de abundancia, frecuencia, dominancia e índice de valor de importancia (IVI). La composición florística se constituyó de 825 individuos distribuidos en 93 especies, 71 géneros y 50 familias botánicas; las familias dominantes fueron *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Melastomataceae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Fagaceae*, *Acanthaceae* y *Tiliaceae*. La especie de mayor peso ecológico fue el Truco (*Hyeronima sp*) y las de mayor frecuencia fueron el Truco (*Hyeronima scabrida*), el Roble (*Quercus humboldtii*) y el Higuerón de nacimiento (*Ficus apollinaris*). Los mayores valores de importancia correspondieron a las especies Truco (*Hyeronima scabrida*), Arrayán (*Myrcia sp*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Otobo (*Dialyanthera lehemannii*) y Naranjuelo (*Lacistema aggregatum*). Se categorizó la estructura vertical en 3 estratos, 508 individuos en el I (3 y 16 m), 270 en el II (17 y 23 m) y 47 en el emergente (alturas superiores a 24 m). Se concluye que el bosque ripario posee un alto grado de especies pioneras y típicas de bosques en recuperación, donde se destaca el Medio comino (*Ocotea sp*), especie maderable amenazada que puede hacer parte de las acciones de restauración ecológica y enriquecimiento florístico en áreas de bosques riparios y en la protección de cuencas.

**Palabras clave:** Bosque, cuenca, restauración ecológica, frecuencia, abundancia, dominancia.

### Abstract

The structure and floristic composition of riparian forest in the sub-Andean basin of the river Yumbillo in the municipality of Yumbo, Valle del Cauca, eastern slope of the western cordillera of the Andes, Colombia were analyzed. By 20 plots of 100 m<sup>2</sup>, in the altitude range between 1500 to 2235 m., Data was recorded in individuals with a diameter of a breast height (DBH)  $\geq$  10 cm, floristic composition and vertical and horizontal structure by calculation of abundance, frequency, dominance and importance value index (IVI). The floristic composition consisted of 825 individuals in 93 species, 71 genera and 50 botanical families, the dominant families were *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Melastomataceae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Fagaceae*, and *Tiliaceae* acanthaceae. The species were heavier ecological Truco (*Hyeronima sp*) and the most frequent were Truco (*Hyeronima scabrida*), Roble (*Quercus humboldtii*) and the "Higueron de nacimiento" (*Ficus Apollinaris*). The highest values corresponded to species of importance such as Truco (*Hyeronima scabrida*) Arrayan (*Myrcia sp*), Nacedero (*Trichanthera*), Otobo (*Dialyanthera lehemannii*) and Naranjuelo (*Lacistema aggregatum*). Vertical structure was categorized into three strata, 508 individuals in the I (3 and 16 m), 270 in the II (17 and 23 m) and 47 in the Emerging (heights above 24 m). It was concluded that the riparian forest has high and typical pioneer species of forest recovery, highlighted the presence of Medio comino (*Ocotea sp*) threatened timber species that can be part of ecological restoration actions and floristic enrichment in areas of riparian forest and watershed protection.

**Key words:** Forest, watershed, ecological restoration, frequency, abundance, dominance.

## Introducción

Las subcuencas Yumbillo y Santa Inés conforman la cuenca del río Yumbo (4° 23'N, 76° 04' W), la cual tiene una extensión de 5049,8 ha y una altura máxima de 2250 msnm, y descarga en el río Cauca a los 980 msnm. La zona amortiguadora de la cuenca se compone de áreas en recuperación, plantaciones comerciales de coníferas, zonas destinadas a la ganadería y cultivos (medicinales, musáceas y frutales —Lulo, mora, granadilla y tomate de árbol—). La presión antrópica ha generado cambios en el uso de los terrenos, pues ha vulnerado hábitats y nichos de especies de fauna y ocasionado la desaparición de algunas especies florísticas de valor económico y ecológico.

Las diversas fisonomías dibujadas por el mosaico de usos (agrícola, pecuario y forestal), los grados de erosión (que varían desde moderados hasta severos) y la aplicación de técnicas inapropiadas de manejo del suelo presentan el panorama desolador de estas laderas de la Cordillera Occidental (Escobar, 2001). Entre las acciones conducentes a contener la degradación de las coberturas arbóreas naturales en la cuenca, la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC) declaró dos zonas forestales protectoras en el municipio de Yumbo: una de ellas comprende áreas de los corregimientos de San Marcos, Montañitas, Santa Inés, Mulaló y Yumbillo; la segunda abarca áreas de los corregimientos de Arroyohondo, La Olga y El Pedregal (POT, 2001).

La escasa información sobre la estructura de la vegetación en ambientes riparios de la cuenca del río Yumbo hace necesarios estudios florísticos confiables que permitan formular recomendaciones para el manejo y la conservación. Para contribuir al conocimiento del bosque ripario subandino de la subcuenca del río Yumbillo y a

las acciones de ordenamiento de los recursos naturales, esta investigación se propuso analizar la estructura y la composición florística riparias.

## Métodos

### Área de estudio

La subcuenca Yumbillo se localiza en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental en el bosque húmedo subandino (1500-2200 msnm), con una temperatura media de 20° C, precipitación media anual de 1600 mm, régimen bimodal (con marzo-mayo y octubre-noviembre como los periodos más lluviosos) y vegetación de selva andina higrofitica de clima frío (Minambiente, 2006).

La vegetación se caracteriza por la diversidad y la gran cantidad de especies arbóreas, con hojas cartáceas, coriáceas y persistentes, aspectos propios de la selva neotropical. Se identifican bosques secundarios altamente intervenidos, ubicados en los nacimientos de agua o superando los 1500 msnm; las mayoría de las especies comerciales han sido extraídas y la extensión de estos relictos selváticos disminuye debido a la presión causada por la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria (Londoño, 1997).

El estudio se realizó entre noviembre de 2010 y febrero de 2011. Se trabajó en 20 parcelas de 100 m<sup>2</sup> cada una, distribuidas al azar, distanciadas 100 m, agrupadas de acuerdo con el rango altitudinal (Tabla 1) y levantando censos florísticos con registros de especies por estratos. Para cada especie se determinaron su abundancia, su frecuencia, su dominancia y su valor de importancia (IVI) sobre la magnitud y el rol de participación en la comunidad vegetal, lo cual permitió evaluar el peso ecológico de cada especie (Lamprecht, 1990).

**Tabla 1. Distribución de parcelas en transectos según rango altitudinal**

Transectos	Altitud (msnm)	Coordenadas planas (N-E)
1	1500-1640	1057664-888345
		1058337-888805
2	1670-1875	1057405-888016
		1057536-888376
3	1927-2005	1056914-887381
		1057221-888009
4	2076-2235	1056687-888152
		1056860-888227

## Resultados y discusión

### Composición florística

Para la muestra de 2000 m<sup>2</sup> la riqueza florística del bosque ripario incluye 93 especies y 71 géneros, distribuidos en 825 individuos.

Se encontraron 50 familias de especies arbóreas conocidas y clasificadas total o parcialmente; las de mayor abundancia fueron: *Myrtaceae*, *Lauraceae*,

*Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Tiliaceae*, *Melastomataceae*, *Acanthaceae* y *Fagaceae*, que representan el 50% del total de familias.

### Estructura vertical

Los transectos mostraron individuos (con DAP  $\geq 10$  cm) en 3 estratos: I (entre 3 y 16 m), II (entre 17 y 23 m) y emergente (alturas superiores a 24 m) (Tabla 2).

**Tabla 2. Número de individuos por estratos evaluados en fragmentos de bosque ripario, en la subcuenca del río Yumbillo, Cuenca del río Yumbo (Valle del Cauca)**

Estratos	Transectos (No. de individuos)			
	1	2	3	4
I	132	116	158	102
II	103	93	27	47
Emergente	4	7	16	20
<b>Total</b>	<b>239</b>	<b>216</b>	<b>201</b>	<b>169</b>

### Estructura horizontal

#### Índices de importancia ecológica

Alvis (2009) indica que los análisis de abundancia, frecuencia y dominancia permiten tener una idea sobre un determinado aspecto estructural del bosque. A pesar del gran valor científico práctico de tales enfoques, ellos suministran informaciones parciales y, hasta cierto punto, aisladas. Por tal razón, se ha sugerido la combinación de estos valores para obtener lo que se ha denominado *índice de valor de importancia* (IVI), el cual es la suma de abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa (Matteucci y Colma, 1982).

En general, las especies que mostraron ser más abundantes fueron: Arrayán (*Myrcia* sp), con 62 individuos; Balso blanco (*Heliocarpus* sp), con 38; Nacedero (*Trichanthera gigantea*), con 35; Higuerón de nacimiento (*Ficus apollinaris*), con 35, y Truco (*Hyeronima scabrida*), con 30.

Las especies Truco (*Hyeronima scabrida*), Roble (*Quercus humboldtii*) e Higuerón de nacimiento (*Ficus apollinaris*) estuvieron presentes en todas las parcelas de los transectos; las especies que solo aparecen en una parcela representan el 34,13%; las que están en 2, el 12,06%; las que están en 3, el 5,86%, y las que están en 4 parcelas, el 53,08%. Todo ello indica que hay heterogeneidad en el ecosistema, y no se presenta dominancia de una especie en particular.

Los análisis para encontrar la dominancia o el grado de cobertura de las especies (espacio ocupado por ellas) determinaron que los mayores valores los obtuvieron las especies Cedro rosado (*Cedrela angustifolia*), Medio comino (*Ocotea* sp), Eucalipto (*Eucalyptus grandis*), Vainillo (*Senna spectabilis*) y Pomarroja (*Syzygium jambos*).

#### Índice de valor de importancia (IVI)

El IVI para el transecto 1 destaca el Nacedero (*Trichanthera gigantea*), con el 43,83%, y el Arrayán (*Myrcia* sp), con el 43,53%. Las 2 especies suman el 29,12% del total del IVI, y se encuentran ampliamente distribuidas en este tipo de bosque, en el rango altitudinal 1500-1640 msnm.

El IVI para el transecto 2 está representado por el Otobo (*Dialyanthera lehemannii*), con el 54,91%, y el Arrayán (*Myrcia* sp), con el 53,77%. Las 2 especies suman el 36,22% del total del IVI, y se encuentran ampliamente distribuidas en este tipo de bosque, a la altura 1670-1875 msnm.

El IVI para el transecto 3 está representado por el Naranjuelo (*Lacistema aggregatum*), con el 62,90%, y el Cedro cebollo (*Cedrela montana*), con el 48,89%. Las 2 especies suman el 37,26% del total del IVI, y se encuentran ampliamente distribuidas entre los 1927-2005 msnm.

El IVI para el transecto 4 está representado por el Truco (*Hieronima* sp), con el 85,65%, y el Arrayán (*Myrcia* sp),

con el 45,61%. Las 2 especies suman el 43,75% del total del IVI, y se encuentran ampliamente distribuidas en el bosque de rango altitudinal 2076-2235 msnm.

### Cociente de mezcla (CM)

El índice CM expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales (número de individuos/número de especies), y proporciona una idea de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación a la heterogeneidad de los bosques. El CM del ecosistema evaluado fue de 1:8, lo cual indica que por cada ocho individuos muestreados es posible encontrar una especie diferente. Este tipo de bosque puede, entonces, considerarse heterogéneo.

### Conclusiones

La investigación en 4 transectos de bosque subandino de la subcuenca de Yumbillo permitió conocer que la composición florística está representada en 91 especies, correspondientes a 50 familias y 71 géneros, donde las familias dominantes son *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Melastomataceae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Fagaceae*, *Acanthaceae* y *Tiliaceae*.

Las especies Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Mayo (*Tibouchina lepidota*), Arrayán (*Myrcia* sp), Otobo (*Dialyanthera lehemannii*) y Naranjuelo (*Lacistema aggregatum*) representan el mayor número de individuos desde el análisis en transecto: (35, 16, 19, 19 y 17, respectivamente), con una abundancia relativa del 14,64%, el 9,47%, el 8,80%, el 8,80% y el 8,46 %, respectivamente.

Las especies más abundantes fueron: el Arrayán (*Myrcia* sp), con 62 individuos; el Balso blanco (*Heliocarpus* sp), con 38; el Nacedero (*Trichanthera gigantea*), con 35; el Higuerón de nacimiento (*Ficus apollinaris*), con 35, y el Truco (*Hyeronima scabrida*), con 30.

Se encontraron bajos porcentajes de dominancia; sin embargo, sobresalieron las especies Cedro rosado (*Cedrela angustifolia*) y Medio comino (*Ocotea* sp), en relación con el tamaño que alcanzan.

Los resultados de IVI permiten plantear que la estructura del bosque presenta características de ecosistema ripario, en la cual se reflejan el grado de riqueza específica y la presencia de especies típicas y de bosques en estado sucesional.

La vegetación de la subcuenca presenta especies heterogéneas, que conforman un ecosistema frágil, debido a las características del medio (pendiente del terreno, posición fisiográfica, acciones antrópicas, entre otras) y al estado de conservación.

Es relevante la presencia de dos individuos de la especie Medio comino (*Ocotea* sp.), en vía de extinción, y de la especie Oreja de mula (*Ocotea calophylla*), que han sido objeto de talas durante muchos años por parte de los aserradores.

Es necesario incentivar la investigación en este tipo de ecosistemas riparios, en las relaciones flora-fauna y en la biología reproductiva de las especies, con el fin de mejorar la comprensión sobre el funcionamiento de los relictos boscosos y agenciar iniciativas de conservación.

Es importante mencionar que en la subcuenca del río Yumbillo se encontró alta presencia de individuos de la especie Higuerón de nacimiento (*Ficus apollinaris*, *Moraceae*), Mayo (*Tibouchina lepidota*, *Melastomataceae*) y Nacedero (*Trichanthera gigantea*, *Acanthaceae*), las cuales juegan un papel ecológico, en la protección, moderan el clima, mejoran la calidad del aire, brindan albergue a la vida silvestre y conservan el agua y así ayudan a que los caudales hídricos beneficien a las comunidades, que usufructúan estos recursos naturales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a Bredio Mosquera, Bernardo Mambuscay y Bertha Mambuscay, habitantes de la cuenca de Yumbo, por su colaboración en el trabajo de campo. Al Ingeniero Forestal Eugenio Escobar y al curador del Herbario Valle Carlos Gutiérrez, de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira), por el apoyo en la identificación y la clasificación de las muestras botánicas.

### Literatura citada

1. Alvis, J. (2009). *Análisis estructural de un bosque natural localizado en la zona rural del municipio de Popayan*. Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad del Cauca.
2. Escobar, E. (2001). *Presentación de Yotoco "Reserva natural"*. Palmira: Universidad nacional de Colombia.
3. Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos*.: Hamburgo:Gesellhaft.
4. Londoño, L. (1997). *Yumbo nuestra comunidad*. Cali: Imprenta departamental del Valle del Cauca.
5. Matteucci, S. & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington:Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
6. Ministerio del Medio Ambiente. (2006). Tatamá. Disponible en: [http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/regiones/andes/parques/parq\\_tatama](http://web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/regiones/andes/parques/parq_tatama).
7. POT. (2001). Alcaldía de Yumbo, Valle. Yumbo: Decreto 21 noviembre 2001.

Recibido: 22 de febrero de 2012.

Aceptado: 20 de abril de 2012.

# Niveles de fragilidad potencial para la erosión y el deslizamiento en los suelos del municipio de Ibagué (Tolima)

## Potential fragility levels for erosion and landslides in soils of Ibagué municipality (Tolima)

<sup>1</sup>Julián Leal Villamil y <sup>2</sup>Luis Alfredo Lozano Botache

<sup>1</sup>Ingeniero forestal; especialista en evaluación y desarrollo de proyectos. <sup>2</sup>Ingeniero forestal; magíster en ciencias biológicas.

E-mail: <sup>1</sup>julian.leal@unad.edu.co, <sup>2</sup>llozano@ut.edu.co

<sup>1</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), Ibagué (Tolima). <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Forestales, Ibagué (Tolima)

### Resumen

Con base en la metodología de fragilidad potencial de suelos, descrita por Alarcón y Gayoso (1999), se realizaron la evaluación y la distribución espacial de la fragilidad potencial a la erosión y los deslizamientos en los suelos del municipio de Ibagué. Las variables edáficas se tomaron a partir de unidades de suelos bajo dos sistemas de clasificación: el del Comité de Cafeteros de Colombia (1973) y el del IGAC (2004). Las variables ambientales de precipitación y altimetría fueron obtenidas del Plan de Ordenación y Manejo de las Cuencas de los Ríos Coello y Totare (CORTOLIMA, 2006) y del proyecto de ordenación forestal para el departamento del Tolima (Universidad del Tolima y CORTOLIMA, 2007). Con esta información se elaboraron los mapas de índices numéricos, teniendo en cuenta los criterios dados por Alarcón y Gayoso (1999). Con la información numérica mapeada y con los modelos matemáticos establecidos para los nomogramas de la metodología base, se determinaron los índices de fragilidad potencial a los dos fenómenos de degradación del suelo. Los resultados muestran que en el sistema de clasificación de suelos del IGAC el municipio de Ibagué es más susceptible a fenómenos de deslizamientos que a la erosión; se determinó el caso contrario en los términos del sistema del Comité de Cafeteros. Ambos sistemas coinciden en determinar que las zonas con mayor propensión a los fenómenos objeto de estudio se localizan, principalmente, en el cañón del río Combeima, en la región de cordillera hacia el municipio de Cajamarca, y los cerros y montañas circundantes al área urbana.

**Palabras clave:** Cartografía, degradación, riesgo, sustratos.

### Abstract

Based on the methodology of potential soil fragility, described by Alarcón and Gayoso (1999), the evaluation and spatial distribution of the potential fragility for erosion and

landslides, was carried out in the soils of the municipality of Ibagué. Edaphic variables were taken from units of soils according to two systems of classification: Comité de Cafeteros de Colombia (1973) and IGAC (2004). Environmental variables of precipitation and altimetry were obtained from the hydrographic basin ordination and management plan of the Coello and Torare rivers (CORTOLIMA, 2006) and the forestry planning project for the Department of Tolima (Universidad del Tolima and CORTOLIMA, 2007). According to the numerical information organized in maps and the mathematical models established for the nomograms of the base methodology, the rates of potential fragility of the two phenomena of soil degradation were determined. The results show that with the soil classification system IGAC, the municipality of Ibagué is more sensitive to phenomena of landslides rather than to erosion, opposed to what is shown in the system of the Comité de Cafeteros de Colombia. Both systems coincide in stating that the zones with higher propensity to these phenomena are located mainly near the Combeima Canyon, in the mountainous area near the municipality of Cajamarca, as well as the hills and mountains that surround the urban area.

**Key words:** Cartography, degradation, risk, substratum.

### Introducción

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América (Wischmeier y Smith, 1978), el suelo es un cuerpo natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que se presentan en la superficie de la Tierra, que ocupa un espacio y se caracteriza por uno de los siguientes apartados, o por ambos: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y de materia, o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural. A

su vez, el IGAC (1990) asume como suelo a la capa más superficial de la litosfera, donde se integran diversidad de factores formadores, que, a través de varios procesos a través del tiempo, hacen de esta una capa viva que sirve de soporte a las plantas. El IBGE (2007) plantea el concepto de suelo como aquel material mineral u orgánico consolidado en la superficie de la Tierra que sirve como medio natural para el crecimiento de las plantas.

El uso de este recurso por parte del ser humano ha sido constante desde la invención de las técnicas agrícolas, y este agente humano es, precisamente, el mayor acelerador de procesos de degradación del suelo. Alarcón y Gayoso (1999) destacan que los principales procesos de degradación del suelo comprenden la extracción de nutrientes o la improductividad del sustrato, la compactación, la erosión y los deslizamientos.

Debido a que este recurso es de vital importancia para la sostenibilidad alimentaria del planeta, se han desarrollado términos como calidad del suelo y salud del suelo. El primero hace referencia a la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo, según describen Carter *et al.* (1997); mientras, la salud hace énfasis en las propiedades dinámicas del suelo, como el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos o los productos microbianos, en un tiempo particular (Romig *et al.*, 1995).

La degradación del suelo afecta fenómenos tan importantes como el ciclo hidrológico, pues genera alteraciones en su balance hídrico, así como sedimentación y deterioro de la calidad de las aguas de las cuencas hidrográficas.

Según Alarcón y Gayoso (1999), una de las consecuencias del proceso de degradación del suelo es el fuerte impacto visual que ocasiona. La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a través del Grupo de Trabajo WRB (2007), destaca que las consecuencias de estos fenómenos incluyen una disminución en la productividad agrícola, migración, inseguridad alimentara, daños a los recursos y los ecosistemas básicos, y pérdida de biodiversidad, debido a cambios en los hábitats, tanto en el plano de las especies como en el genético.

Dada la evolución histórica del estudio del suelo, se han establecido diferentes modelos para evaluar su degradación. El modelo clásico es el presentado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y conocido como la *ecuación universal de pérdida del suelo* (USLE, por las siglas en inglés de *universal soil loss equation*), la cual se define como:  $A \text{ (ton/ha/año)} = R K L S C P$

Donde A representa las toneladas por hectárea año de suelo perdido en función del índice de erosividad de la lluvia (R), la erodabilidad del suelo (K), el factor relieve (LS), un factor de cobertura vegetal (C) y un factor de prácticas de conservación de suelos (P) (Wischmeier y Smith, 1978).

También existe el método revisado (RUSLE, por las siglas en inglés de *revisated universal soil loss equation*), el cual fue planteado para determinar las pérdidas de suelo a largo plazo en condiciones de campo dadas, usando un sistema específico de manejo, tal como lo describen Renard *et al.* (1997).

En Colombia se ha empleado históricamente el modelo USLE; por ejemplo, Ramírez (2006) evaluó el riesgo de erosión potencial de los suelos presentes en la zona cafetera central del departamento de Caldas; a su vez, Rivera (1999) determinó, mediante un simulador de lluvias en laboratorio, el índice de erodabilidad de cinco suelos de la zona cafetera colombiana. Para el municipio de Ibagué la Corporación Autónoma Regional del Tolima (COR-TOLIMA) elaboró en 2006 los valores de erosión para las cuencas de los ríos Totare y Coello empleando la misma metodología USLE. A partir de este modelo universal de pérdida de suelos, algunos investigadores y teóricos han desarrollado modificaciones, y dado origen a modelos como MUSLE (por las siglas en inglés de *modified universal soil loss equation*).

En el ámbito nacional Pérez (2001) desarrolló una metodología para determinar la erosión del suelo con base en Sistemas de Información Geográfica fundamentados en datos alfanuméricos y espaciales. Por su parte, Mendivelso (2004) realizó en Colombia un estudio utilizando imágenes de satélite sobre las distintas regiones del país; a raíz de dicho estudio se encontró que los procesos erosivos se concentran con mayor intensidad en la región andina, y, en particular, en aquellos departamentos y áreas donde existen fuertes presiones sobre el uso de la tierra.

En el documento *Guía de conservación de suelos forestales*, que fue desarrollado para los sustratos forestales en Chile, Alarcón y Gayoso (1999) presentan un modelo MUSLE centrado en la atención a la potencialidad de ocurrencia de los fenómenos degradativos, y no a su medición, teniendo como base algunos factores determinantes para la fertilidad y la productividad de los suelos, tales como las precipitaciones, los factores intrínsecos del sustrato (textura, profundidad efectiva, drenaje interno, entre otros) y la topografía.

El método consiste en desarrollar un *índice numérico* que se deduce a partir de los valores absolutos de las variables físicas, y los cuales, normalizados a una escala ordinal y por medio de análisis multicriterio y nomogramas, permiten clasificar el riesgo para cada proceso de degradación (erosión, deslizamiento, remoción, entre otros). El resultado es un valor de fragilidad potencial intrínseco del sitio, usado con el fin de determinar, de manera sencilla, el riesgo de los procesos de degradación en un suelo específico.

La metodología propuesta por Alarcón y Gayoso (1999) presenta ventajas frente a metodologías tradicionales basadas en la ecuación universal de pérdida del suelo (USLE), ya que permite establecer el riesgo potencial de

las zonas respecto a la ocurrencia del fenómeno, como una forma de prevención de dicho riesgo, sobre la cuantificación de la pérdida del suelo después del evento. El sistema de Alarcón y Gayoso permite determinar la potencialidad de deslizamientos, fenómeno que usualmente no se contempla dentro de los sistemas tradicionales: ellos se enfocan en la medición de la pérdida del suelo por la erosión total. A su vez, el modelo presenta mayor eficiencia en cuanto al manejo de la información ambiental, pues requiere una valoración numérica en cada variable.

Esta investigación se ubica dentro de un enfoque modificado de la USLE, y busca, mediante la metodología planteada por Alarcón y Gayoso, determinar los niveles de fragilidad potencial frente a fenómenos de erosión y deslizamientos en los suelos de Ibagué; procura convertirse en una herramienta que, de manera práctica, determine la fragilidad potencial de los suelos, con el fin de incentivar la conservación, la restauración ecológica y la seguridad física de los habitantes de la zona.

## Métodos

### Caracterización del área de estudio

El municipio de Ibagué está localizado dentro de las coordenadas geográficas 4° 15' y 4° 40' de latitud norte, los 74° 00' y 75°30' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, en la parte central de la Región Andina de Colombia (Figura 1).

Con una extensión de 149800 hectáreas y una altura promedio sobre el nivel del mar de 1248 msnm; está situado en la parte alta del valle del río Magdalena, entre las regiones fisiográficas de la depresión del río Magdalena y la Cordillera Central (Alcaldía de Ibagué, 2000). Tiene un régimen de lluvias anual bimodal y precipitaciones promedio anuales de 1691,3 mm; a su vez, la Clasificación de Caldas-Lang caracteriza 7 provincias climáticas en el departamento, que van desde la provincia páramo alto súper-húmedo hasta la provincia cálida semiárida. Geológicamente, el municipio de Ibagué se caracteriza por tener unidades geológicas de diverso origen; estas unidades varían en edad de formación, desde el periodo precámbrico hasta el cuaternario. Con base en los estudios realizados por Ingeominas (1982), el municipio presenta 12 unidades geológicas.

Para el área de estudio se determinan dos sistemas de clasificación de suelos; el primero corresponde al Comité de Cafeteros de Colombia (1973), el cual está basado en el material parental, y el segundo, al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2004), y el cual desarrolla su clasificación según los criterios del Soil Survey Staff de Estados Unidos. Los suelos descritos en ambas metodologías son derivados de origen ígneo, metamórfico, sedimentario y cenizas volcánicas.

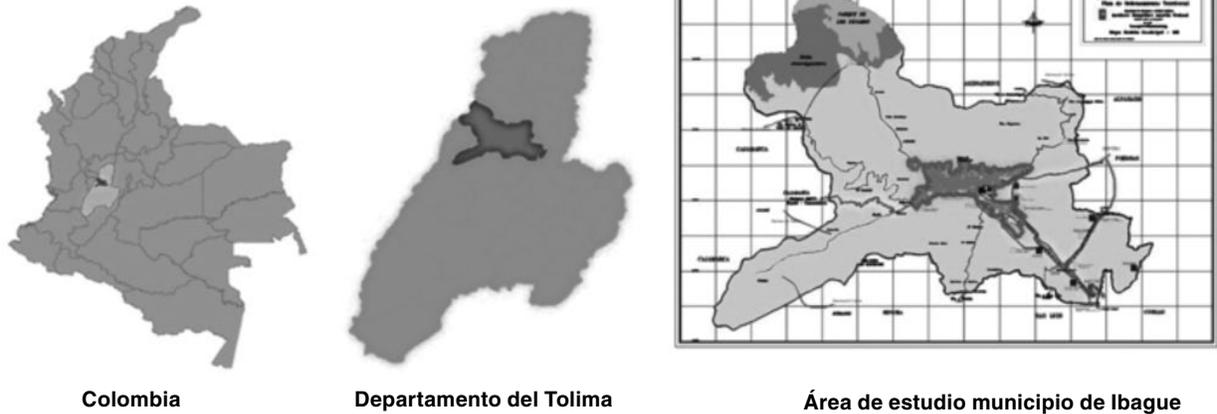


Figura 1. Localización del área objeto de estudio. Fuente: Los autores con base en Alcaldía de Ibagué (2000).

### Metodología para el mapa de índices numéricos según la precipitación media anual del municipio

Se tomó como base el análisis estadístico de la serie de datos de precipitación anual entre 1987-2002 para 32 estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), en las cuencas de los ríos Coello y Totare, contenidas en los planes de ordenación y manejo de las cuencas elaborados por la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). Se elaboró un mapa de las estaciones en

el software ILWIS 3.3, para, posteriormente, interpolar los valores de precipitación mediante el método Kriging; se delimitó el área de estudio y se la valoró de acuerdo con la metodología Alarcón y Gayoso (1999).

### Metodología para el mapa de índices numéricos según las pendientes municipales

Se empleó la información altimétrica del plan de ordenación forestal para el departamento del Tolima a escala 1:25.000, en formato SHAPE, empleando el software ILWIS 3.3. Se obtuvieron las curvas de nivel del municipio a escala 1:100.000 y con cotas distanciadas cada 100 m. Con la información

altimétrica municipal se hicieron las comprobaciones topológicas pertinentes y se procedió a elaborar el mapa de pendientes municipales, las cuales, posteriormente, se valoraron según la metodología Alarcón y Gayoso (1999).

### **Metodología para los mapas de unidades de suelo según el sistema del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y del Comité de Cafeteros de Colombia**

Para la elaboración del mapa de suelos en sistema IGAC se empleó la información cartográfica de suelos para el Tolima contenida en el documento *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Tolima*, elaborado por el IGAC (2004). Contando con dicha información fue posible establecer las unidades de suelo correspondientes al polígono municipal, mediante el software ILWIS 3.3.

Para el sistema del Comité de Cafeteros se desarrolló la cartografía según las características de génesis de las unidades descritas por la entidad, ya que la cartografía disponible no se encuentra digitalizada, debido a su año de elaboración (1973). Se utilizaron como información base las unidades geológicas comprendidas en las planchas 244, 245 y 225 del Instituto Nacional de Geología y Minería (Ingeominas). Con la información geológica georreferenciada se digitalizaron las unidades geológicas siguiendo los criterios establecidos por IBGE (2007) para aéreas mínimas de mapeación. Finalmente, con base en los polígonos geológicos se reclasificó la información de acuerdo con Comité de Cafeteros (1973) y Fajardo (2006), y así se obtuvo el mapa de suelos para el sistema de clasificación.

### **Metodología para los mapas de índices numéricos según la textura del suelo.**

Usando la metodología Alarcón y Gayoso (1999) fue necesario determinar la textura de los suelos según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS); los sistemas de clasificación de suelos abordados en el trabajo contemplan exclusivamente texturas de sustratos en los términos del método Boyoucos y el método de pipeta, los cuales se llevan a cabo mediante triángulo textural.

Se realizó la homologación textural de los sistemas de clasificación de suelos empleados al sistema SUCS de acuerdo con los criterios establecidos por Ruiz y Calderón (2004). Determinadas las texturas SUCS, se las reclasificó según los parámetros establecidos en la metodología base.

### **Metodología para los mapas de índices numéricos según la profundidad efectiva del suelo**

Se determinó la profundidad efectiva como la distancia vertical del suelo hasta el material parental. En consecuencia, este valor se originó al sumar las distancias o profundidades de los horizontes hasta el material parental, de acuerdo con los datos suministrados para las unidades de suelo por Fajardo (2006) y el IGAC (2004).

Obtenidos los valores de profundidad efectiva para las unidades de suelos, se procedió a establecer dos mapas con los valores de profundidades efectivas (uno por cada sistema de clasificación de suelos), los cuales posteriormente fueron valorados y clasificados conforme la metodología Alarcón y Gayoso (1999).

### **Metodología para los mapas de índices numéricos según el drenaje interno del suelo**

Por medio del software ILWIS 3.3 se valoró el drenaje interno de los suelos para el sistema de clasificación IGAC, según la metodología Alarcón y Gayoso (1999). Dado que el sistema del Comité de Cafeteros no contiene los valores del drenaje interno para sus unidades de suelo, se hizo un muestreo estratificado conforme a tres usos del suelo municipal: bosques y áreas de conservación; pasturas; cultivos. En dicho muestreo se eliminaron otros posibles usos del suelo, como zonas urbanas, lagunas, zonas de amortiguación, y zonas navales, entre otras, debido a la poca accesibilidad a las zonas navales y de amortiguación, así como por las posibles modificaciones en las características físicas y químicas de los suelos en los demás usos.

Se determinaron 16 sitios de muestreo según la representatividad litológica, la edáfica, el uso del suelo, la accesibilidad, y la pendiente del terreno, entre otras. En cada sitio se corroboró la información secundaria del suelo en los términos del sistema de clasificación del Comité de Cafeteros; además, se realizó un plateau del área de muestreo, y, por medio de cilindros de acero galvanizado, se procedió a extraer la muestra de los primeros 5 cm de suelo; se hicieron dos repeticiones por sitio.

En la determinación de las conductividades hidráulicas (medida del drenaje interno) de las muestras se empleó un permeámetro de cabeza constante y se realizaron los procedimientos correspondientes al marco teórico establecido por IGAC (1990), Forsythe (1985) y Velasco (1990).

Una vez determinados los valores de conductividad hidráulica para las unidades de suelo municipales fue necesario, entonces, establecer un valor ponderado para efectos de mapeación. Este valor se determinó como la media ponderada de los valores por cobertura en la unidad de suelo; para ello se empleó el mapa de cobertura y uso de la tierra en el departamento del Tolima elaborado por la Universidad del Tolima y CORTOLIMA (2007).

Mediante el software ILWIS 3.3 se extrajeron los polígonos registrados para las categorías de uso (bosques, pasturas y pastizales). Con los valores de extensión se ponderaron las conductividades hidráulicas por unidad, y con ello se obtuvo un valor representativo de conductividad hidráulica por unidad de suelo. La conductividad hidráulica se clasificó según los parámetros establecidos por Alarcón y Gayoso (1999) para obtener una categoría de drenaje interno y su valoración respectiva en la metodología del mismo autor. Por medio del programa ILWIS 3.3 se realizó la distribución espacial de los índices numéricos

para los drenajes internos de los suelos municipales según el sistema de clasificación del Comité de Cafeteros.

## Metodología para la elaboración de los mapas de fragilidad potencial a erosión y deslizamientos

Con el fin de determinar la fragilidad potencial frente a la erosión y el deslizamiento en el municipio de Ibagué, se emplearon los nomogramas establecidos en la metodología Alarcón y Gayoso (1999). Para el desarrollo del trabajo, en el software ILWIS 3.3, fue necesario establecer las ecuaciones para cada curva en los nomogramas.

Se realizó una tabulación de los valores en cada curva, con el fin de determinar los posibles modelos regresivos. Se eligieron los modelos con mayor ajuste a los datos (según su coeficiente de correlación, error estándar y absoluto de estimación, al igual que su coeficiente de determinación múltiple).

Para facilitar las labores de transformación y operación de los mapas en ILWIS 3.3 se decidió elaborar cuatro mapas intermedios, determinados por los ejes cardinales de cada nomograma. Básicamente, se hizo el cálculo de los mapas intermedios pasando de un eje cardinal a otro por medio de las fórmulas regresivas hasta llegar al eje inicial, que, a su vez, determina la fragilidad potencial frente al fenómeno degradador del suelo. Posteriormente se realizó la clasificación cualitativa de los índices de fragilidad y se los modificó según los parámetros establecidos por Alarcón y Gayoso (1999).

## Resultados y discusión

Para el área de estudio se definieron dos sistemas de clasificación de suelos: el de Comité de Cafeteros de Colombia y el del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). De estas clasificaciones se tomaron valores edáficos, sin que necesariamente fueran coincidentes, debido a la taxonomía de las clasificaciones: el del Comité de Cafeteros se hizo con base en el material parental, y el del IGAC, según el Soil Survey Staff. Esto tuvo como consecuencia que en algunos casos se trabajara sobre la homologación de los valores entre las clasificaciones, e incluso, con lo propuesto por Alarcón y Gayoso (1999). En definitiva, se hizo necesario elaborar los mapas de riesgo con base en cada una de las dos clasificaciones, sin que en los resultados se observaran diferencias significativas para replantear la metodología.

Así, por ejemplo, para la variable *textura del suelo* ambos sistemas coinciden en determinar que el municipio de Ibagué se encuentra constituido por suelos con texturas de arenas finas, pero su distribución espacial y su extensión difieren en ambos sistemas de clasificación. Igualmente, para la variable *profundidad efectiva del suelo y drenaje interno* los sistemas de clasificación muestran que en el municipio predominan suelos con profundidades efectivas mayores que 90 cm y drenajes internos moderados, con extensiones y distribuciones espaciales diferentes en ambos sistemas (Tabla 1).

La precipitación media anual municipal se estableció con base en los datos aportados por CORTOLIMA, en los planes

de ordenación y manejo de las cuencas de los ríos Coello y Totare. Se realizaron dos modelos de distribución de la precipitación: el primero, basado en la media móvil de los datos, y el segundo, usando el método Kriging. Ambos modelos mostraron comportamientos similares; el modelo Kriging fue el más confiable. Las precipitaciones presentaron tendencias circulares y semicirculares; esto, debido al poco número de estaciones en el área municipal y a su distribución espacial.

En los términos del sistema de clasificación del Comité de Cafeteros, el municipio de Ibagué muestra un riesgo frente al fenómeno erosivo mayor que ante fenómenos de deslizamientos, debido a que las texturas del suelo en dicho sistema poseen mayores extensiones en los valores de riesgo más elevados (texturas de limos y arcillas de baja y alta plasticidad) a la luz de la metodología abordada; tal comportamiento es similar para la profundidad efectiva del sustrato (Tabla 2).

Caso contrario al anterior es el del sistema de clasificación IGAC, donde Ibagué, según la metodología empleada, es más susceptible a fenómenos de deslizamientos, pues los valores de extensión del riesgo valorados para drenaje interno del suelo son más elevados que en el sistema del Comité de Cafeteros (Tabla 2).

Como no existe un estudio realizado para el municipio según la misma metodología o métodos similares de fragilidad, no es posible comparar los resultados de fragilidad potencial ante los fenómenos analizados; sin embargo, se han realizado estudios sobre pérdidas de suelos por erosión usando la metodología USLE, como el planteado por CORTOLIMA (2006), donde la erosión severa y fuerte presentada en el municipio equivale al 30% del territorio; este valor es similar al obtenido para la metodología Alarcón y Gayoso según el sistema de clasificación de suelos del IGAC, en el cual los índices de fragilidad potencial altos y muy altos representaron el 31% del área municipal.

La localización del fenómeno erosivo en los términos de la metodología Alarcón y Gayoso se da en las montañas graníticas circundantes al perímetro urbano y en el cañón del río Combeima; se corrobora, pues, lo establecido por la Agenda Ambiental Municipal de Ibagué (CORTOLIMA, 2010), pues dicha entidad determinó la existencia de montañas y colinas graníticas erosionales que bordean el perímetro urbano; a su vez, señala montañas y colinas metamórficas erosionales localizadas en el cañón del río Combeima (Figura 2).

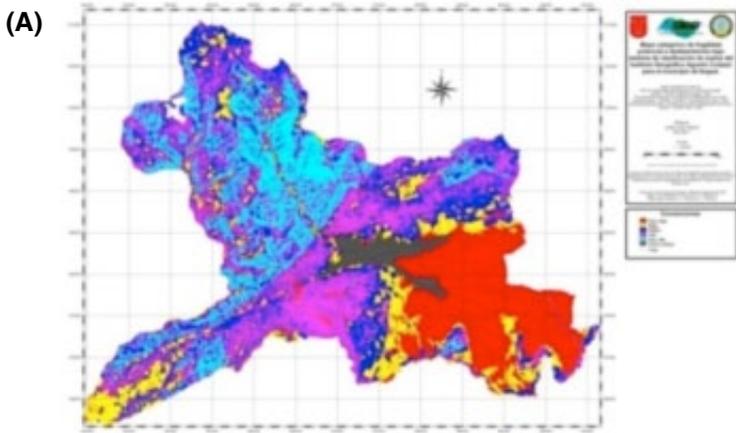
Para el fenómeno de deslizamientos, el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS (2002) elaboró el *Catálogo nacional de movimientos en masa*, donde se recopilan los eventos históricos de deslizamientos y movimientos en masa en el municipio de Ibagué; así se determinó que las áreas más propensas se localizan en el cañón del río Combeima y en las montañas graníticas circundantes del perímetro urbano. Los resultados obtenidos para fragilidad potencial ante deslizamientos mediante la metodología Alarcón y Gayoso muestran sectores de fragilidad alta y muy alta ante el fenómeno en las zonas descritas por Ingeominas.

**Tabla 1. Resultados obtenidos para los mapas de índices numéricos de las variables edáfico-ambientales requeridas por la metodología de Alarcón y Gayoso (1999)**

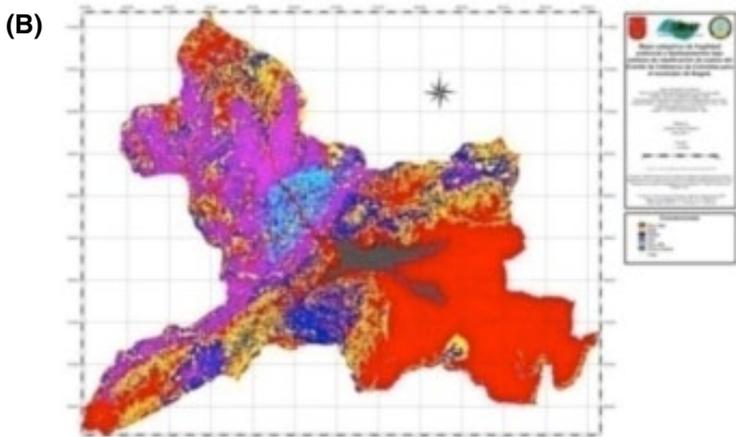
Fenómeno de degradación del suelo	Sistema de clasificación de suelos	Variable edáfico-ambiental	Índice numérico según la metodología Alarcón y Gayoso (1999)	Rango de la variable	Unidad de la variable	Área municipal (ha)	% del área municipal	
Erosión	N. A.	Pendiente	1,0	0-5%		28594,84	20,38	
			2,5	5-15%		17727,89	12,63	
			5,0	15-30%		22088,44	15,74	
			7,5	30-45%		25022,29	17,83	
			10,0	>45%		46894,40	33,42	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
Deslizamientos	N. A.	Pendiente	1,0	0-30%		68411,17	48,75	
			2,5	30-45%		25022,29	17,83	
			5,0	45-60%		22700,65	16,18	
			7,5	>60%		24193,75	17,24	
						<b>Total</b>		
Erosión y deslizamientos	N. A.	Precipitación promedio anual	1,00	0-600mm/año		0,00	0,00	
			2,50	600-1200mm/año		528,24	0,37	
			5,00	1200-1800mm/año		112426,77	80,11	
			7,50	1800-2400mm/año		27384,10	19,51	
			10,00	>2400mm/año		0,00	0,00	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
Deslizamientos	Comité de Cafeteros	Drenaje	1,00	<0,13cm/h		39151,31	27,90	
			2,50	0,13-0,51cm/h		79142,70	5,64	
			5,00	0,51-12,7cm/h		93248,21	66,45	
				<b>Total</b>			<b>100,00</b>	
	IGAC	Drenaje interno	2,50	0,13-0,51cm/h		26213,83	18,68	
			5,00	0,51-12,7cm/h		61521,49	43,84	
			7,50	12,7-25,40cm/h		51190,52	36,47	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
			Sin registros			1400,479	0,99	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
Erosión y deslizamientos	Comité de Cafeteros	Profundidad efectiva	1,00	>90cm		57017,15	40,63	
			2,50	90-60cm		30167,41	21,49	
			5,00	60-45cm		53129,25	37,86	
				<b>Total</b>			<b>100,00</b>	
	IGAC	Profundidad efectiva	1,00	>90cm		117373,13	83,64	
			2,50	90-60cm		6,170,52	4,39	
			5,00	60-45cm		6,723,36	4,79	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
			Sin registros			949,00	0,69	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
Erosión	Comité de Cafeteros	Textura del suelo	5	Arenas finas	N. A.	61708,98	43,99	
			7,5	Limos y arcillas de alta plasticidad	N. A.	39151,32	27,90	
			10	Limos y arcillas de baja plasticidad	N. A.	39,453,5	28,11	
				<b>Total</b>			<b>100,00</b>	
	IGAC	Textura del suelo	1,00	Fragmentos de roca	N. A.	5,168,36	3,71	
			5,00	Arenas Finas	N. A.	108,748,17	78,02	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		
			10,00	Limos y arcillas de baja plasticidad	N. A.	25,460,79	18,27	
			<b>Total</b>			<b>100,00</b>		

**Tabla 2. Extensión de las diferentes categorías de fragilidad potencial para los fenómenos de erosión y de deslizamiento en el municipio de Ibagué**

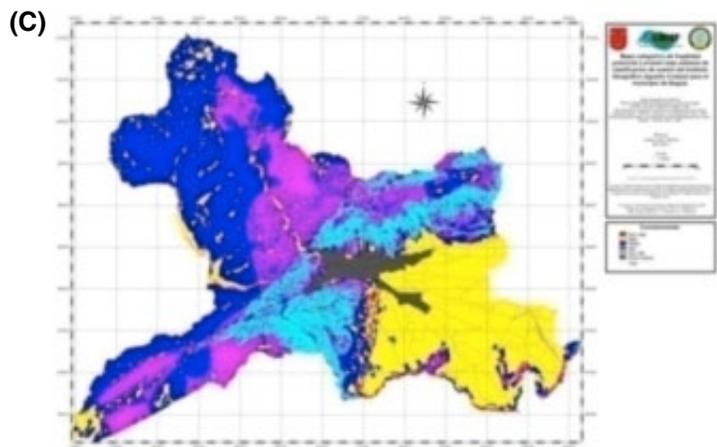
<b>Categoría de fragilidad potencial</b>	<b>Fenómeno</b>	<b>Sistema de clasificación de suelos</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
<i>Muy bajo</i>			60518,79	43,12
<i>Bajo</i>			30922,61	22,03
<i>Medio</i>	Deslizamiento	Comité de Cafeteros de Colombia	25830,55	18,41
<i>Alto</i>			20354,33	14,50
<i>Muy alto</i>			2673,56	1,91
<i>Muy bajo</i>			28112,64	20,03
<i>Bajo</i>			20963,93	14,94
<i>Medio</i>	Deslizamiento	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	28081,01	20,01
<i>Alto</i>			36918,79	26,31
<i>Muy alto</i>			24807,95	17,68
<i>Muy bajo</i>			0	0
<i>Bajo</i>			32265,78	22,99
<i>Medio</i>	Erosión	Comité de Cafeteros de Colombia	35467,85	25,27
<i>Alto</i>			48363,80	34,46
<i>Muy alto</i>			24202,40	17,25
<i>Muy bajo</i>			810,610	0,58
<i>Bajo</i>			42422,85	30,23
<i>Medio</i>	Erosión	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	52,240,26	37,22
<i>Alto</i>			27038,40	19,27
<i>Muy alto</i>			16823,67	11,99



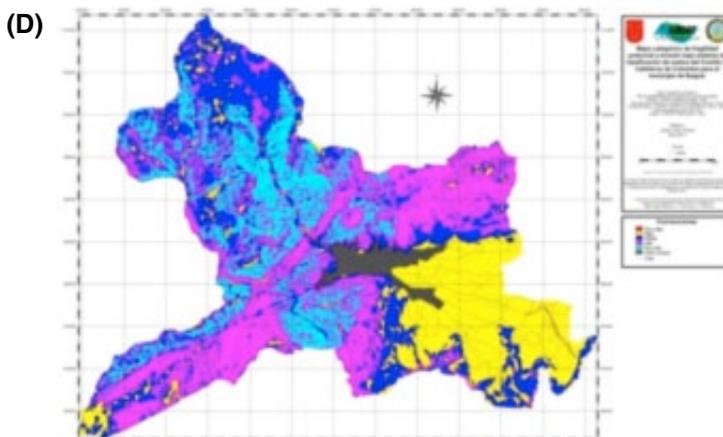
(A) Fragilidad potencial ante deslizamientos según el sistema de clasificación de suelos del IGAC.



(B) Fragilidad potencial ante deslizamientos según el sistema de clasificación de suelos del Comité de Cafeteros de Colombia.



(C) Fragilidad potencial ante erosión según el sistema de clasificación de suelos del IGAC.



(D) Fragilidad potencial ante erosión según el sistema de clasificación de suelos del Comité de Cafeteros de Colombia.

**Figura 2. Mapas de fragilidad potencial a erosión y deslizamientos para los suelos del municipio de Ibagué, departamento del Tolima. Fuente: Los autores con base en Alcaldía de Ibagué (2000).**

## Conclusiones

Los resultados de fragilidad potencial obtenidos con la metodología Alarcón y Gayoso son, hasta la fecha, los únicos elaborados para el municipio de Ibagué; se los puede considerar información guía en los fenómenos, pues determina las áreas potenciales de ocurrencia de los eventos de erosión y deslizamientos.

La metodología es una alternativa de fácil implementación y relativo bajo costo, por la poca información cartográfica que requiere; además, brinda una importante herramienta de planificación y uso del territorio, ya que al establecer zonas de alta fragilidad pueden preverse medidas de acción y de mitigación.

El municipio de Ibagué cuenta con información ambiental elaborada desde diferentes instituciones de los órdenes nacional y local. No obstante, la información no está homologada por todas las instituciones, y obedece a razones misionales y criterios técnicos de cada una de ellas, como, por ejemplo, la de ofrecer información básica ambiental, la del manejo agrícola, la explotación minera, la ordenación del territorio o el manejo de riesgos a la población humana. Tal descoordinación no facilita tener un estado del arte apropiado a la modernidad de los sistemas de información geográfica, y dificulta el manejo de la temporalidad y la precisión de la información.

Esta investigación superó dichas dificultades apoyándose en información, técnicas y tecnologías digitales, y así hizo posible un resultado plausible para el municipio, en el sentido de establecer un sistema de fragilidad potencial ante la erosión y los deslizamientos para el municipio de Ibagué.

Los sistemas de clasificación de suelos empleados (del Comité de Cafeteros y del IGAC) presentan diferencias en cuanto a la distribución espacial y la extensión de sus respectivos valores edáficos, lo cual se manifiesta en resultados diferentes con la misma metodología; dicha variación se debe al origen de las clasificaciones: el del Comité de Cafeteros, con base en el material parental, y el del IGAC, con base en el Soil Survey Staff.

Según el sistema de clasificación de suelos planteado por el Comité de Cafeteros de Colombia, la fragilidad potencial del municipio de Ibagué muestra un mayor riesgo ante al fenómeno erosivo, debido a que las texturas del suelo en este sistema de clasificación poseen mayores extensiones en los valores de riesgo más elevados (texturas de limos y arcillas de baja y alta plasticidad); tal comportamiento, similar para la profundidad efectiva del sustrato, incrementa el riesgo ante la pérdida del sustrato, según la metodología Alarcón y Gayoso.

La localización de las áreas con mayor riesgo ante fenómenos erosivos en el contexto municipal, según la metodología Alarcón y Gayoso, se presenta en las montañas graníticas circundantes del perímetro urbano y en el cañón del río Combeima, y ello corrobora lo establecido por las entidades ambientales municipales.

Las áreas más propensas a eventos de deslizamientos según los resultados obtenidos para el municipio de Ibagué se localizan en el cañón del río Combeima y las montañas graníticas circundantes del perímetro urbano, lo cual es congruente con los eventos históricos registrados por Ingeominas.

El proyecto permite actualizar conocimientos sobre los riesgos de los fenómenos de erosión y deslizamientos en el municipio de Ibagué; además, ofrece una herramienta de fácil consulta y aplicación, que establece áreas de riesgo potencial sobre las que se pueden orientar normas de manejo para la prevención del deslizamiento y la erosión de los suelos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación (Colciencias), y a la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima. Al ingeniero forestal Rosvén Arévalo Fuentes, decano de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima. Al ingeniero forestal Luis Alfredo Lozano Botache, profesor de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima y tutor designado al presente proyecto. A la ingeniera agrónoma Nidia Esperanza Ortiz, profesora del LabSig de la Universidad del Tolima. Al ingeniero forestal Harold Caicedo, profesor de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima. Al ingeniero forestal Simón Harrison Bustos, de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, de la Gobernación del Tolima. A Juan José Rivera V., director (e) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), sede Nataima, y a lader Correa Arango, investigador del área de suelos. A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), sede Nataima. A los habitantes de las veredas Puerto Perú (cañón del Combeima), El Secreto (cañón del Combeima), Cataima (corregimiento de Tapias), Cataimita (corregimiento de Tapias), El Ingenio (corregimiento de Tapias), y Los Túneles (Boquerón). Así mismo, a los habitantes del corregimiento de Buenos Aires (Ibagué) y Gualanday, en el municipio de Coello. Finalmente, a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), sede Nataima, y al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica LabSig, de la Universidad del Tolima.

## Literatura citada

1. Alcaldía de Ibagué. 2000. Plan de ordenamiento territorial para el municipio de Ibagué. Departamento administrativo de planeación. Alcaldía de Ibagué. Ibagué. Colombia.
2. Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. Soil quality for crop production and ecosystem health, Volumen (25). (pp. 1-19). Amsterdam, Netherlands, Elsevier Science Publishers.

- 3.** Comité de Cafeteros de Colombia. 1973. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento del Tolima. Bogotá D.C. Colombia.
- 4.** Corporación Autónoma Regional Del Tolima (CORTOLIMA). 2006. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Coello. Fase de diagnóstico. Ibagué. Colombia.
- 5.** Corporación Autónoma Regional Del Tolima (CORTOLIMA). 2006. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Totare. Fase de diagnóstico. Ibagué. Colombia.
- 6.** Corporación Autónoma Regional Del Tolima (CORTOLIMA). 2010. Agenda ambiental municipal de Ibagué. (pp. 66-70). Ibagué. Colombia.
- 7.** Corporación Autónoma Regional Del Tolima (CORTOLIMA) Y Universidad del Tolima. 2007. Plan general de ordenación forestal para el departamento del Tolima. Fase de diagnóstico. Ibagué. Colombia.
- 8.** Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2010. Claves para la taxonomía de suelos. Onceava edición. Servicio de conservación de recursos naturales. (pp. 1-37).
- 9.** Fajardo Puerta. Néstor Fidel. 2006. Uso y manejo de suelos. Primera edición. Universidad del Tolima. Ibagué. Colombia.
- 10.** Forsythe, Warren. 1985. Física de suelos: Manual de laboratorio. Segunda edición. Serie de libros y materiales educativos IICA. (pp. 171-179). San José. Costa Rica.
- 11.** Gayoso, Jorge y Alarcón, Diego. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Universidad Austral de Chile. Proyecto certificación del manejo forestal en las regiones Octava, Decima y Duodécima. Valdivia, Chile.
- 12.** Instituto Brasileiro de Geología y Estadística (IBGE). 2007. Manual técnico de pedología. Segunda edición. Manuales técnicos en Geociencias.
- 13.** Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEO-MINAS. 1982. Geología y prospección geoquímica de las planchas 244 (Ibagué) y 263 (Ortega) departamento del Tolima. (pp. 1-27). Bogotá D.C, Colombia.
- 14.** Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEO-MINAS. 1999. Planchas geológicas 244 (Ibagué). 243 (Armenia). 245 (Girardot) y 225 (Nevado del Ruíz). Escala 1:100.000 Bogotá D.C. Colombia.
- 15.** Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEO-MINAS. 2004. Proyecto compilación y levantamiento de la información geomecánica. Tomo V. Bogotá D.C. Colombia.
- 16.** Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC (1990). Propiedades físicas de los suelos. Subdirección Agrícola. (pp. 390-428). Bogotá D.C. Colombia.
- 17.** Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC (2004). Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento del Tolima. (pp. 29-103). Bogotá D.C. Colombia.
- 18.** IUSS grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. (pp. 1-11). Primera actualización. Seria de Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos (103). FAO. Roma. Italia.
- 19.** Mendivelso. D.; Rubiano. S.; Malagón C. D y López L. D. 2004. Erosión de tierras colombianas. Departamento Administrativo Nacional De Estadística – DANE. Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC. Subdirección de agrología. (pp. 1-20). Bogotá D. C. Colombia.
- 20.** Pérez, G.S. 2001. Modelo para evaluar la erosión hídrica en Colombia utilizando sistemas de información geográfica. Tesis de especialista. Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander sede Bogotá. Bogotá D. C. Colombia.
- 21.** Ramírez, F.A. 2006. Evaluación del riesgo por erosión potencial de la zona cafetera central del departamento de Caldas. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.
- 22.** Renard, K. Foster, G. Weesies, D. & D, Yoser. 1997. Predicting soil erosion by wáter “A guide to conservation planning with the revised universal soil loss ecuation.” Agriculture research, USDA. Agriculture Handbook, 703. (pp. 1-9).
- 23.** Rivera, P. J.H. 1999. Procesos físicos de erosión y su dinámica; prevención y control en suelos de ladera de la zona cafetera colombiana. En M, Karl. Saman, M. y Restrepo, José (Ed), Conservación de suelos y aguas en la zona andina. (pp. 47-61). Cali, Colombia.
- 24.** Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y Mcsweeney, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. Soil Water Conservation, 50 (Suppl 1). (pp. 229-236).
- 25.** Ruiz A. y Calderon, Y. 2004. Proyecto compilación y levantamiento de la información geomecánica. Zonificación geomecánica de la Sabana de Bogotá. Hidrología y clima de la Sabana, Volumen IV. Instituto Colombiano de Geología y Minería-INGEOMINAS, Servicio Geológico.
- 26.** Velasco Molina, Hugo A. 1990. Uso y manejo del suelo. (pp. 123-157). Editorial Limusa. México D.F. México.
- 27.** Wischmeier, W y D, Smith. 1978. Predictin rainfall ero-tion losses. Agriculture Handbook (USDA-SCS), 537. (pp. 1-58).

Recibido: 1 de marzo de 2012.  
Aceptado: 20 de abril de 2012.

# Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano

## Regulating ecosystem services: trends and impact on human welfare

<sup>1</sup>Emma Sofía Corredor Camargo, <sup>2</sup>Jorge Armando Fonseca Carreño y <sup>3</sup>Edwin Manuel Páez Barón

<sup>1</sup>Médico veterinario; especialista en sanidad animal. <sup>2</sup>Ingeniero agrónomo; especialista en finanzas; magíster en ciencias agrarias; doctorante en agroecología. <sup>3</sup>Médico veterinario zootecnista; especialista en sanidad animal; master of arts in higher education.

<sup>1,2,3</sup> Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), Tunja (Boyacá).

E mail: <sup>1</sup>emma.corredor@unad.edu.co, <sup>2</sup>jorge.fonseca@unad.edu.co, <sup>3</sup>edwin.paez@unad.edu.co

### Resumen

Los servicios ecosistémicos se configuran a partir de beneficios potenciales asociados a las funciones de los ecosistemas, que se concretan en servicios reales una vez son demandados, usados o disfrutados; es decir, en cuanto la sociedad les asigna valores instrumentales. Para esta revisión se asumirá la clasificación de los servicios ecosistémicos que se propone en el documento *La evaluación de los ecosistemas del milenio (2005)*, donde se clasifican en servicios de provisión, culturales y de regulación. Los servicios de regulación son de gran relevancia para el bienestar humano; se obtienen directamente de los ecosistemas, sin pasar por procesos de transformación, como es el caso del aire limpio, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y la prevención de enfermedades, entre otros. A continuación se presenta una revisión bibliográfica sobre la tendencia de los servicios ecosistémicos de regulación, su relación con la calidad del agua, el aire, el control biológico y la biodiversidad; ello, con el fin de brindarle al lector una idea precisa sobre la relevancia de estos servicios y los beneficios reales que de ellos recibe la sociedad; pero también, una idea sobre cómo se los está alterando y los impactos negativos de eso sobre el bienestar de la sociedad.

**Palabras clave:** Biodiversidad, ecosistema, regulación.

### Abstract

Ecosystem services are configured from potential benefits associated with the functions of the ecosystem services which are specified in real time, are defendants, used or enjoyed, and per saying when society assigns instrumental values. For this review, we assume the classification of

ecosystem services proposed in the document The evaluation of the Millennium Ecosystem Assessment (2005), which are classified as provisioning services, cultural and regulation. Regulating services are great importance to human welfare, are obtained ecosystems directly, without going through processes processing, such as clean air, maintenance of biogeochemical cycles and disease prevention, among others. then presents a literature review on the trend of regulating ecosystem services, their relationship with the quality of water, air, and biological control biodiversity that, in order to give the reader a precise idea about the relevance of these services and the real benefits that society receives from them, but also, an idea of how they are being altered and that negative impacts on the welfare of the society.

**Keywords:** Biodiversity, Ecosystem, Regulation.

### Introducción

Las actividades antrópicas someten a grandes presiones a los ecosistemas naturales, afectados por el cambio en el uso del suelo, la contaminación de los cuerpos de agua, la desaparición de especies y la reducción de sus hábitats, entre otros aspectos. Dichas alteraciones afectan tanto la estructura y el funcionamiento como la propiedad resiliente de los ecosistemas, al igual que la capacidad que estos tienen de ofrecer servicios a la sociedad (Díaz., 2006).

Para comprender el concepto, la importancia y el impacto de los servicios ecosistémicos en el bienestar humano es necesario partir desde la definición de desarrollo sustentable propuesta en el informe *Nuestro futuro común* (1987), de la Comisión del Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU; también, las definiciones propuestas por las conferencias mundiales ambientales convocadas por

las Naciones Unidas: la primera, en Estocolmo (1972); la segunda, en Río de Janeiro (1992), y en la cual se propuso el compromiso internacional de lograr el desarrollo sustentable que permita asegurar a las generaciones futuras el acceso a los recursos y la equidad, para mejorar las condiciones de vida de una población exponencialmente creciente; y la tercera, en Johannesburgo (2002), llamada Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. A partir de la dinámica ambiental este concepto se ha extendido rápidamente en los escenarios gubernamentales, políticos, académicos y de la sociedad civil.

Los beneficios y las comodidades de la sociedad se han obtenido a costos muy altos, pues se hallan cimentados sobre el uso constante y la degradación de los servicios de los ecosistemas, y ello genera, entre otros aspectos, un mayor riesgo de cambios no lineales y la acentuación de la pobreza de algunos grupos humanos. Es necesario abordar de manera integral dicha problemática, ya que los beneficios para las generaciones venideras están disminuyendo de forma acelerada.

Tal como lo afirma el MEA (2005), la degradación de los servicios de los ecosistemas podría empeorar considerablemente durante la primera mitad del presente siglo y ser un obstáculo para la consecución de los objetivos de desarrollo del milenio. Existen diversas opciones para conservar o fortalecer estos servicios específicos, de tal forma que se reduzcan las elecciones (acciones) negativas que la sociedad realiza (en algunos casos, obligada, pues no hay otra posibilidad), o bien, que se ofrezcan sinergias positivas con otros servicios de los ecosistemas (Thaler et al., 2011).

## El ambiente como sistema

Hasta finales del siglo XX la ciencia contemporánea (por lo menos, en Occidente) estaba enmarcada en un modo de pensar que ponía el conocimiento riguroso y detallado por encima de cualquier otra consideración, y se desarrolló según las bases impuestas por Galileo y Newton, según las cuales se podían manejar relaciones simples entre fuerzas y cuerpos, y presentaban una imagen del universo reducida a obedecer tales relaciones.

Newton consideraba el universo físico como un mecanismo gigante que seguía leyes deterministas de movimiento (un efecto responde a una causa). Tal enfoque hizo que en el desarrollo agrícola predominara, hasta hace poco, un criterio reduccionista y mecanicista de la ciencia (Báez, 2006).

La adopción de las ideas reduccionistas-mecanicistas en las ciencias biológicas, ambientales y sociales tuvo dos efectos importantes: el primero de ellos fue el fraccionamiento de un problema en sus partes para el estudio por separado de cada una de ellas, lo cual trajo como consecuencia que el conocimiento ganase en profundidad lo que perdió en amplitud, y así se alejara de los problemas del mundo real. En contraposición al reduccionismo y el mecanicismo,

el expansionismo es ahora reconocido como la vía para alcanzar una mayor comprensión del mundo, pues está más interesado en las partes como componente del todo que en las partes por sí mismas, y ve el todo como un sistema compuesto por un conjunto de partes interrelacionadas. En otras palabras, la ciencia actual, que se opone al reduccionismo, intenta conocer las partes a través del conocimiento del todo, lo cual no significa, sin embargo, intentar desarrollar una teoría general del todo, sino que entre lo específico que carece de significado y lo general que no tiene contenido, debe existir para cada propósito y en cada nivel de abstracción un grado óptimo de generalidad, pues dicho enfoque supone que el sistema es un todo indivisible y no es meramente la suma de sus partes, por lo que no admite para su estudio el enfoque reduccionista, y exige, por lo tanto, un tratamiento multidisciplinario (Báez, 2006).

Esta aproximación fue abordada en primera instancia en 1937, y luego, en posteriores publicaciones, con el nombre de Teoría General de los Sistemas (TGS), por von Bertalanffy; Capra (1998) señaló que Alexander Bogdanov abordó el concepto de ciencia de las estructuras, el cual llegó a ser de la misma dimensión y alcance que la de von Bertalanffy, pero no tuvo las mismas posibilidades de publicación.

La TGS intenta, apoyada en enfoques expansionistas, un acercamiento entre la matemática pura y las ciencias empíricas; es decir, busca un compromiso entre la descripción puramente cualitativa y puramente cuantitativa de un fenómeno, como forma de encontrar su propia estructura; también afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas en términos de sus elementos separados: su comprensión se presenta cuando se las estudia globalmente.

De lo anterior es posible deducir que los sistemas vivos, sean individuos u organizaciones, deben ser analizados como *sistemas abiertos*, que mantienen un continuo intercambio de materia, energía e información; su análisis revela *lo general en lo particular* y muestra las propiedades generales de las especies que son capaces de adaptarse y sobrevivir en un ambiente determinado.

La TGS permite reconceptuar los fenómenos dentro de un enfoque holístico, para integrar asuntos que son, en su mayoría, de naturaleza completamente distinta. Las características de los seres vivos están explicadas en los fundamentos del pensamiento sistémico (Capra, 1998). Un sistema natural debe entenderse, entonces, como el conjunto de procesos o procedimientos diseñados para transformar variables de entrada en variables de respuesta, y así propiciar una alta interacción entre los elementos que lo integran, para la obtención de un bien o servicio.

## Servicios ecosistémicos: definición y clasificación

Los servicios ecosistémicos se pueden definir como todos aquellos beneficios que la sociedad obtiene de los

ecosistemas; un concepto cada vez más aplicado a la conservación del medio ambiente, el bienestar humano y la implicación de las intervenciones antropogénicas en el medio natural (MEA, 2005).

Los servicios de provisión son bienes tangibles (también llamados recursos naturales); en la misma categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera y las fibras, entre otros. Los servicios culturales brindan beneficios que dependen de las percepciones colectivas de la sociedad acerca de los ecosistemas y de sus componentes, los cuales pueden ser materiales tangibles o intangibles; los beneficios espirituales, recreativos o educativos que brindan los ecosistemas se consideran en esta categoría. Otra categoría de los servicios ecosistémicos son los de regulación, entre los que están: el control de inundaciones y epidemias, y la regulación en la calidad del aire y del agua, y aunque son mucho menos fáciles de reconocer, resultan vitales en el bienestar humano (MEA, 2005; Gómez y R. de Groot, 2007).

Los beneficios potenciales asociados a las funciones de los ecosistemas se concretizan en beneficios reales una vez son demandados, usados o disfrutados por la sociedad; es entonces cuando dichas funciones pasan a ser reconceptualizadas, dentro de un marco eminentemente antropocentrista (Gómez y R. de Groot, 2007). Por todo lo anterior, los servicios ecosistémicos de regulación son relevantes, en la medida en que sus beneficios reales (para la sociedad) son constantemente demandados por el ser humano y resultan vitales para su supervivencia.

### Servicios ecosistémicos de regulación

Los beneficios de regulación se obtienen directamente de los ecosistemas sin pasar por procesos de transformación ni por los mercados; incluyen el aire limpio, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (el equilibrio  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ , la capa de ozono, etc.), la protección que ofrece el ozono frente a los rayos ultravioleta (UVA), la prevención de enfermedades y el mantenimiento de la calidad del agua, entre otros (Tapiá, 2000). En este contexto la gama de ecosistemas existentes en el planeta, y particularmente en América Latina, brinda diversos servicios ecosistémicos de regulación, que han sido clasificados de diversas formas (Gómez y R. de Groot, 2007).

Existe una distinción importante, a menudo borrosa, entre los impactos humanos sobre la biosfera y el impacto de la biosfera sobre el bienestar humano; aunque ambos son, claramente, dos aspectos distintos, están íntimamente relacionados. Así, la salud y el bienestar humano están en el largo plazo supeditados al mantenimiento de la integridad y la resiliencia de los ecosistemas que la engloban (Gómez y R. de Groot, 2007). Que la teoría económica convencional haya ignorado este hecho, ha sido identificado como una causa fundamental de la actual crisis ecológica.

Aproximaciones como la economía ecológica y ambiental tratan de frenar este tipo de carencias analíticas desarrollando conceptos y formas de contabilidad que incorporan los costes ecológicos derivados del crecimiento económico. Conceptos como el capital natural o las funciones y los servicios de los ecosistemas juegan un papel fundamental en la articulación de una nueva forma de entender la economía (Money, 2009; Gómez y R. de Groot, 2007).

Los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación y la calidad del agua provienen de ecosistemas que proveen una gran variedad de funciones hidrológicas importantes para el bienestar humano; dichas funciones se convierten en bienes y servicios ecosistémicos cuando son valoradas en términos del bienestar y el desarrollo de la sociedad, la cual depende de su provisión sostenida (MEA, 2005). La regulación del ciclo hidrológico es uno de los servicios tangibles de mayor impacto en el mundo entero, y su perturbación ha aumentado el impacto sobre la población más vulnerable, que depende del mencionado recurso para obtener agua potable, hidroenergía o riego para las actividades agropecuarias (Martínez *et al.*, 2010).

Los servicios hidrológicos incluyen la regulación de caudales para mitigar inundaciones, la recarga de acuíferos que mantienen caudales durante la época seca, la purificación del agua y el control de la erosión (MEA, 2005). Una ampliación de la definición de estos servicios fue realizada por Krauze y Wagner (2007), quienes dieron relevancia a la calidad, la cantidad, la ubicación y la temporalidad del recurso hídrico.

El tema atinente a esta revisión hace referencia a la regulación de la calidad y la temporalidad del agua como servicios de regulación, ya que la ubicación y la cantidad son servicios de provisión o de sustento. La calidad se refiere a los flujos de patógenos, los nutrientes, la salinidad y los sedimentos determinados por la capacidad de infiltración de la vegetación, la estabilización del suelo y los procesos bioquímicos de los ecosistemas. La temporalidad se refiere a los picos de caudales, los caudales de base y su velocidad; todos ellos afectan el nivel de los ríos durante la época seca, la intensidad o la frecuencia de las inundaciones y el potencial de eutrofización de las aguas, lo cual, a su vez, se ve afectado por el almacenamiento y la estacionalidad del agua, el corto o largo plazo en los ecosistemas y su control del flujo (Krauze y Wagner, 2007).

La calidad y la temporalidad del agua disponible dependen de patrones climáticos regionales de precipitación y del balance de los componentes del ciclo hidrológico, así como de las características de la vegetación, el suelo y el subsuelo.

La regulación de la calidad hídrica es el producto de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas que se dan en los ecosistemas acuáticos y terrestres (Balvanera y Cotler, 2009). Tales aspectos de calidad y oportunidad del servicio están limitados por el accionar de las actividades antrópicas

(Quetier, 2007) y la capacidad de los ecosistemas para depurar la carga de contaminantes producidos por dichas acciones humanas (MEA, 2005). Es importante mencionar que la demanda de agua, tanto para consumo humano como para actividades productivas, viene en aumento, mientras que la disponibilidad, la calidad y la oportunidad del recurso han venido en retroceso (Díaz, 2006).

Existen cuantificaciones económicas de los servicios hidrológicos, tanto a escala global como regional y local, que sirven para estimar la magnitud de la dependencia humana de ellos (Conagua, 2010).

En Colombia la precipitación anual bordea los 3000 mm en el área continental; la oferta hídrica generada en términos de rendimiento es de 58 Lt/seg por km<sup>2</sup>, lo que permite obtener grandes volúmenes de escorrentía, capaces, con una buena planificación, de abastecer la demanda nacional; la gran dificultad para ello radica en los términos de disponibilidad, que involucran conceptos no solo de cantidad, sino de calidad del recurso. Ejemplos múltiples se pueden tener como referentes: los ríos Bogotá, Cali y Medellín, entre muchos otros, pueden tener, en principio, una abundante oferta de agua, pero, por su calidad, esa agua no puede ser utilizada ni aprovechada (IDEAM, 2010).

Por las afirmaciones de los expertos, se espera que el cambio climático aumente la presión sobre el recurso hídrico, con adversas consecuencias para los seres humanos y el medio ambiente; al modificar el ciclo hídrico, el cambio climático tendrá como consecuencia condiciones más extremas, que se traducirán en un exceso de precipitaciones en algunos lugares, y, a menudo, en lapsos muy cortos (eso provocará inundaciones), y periodos prolongados de escasez en otros (lo cual traerá sequías); además, incidirá negativamente en la calidad del agua, con el impacto subsecuente en la salud pública (Conagua, 2010; IDEAM, 2010).

Las problemáticas asociadas al recurso hídrico en el sector agropecuario están relacionadas con su manejo y las condiciones técnicas del cultivo, la distancia de siembra, el arreglo en curvas de nivel tipo de siembra y la cobertura de suelo, entre otras, las cuales van a mitigar o a favorecer los impactos negativos de las altas precipitaciones. Así mismo, se identifica como externalidad negativa la contaminación de fuentes hídricas, como consecuencia de la aplicación de agroquímicos (Moreno y Ospina, 2002). Estos servicios de regulación se ven modificados de manera directa por el manejo que les da la sociedad, como la contaminación de los ríos por una inadecuada disposición de los desechos inorgánicos, y que afecta la calidad del agua y su ciclaje; o por la interacción antagónica con otros tipos de servicios, como la superposición de la producción agrícola y su relación con la calidad del agua (Bennett *et al.*, 2009). En tal contexto es de gran importancia establecer prácticas que estimulen

una relación sinérgica entre los diversos tipos de servicios ecosistémicos, así como generar acciones que disminuyan el impacto antropogénico directo.

Los servicios relacionados con el control biológico y la regulación de enfermedades son otro valioso aporte de los ecosistemas. Dentro de los cultivos se presentan interacciones bióticas complejas, las cuales permiten que las diversas poblaciones, tanto de microorganismos como de macrorganismos, se mantengan en niveles estables y desarrollen actividades de parasitismo, mutualismo, comensalismo y depredación, entre otros; ello dinamiza el flujo de energía y de nutrientes, la dispersión de semillas y la polinización (Díaz, 2006). Algunos microorganismos desempeñan un papel importante como reguladores de poblaciones de otros organismos (generalmente, de otros artrópodos); este es el principio del control biológico de plagas (Giraldo *et al.*, 2010). Estas interacciones bióticas son de gran relevancia para el bienestar humano; en particular, para la producción agropecuaria, pues a menudo se presentan ataques tanto de plagas como de enfermedades, causados por un desbalance o una reducción de la biodiversidad.

Cuando el mencionado equilibrio dinámico se quiebra por la selección de una o de varias especies, debido a la aplicación de productos tóxicos, se permite el surgimiento de una especie que aumenta considerablemente su población, o la desaparición de una o de varias especies que eran fuente de alimento, y ello configura el principio para el ataque de plagas y enfermedades a los cultivos. Cuando se mantienen o se recuperan dichas interacciones en los procesos de producción se regula la presencia tanto de plagas, de vectores y de especies invasoras como la de polinizadores (Díaz *et al.*, 2005; Balvanera y Cotler, 2009). Haciendo un uso más racional de productos de síntesis química se reduce la carga contaminante en los cuerpos de agua, los suelos y los trabajadores rurales, y ello aumenta las posibilidades de inocuidad en los alimentos (Fonseca *et al.*, 2010).

En Colombia los monocultivos con baja o mínima diversidad vegetal y la alta dependencia de insumos externos (fertilizantes e insecticidas químicos) provocan un impacto ambiental negativo y pérdidas económicas para los productores agropecuarios (Giraldo *et al.*, 2011). De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario, la demanda potencial estimada de fertilizantes durante 2008 fue de cerca de 2,6 millones de toneladas en presentación sólida, y de 20.695 litros en formulaciones líquidas. El volumen de plaguicidas usado por tipo fue de 11768 toneladas y 16238 litros para herbicidas; para fungicidas, 11602 toneladas y 732000 litros; para insecticidas, 3512 toneladas y 4664 litros. De un total de 297 ingredientes activos, el 40% de ellos corresponde a fungicidas; el 26%, a herbicidas, y el 34%, a insecticidas (ICA, 2009; IDEAM, 2010). Una alternativa sustentable es el control biológico, el cual, a diferencia de los plaguicidas, causa menos

daño a las plantas, no genera efectos secundarios en los trabajadores rurales ni en los consumidores y, en general, no afecta el ambiente.

Los servicios ecosistémicos de regulación del clima y la calidad del aire son otros valiosos aportes para la sociedad. Los ecosistemas, en general, mantienen flujos de materia y energía entre sí y con otros ecosistemas; tales flujos afectan directamente la temperatura y las precipitaciones, y en la medida en que existe mayor evapotranspiración aumenta la precipitación a escala local; igualmente, los ecosistemas y los agroecosistemas son sumideros de CO<sub>2</sub>, un gas de efecto invernadero que en altas concentraciones afecta la temperatura (IPCC, 2002).

Se estima que los cambios en el uso de la tierra (principalmente, por la pérdida y la degradación de los bosques tropicales) contribuyen al 61,7% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). Los ecosistemas terrestres y el suelo son depósitos considerables de CO<sub>2</sub>. Los bosques del mundo contienen un estimado de 340 Pg (picogramos) de CO<sub>2</sub> (1 Pg=10<sup>15</sup> g) (1 GtC=gigatonelada=billón de ton) en vegetación, y 620 Pg de CO<sub>2</sub> en suelo. Por ello, los cambios en tales reservorios pueden tener un impacto considerable en el balance global de CO<sub>2</sub>. Durante el último siglo, aproximadamente, 150 Pg de CO<sub>2</sub> han sido liberadas a la atmósfera, como consecuencia de los cambios en el uso del suelo. Esto equivale a casi 30 años de emisiones de quema continua de combustible fósil (FAO, 2004; Imai *et al.*, 2009).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por las siglas en inglés de Intergovernmental Panel on Climate Change) ha estimado que las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> fueron 5,5 +/-0,5 Pg de CO<sub>2</sub>, causadas por la quema de combustible fósil y la producción de cemento, más 1,6 +/- 1,0 Pg de CO<sub>2</sub> causado por la deforestación. El arreglo espacial de los fragmentos de bosque dentro de paisajes agropecuarios, la composición de especies de la vegetación en términos de sus atributos funcionales y el número de especies de plantas afectan la capacidad de los ecosistemas para almacenar carbono (Díaz., 2006).

Según Yepes *et al.* (2011), en Colombia la extensión total del cambio de cobertura de bosque natural a otro tipo de cobertura (deforestación) durante el período 2005-2010 fue de 239.197 ha. Las transformaciones de mayor extensión ocurrieron de bosque a pastos (132739,3 ha), a vegetación secundaria (48343,2 ha), a arbustos (25924,4 ha) y a áreas agrícolas heterogéneas (20970,5 ha). Otras transformaciones de menor extensión presentaron un rango entre 24,62 ha y 3897,4 ha, e incluyen coberturas como superficies de agua y áreas urbanizadas, entre otras.

El carbono total liberado durante el mismo periodo, debido a la deforestación, fue de 24601254,3 toneladas, con una tasa anual de 4920,3 Gg CO<sub>2</sub>/año (un Gg equivale a 1000 toneladas). Con la regeneración del bosque natural entre 2005-2010 se capturó un total de 1022894,9 toneladas de

carbono, a una tasa anual de 204,6 Gg año. No obstante, al tener en cuenta solo la conversión de bosques naturales a tierras de cultivo o pastos permanentes, como lo sugieren las directrices del IPCC (1996) para los inventarios de gases de efecto invernadero, las emisiones netas totales de CO<sub>2</sub> durante este mismo período se reducen a 63757879,5 toneladas de CO<sub>2</sub>eq (equivalente), emitidas a una tasa anual de -12751,6 Gg CO<sub>2</sub> año.

En cuanto a los gases de efecto invernadero (GEI) en particular, el inventario para 2000 y 2004 permitió determinar que el aporte de los GEI se compone de: dióxido de carbono (50%), metano (30%) y óxido nitroso (19%); el 1% restante corresponde a los gases que causan efecto invernadero y no están dentro del Protocolo de Montreal como los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (CFC) y halocarbonos y hexafluoruro de azufre (IDEAM, 2008).

Los sectores que más emisiones de GEI aportaron durante 2004 fueron: la agricultura (38%); la energía (37%) y uso del suelo, el cambio de uso del suelo y la silvicultura, o Uscuss (14%). Les siguieron: los residuos sólidos (6%) y los procesos industriales (5%). Al sumar las emisiones totales de los módulos de agricultura con los de Uscuss, se hace notorio el aporte (de, aproximadamente, el 50%) que tiene el sector agropecuario en las emisiones totales (IDEAM, 2009).

Se espera que mecanismos de mitigación basados en incentivos para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques, la conservación de las reservas de carbono, el manejo sostenible de bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono contribuyan de forma importante a la reducción futura de las emisiones de GEI provenientes de cambios en el uso de la tierra (Bertzky *et al.*, 2011).

El Gobierno Nacional ha diseñado en materia forestal unos instrumentos de política que involucran indirectamente medidas de mitigación, como la Política de Bosques, el Plan Verde y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal. En un horizonte de 20 años se estima un potencial de reducción de emisiones equivalente a 42640216 t/C, para el total de las plantaciones comerciales, y a 1607773 t/C para las plantaciones de caucho (SNC, 2010).

## Discusión y conclusiones

Los servicios ecosistémicos se entienden como aquellos beneficios que se obtienen de los ecosistemas, incluyendo su biodiversidad; todos ellos generan bienestar humano con una perspectiva biológica de subsistencia, así como económica, social y cultural. Se los puede clasificar o agrupar de diversas formas; entre las más comunes están: los de bienes y servicios; los tangibles e intangibles; también, los servicios de provisión, de regulación y culturales. Los servicios de regulación están asociados a la presencia de microorganismos y macrorrganismos, la fertilidad natural de

los suelos, la regulación del clima y la mitigación de riesgos naturales; son, evidentemente, de gran relevancia para el bienestar humano. Dichos servicios se hallan en riesgo por el mal uso de los recursos; a ese respecto es posible citar como ejemplo el uso indiscriminado de agroquímicos en Colombia (Torres y Capote, 2004)

A lo largo de los últimos años se han puesto en marcha incentivos económicos, como programas de pago por servicios ambientales alrededor de todo el planeta, y los cuales se proponen modificar comportamientos que han llevado al rápido deterioro de los ecosistemas (Thaler *et al.*, 2011).

En la experiencia particular de Colombia, el Decreto 900 de 1997 reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal con fines de conservación (CIFc), establecido en la Ley 139 de 1994 y el parágrafo del artículo 250 de la Ley 223 de 1995, para aquellas áreas donde existan ecosistemas naturales boscosos. El incentivo es un reconocimiento por los costos directos e indirectos en los cuales incurre un propietario por conservar en su predio ecosistemas naturales boscosos poco o nada intervenidos, y cuyo valor se definirá con base en los costos directos o indirectos por la conservación y la disponibilidad de recursos totales para el incentivo.

Según Blanco *et al.* (2007), el aspecto crítico que impide la implementación del mencionado instrumento es la inseguridad financiera a la hora de garantizar recursos suficientes (disponibilidad presupuestal) para financiar el instrumento durante 10 años/contrato; sumado a esto, el valor del incentivo forestal, pese a incluir factores regionales en su determinación, no toma en cuenta la variedad de actores sociales enfrentados al logro de objetivos de conservación. El costo de oportunidad asumido es casi uniforme para todos los actores económicos. Las Corporaciones Autónomas Regionales (autoridades ambientales regionales) deberían tener la posibilidad y la capacidad de evaluar el valor real del CIFc con base en los estudios socioeconómicos disponibles y sobre el estado de los ecosistemas.

Es innegable que a partir de los años sesenta del siglo XX, con la emergencia de una mentalidad ambientalista, ha habido una progresiva valoración de los servicios ecosistémicos. A lo largo de los últimos años se ha generado un movimiento hacia un enfoque más transdisciplinario de la investigación, que es más coherente con la naturaleza de los problemas que se tratan (Starrett, 2003; Chan *et al.*, 2006). Sin embargo, el aporte de la valoración de los servicios para la gestión del ecosistema no ha sido tan significativo como se esperaba, ni tan claramente definido. Es así como Liu *et al.* (2010) concluyen que para conseguir un cambio significativo los investigadores deberán trascender las fronteras disciplinarias utilizando herramientas, habilidades y metodologías de diversas disciplinas; sumado a ello, la investigación tiene que ser más orientada al mundo real, a la toma de decisiones y a la conservación del capital natural. Uno de los servicios ecosistémicos más relevantes es el

recurso hídrico. Los distintos panoramas encontrados al respecto en América Latina hacen evidente la necesidad de mejorar la institucionalidad e involucrar a los actores en la evaluación de su vulnerabilidad y en las opciones de adaptación frente al cambio climático; así mismo: establecer y manejar corredores biológicos entre áreas protegidas afectadas por el cambio climático; cambiar o adaptar el sistema productivo; llegar a acuerdos entre actores que viven en la misma cuenca hídrica para mejorar el uso y el manejo del suelo, y así reducir la sedimentación y la contaminación de las aguas río abajo (Martínez *et al.*, 2010).

En este contexto resulta de gran relevancia realizar investigaciones concretas sobre la caracterización de los servicios ecosistémicos en el país, y su impacto aplicado al bienestar humano, así como su papel en la adaptación al cambio climático, y en la forma como van a verse afectados en el escenario regional, dado que, aun con el interés creciente sobre la adaptación al cambio climático, no se han reconocido, hasta ahora, los vínculos entre adaptación y servicios ecosistémicos.

## Literatura citada

1. Báez, W. 2006. El principio de sistemas aplicado a la cuenca hidrográfica. Ponencia presentada en el Curso Internacional de Agroecología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
2. Balvanera, P. H. Cotler *et al.* 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.
3. Bertzky, M., Ravilious, C., Araujo Navas, A.L., Kapos, V., Carrión, D., Chiu, M. & Dickson, B. 2011. Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: Explorando los beneficios múltiples. Ecuador. UNEPWCMC, Cambridge, Reino Unido.
4. Blanco J. 2007. La Experiencia Colombiana en Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales Editorial: CIFOR/ ECOVERSA. Colombia 616 -626.
5. Capra, F. 1998. La trama de la vida: una nueva perspectiva de los seres vivos. Anagrama. Barcelona. Caps I –III.
6. Chan K, M. Shaw, R. Cameron, C. Underwood, C. Daily. 2006. Conservation Planning for Ecosystem Services. PLoS Biology. 4, 11: 379p
7. CONAGUA, Comisión nacional del agua de México. 2010. Diálogos por el agua y el cambio climático. Disponible en: [www.unwater.org/downloads/llamado\\_a\\_la\\_accion.pdf](http://www.unwater.org/downloads/llamado_a_la_accion.pdf)
8. Daza D., Noriega M & Murcia A. 2009. Valoración económica de los servicios hídricos y de biodiversidad del Cerro La Judía. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" Programa de Uso y Valoración

- 9.** Díaz, S., 2006. Biodiversity regulation of ecosystem services, en R. Hassan, R. Scholes y N. Ash (eds.), *Ecosystems and hu-human well-being: Current state and trends*, Vol. 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- 10.** FAO. 1998. Taller técnico internacional organizado conjuntamente por la secretaría de la Organización de las naciones Unidas en el marco del convenio sobre diversidad biológica (SCDB) 2 -4 diciembre 1998. Roma.
- 11.** Fonseca, J, Fonseca, N & Cleves, A. 2010. Manual técnico del cultivo de cebolla puerro (*Allium porrum*) bajo el uso de buenas prácticas agrícolas en el distrito de riego del alto chicamocha. Orion Editores. Bogotá.
- 12.** Gómez-Baggethun, R. de Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* 16 (3): 4-14. Septiembre 2007.
- 13.** Giraldo C., Reyes L.K. & Molina, J. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Manual 2. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible Bogotá, Colombia. 51pICA. 2010. Comercialización de Plaguicidas. Dirección Técnica de Inocuidad e Insumos Agrícolas, Disponible en <http://www.ica.gov.co/%2Fgetattachment%2F6ce78611-9690-4977-a2fb-d302e778d561%2FPublicacion>
- 14.** IDEAM. 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.
- 15.** IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico 5 del ipcc. Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra. Disponible en <http://ipcc.cac.es/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>.
- 16.** Imai N, Samejima H, Langner A, Ong RC, Kita S, *et al.* 2009. Co-Benefits of Sustainable Forest Management in Biodiversity Conservation and Carbon Sequestration. *PLoS ONE* 4(12): 8267p
- 17.** Krauze, K. & Wagner, I. 2007. An ecohydrological approach for the protection and enhancement of ecosystem services. In: Petrosillo *et al.* (eds.). *Use of Landscape Sciences for the Assessment of Environmental Security*. NATO Science for Peace and
- 18.** Security Series C: Environmental Security. Springer Netherlands. 107-277 p.
- 19.** Liu, J., L. Jin-wei & T. Jian. 2010. Ultrasonically assisted extraction of total carbohydrates from *Stevia rebaudiana* Bertoni and identification of extracts. *Food Bioprod. Process.* 88(2-3), 215-221.
- 20.** López B, J.A. González, S. Díaz, I. Castro & M. García. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16 (3): 69-80.
- 21.** MEA. 2005. Evaluación de Ecosistemas del Milenio. 2005. *Ecosystems and human wellbeing: synthesis*. Island Press, Washington, DC. Disponible en: [www.millenniumassessment.org/](http://www.millenniumassessment.org/)
- 22.** Money, A. 2010. The ecosystem-service chain and the biological diversity. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365, 31-39.
- 23.** Moreno A. & Ospina, C. 2002. Recursos agua y suelo en la agricultura familiar y empresarial, dos casos contrastantes de la producción de Berries en Caldas Colombia y Michoacán México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- 24.** Quetier, F. 2007. Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta ecológica*. Número especial 84 – 85. Instituto Nacional de Ecología. México
- 25.** SCN. 2010. Memoria de la segunda comunicación nacional de Colombia ante la CMNUCC. Disponible en: [www.minambiente.gov.co/.../5783\\_res\\_ejecut\\_segun\\_comun\\_cam](http://www.minambiente.gov.co/.../5783_res_ejecut_segun_comun_cam)
- 26.** Tapia M. E. 2000. Mountain Agrobiodiversity in Peru. *Mountain Research and Development*. 20 No 3: 220–225
- 27.** Thaler S, Eitzinger J, Trnka R., Dubrovskya B. 2011. Impacts of climate change and alternative adaptation options on winter wheat yield and water productivity in a dry climate in Central Europe. *Climate Change and Agriculture Research Paper*. The Journal of Agricultural Science, FirstView Article: 1-19.
- 28.** Torres y Capote. 2004. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas* 13 (3): 2-6.
- 29.** Yepes, A., Navarrete D.A., Phillips J.F., Duque, A.J., Cabrera, E., Galindo, G., Vargas, D., García, M.C y Ordoñez, M.F. 2011. Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 32 p.

Recibido: Marzo 1 de 2012  
 Aceptado: Abril 25 de 2012



# Reflexiones ante los indicadores de desarrollo y los desafíos ambientales

## Reflections on development indicators and environmental challenges

Óscar Emerson Zúñiga M.

Ingeniero agrónomo. Professor colaborador no Instituto Federal de Pernambuco, Campus Barreiros  
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
(PRODEMA) – UFPE. Pesquisador financiado pela CAPES, Brasil

oscar.emersonzuniga@ufpe.br

### Resumen

A la lista de preocupaciones que acompañan la existencia humana durante las últimas décadas se ha sumado la de los efectos que los estilos de vida tienen sobre el ecosistema, debido, principalmente, a que los cambios introducidos son de tal magnitud que no solo está en riesgo la vida de una especie de rana de zonas tropicales, o la del tigre de sistemas de sabanas inundables, sino que existe un factor de presión capaz de someter a un alto grado de vulnerabilidad a millones de seres humanos ubicados en los ecosistemas más diversos, pero, a la vez, más frágiles del planeta. Esta preocupación moral se extiende a los campos de la política y a la epistemología, donde se viene cuestionando, desde la economía ecológica, la pertinencia de indicadores de desarrollo elaborados según la economía neoclásica, como expresión de una discusión más profunda de la relación sociedad-naturaleza.

**Palabras clave:** Comercio internacional agrícola (Q17), desarrollo y medio ambiente (Q56), economía ecológica (Q57).

### Abstract

In recent decades, the list of concerns which accompanies human existence has donned a new item: the effects lifestyles are having on the ecosystem due mainly to the fact that the changes introduced are of such magnitude that not only is a kind of tropical frog or a tiger that inhabits floodplain systems at risk. There is a pressure factor submitting millions of human beings located in the most diverse, but at the same time most fragile, ecosystems to a high degree of vulnerability. This moral concern extends to the fields of politics and epistemology where, from the perspective of ecological economics, the relevance of existing indicators for development drawn from neoclassical economics is being questioned, as an expression of a deeper discussion of the relationship of society-nature.

**Key words:** International agricultural trade (Q17), development and environment (Q56) ecological economics (Q57).

### Introducción

El reciente informe de la FAO sobre la cumbre mundial de alimentos reconoce que durante 2009 el número de personas que sufrían hambre y subnutrición en todo el mundo había superado la franja de los 1000 millones (FAO, 2009).

En un mundo donde un niño muere cada seis segundos a causa del hambre, más que seguir cuestionando las técnicas de producción, los mecanismos de comercialización y las buenas voluntades de los gobernantes, es necesario sumarse a esas voces que reclaman por un cuestionamiento a los indicadores de sustentabilidad, y, por ende, a los modelos de desarrollo. Esta discusión acerca de los indicadores ha sido abordada por otros autores, como Roca (1998), Escobar (1995), Arbués (1995) y Cortés (2007). Para Gudynas y Acosta (2011a), la discusión gana vigencia con la llegada de los gobiernos progresistas o de izquierda en el subcontinente americano, y sus teorías sobre el desarrollo alternativo.

De esta manera, América Latina y otras regiones del sur, deben aplicar un conjunto de políticas, instrumentos e indicadores para salir del “subdesarrollo” y llegar a la deseada condición del “desarrollo”. Los objetivos y medios para realizar esa tarea difieren entre escuelas de pensamiento y diversos autores, los que, al decir de Tortosa (2008), oscilan desde las “versiones más economicistas que lo identifican con el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) a las más complejas del desarrollo a escala humana: necesidades básicas, nuevo orden internacional, desarrollo humano, ecodesarrollo o codesarrollo” (Gudynas y Acosta 2011a, 3).

Sin embargo, para estos autores de lo que se trata es de generar las alternativas al desarrollo, lo cual permite ir más allá del paradigma economicista que se ha instaurado en el imaginario de América Latina; en ese sentido, justifican el uso del concepto del buen vivir que ha venido instituyéndose en algunas constituciones donde el pensamiento indígena ha logrado reconocimiento.

El Buen Vivir, al menos conceptualmente, se perfila como una versión que supera los desarrollos “alternativos” e intenta ser una “alternativa al desarrollo”; en síntesis, una opción radicalmente distinta a todas las ideas de desarrollo (Gudynas y Acosta, 2011a, 7).

Este artículo considera, primero, la mayor presión que sufrirán las naciones como efecto del mal desarrollo de los países, y, en general, por la devastadora cultura occidental, que ha llevado al hombre a un desequilibrio de los ecosistemas, en lo que la comunidad científica ha dado en llamar Cambio Climático. Una segunda parte del artículo se ocupará de la discusión sobre sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte, que se ha venido presentando desde hace ya varios años, y, en tercer lugar, presentará resultados obtenidos con indicadores de sostenibilidad fuerte.

## Cambio climático y las presiones sobre la economía

Desde el inicio del siglo XX la humanidad ha experimentado una serie de cambios que no involucran un único componente de su existencia ni están ubicados en una zona específica del globo, sino que incumben a las interrelaciones en la trama de la vida. En la década de 1970 la comunidad científica acuñó el concepto de *cambio global* para referirse a “los cambios en los sistemas internacionales, sociales, económicos y políticos, particularmente en lo que concierne a la seguridad internacional y reducciones en la calidad de vida” (Academia Nacional de Geografía 1995, 28). Luego, en 1980, se acuñó el término *cambio global del ecosistema* para referirse a las transformaciones en los sistemas biológicos, geológicos, hidrológicos y atmosféricos; dichos cambios pueden clasificarse como: *sistémicos*, o aquellos que ocurren en la totalidad de un componente planetario (aumento del CO<sub>2</sub>, que ocurre en la atmósfera, calentamiento global, aumento global medio en el nivel del mar, disminución del ozono estratosférico) y *acumulativos*, que se generan en una zona específica de la tierra, pero tienen repercusión en el planeta entero (como la deforestación, que incide en la acumulación de CO<sub>2</sub>, la lluvia ácida, la desertificación, etc.).

El informe de evaluación de los ecosistemas del milenio preparado por el PNUMA indica que los cambios de origen antrópico de los últimos 50 años están provocando la degradación ambiental, y que el lugar donde se están dando “son los lugares en donde la población humana crece con mayor rapidez, la productividad biológica está al final y la pobreza está en la cima” (PNUMA, 2005, 7-8).

El esfuerzo del pensamiento neoclásico por demostrar que la economía puede desarrollarse por fuera de los

límites ecosistémicos enfrenta hechos demostrativos de una deuda ecológica, que se diferencia de la monetaria en dos componentes: mientras la ecológica es material y representada en toneladas de agua, biomasa y minerales, la monetaria es virtual; y mientras la ecológica viaja en sentido norte-sur, la monetaria se ha dado en el sentido sur-norte, y el sur se ha convertido en un actor insolvente para cubrirla.

## Sostenibilidad débil vs. sostenibilidad fuerte

Aunque no es una dependencia tautológica, para el caso de economías ricas en recursos naturales existe una relación directa entre aumento del PIB y vulnerabilidad, dada por el modelo de desarrollo dependiente que ha imperado en estos países. El principio de la discusión se basa en los planteamientos desarrollados por la escuela neoclásica de la economía y los cuestionamientos que se les hacen a estos desde la teoría de desarrollo y la economía ecológica.

Por una parte, la escuela neoclásica establece una serie de supuestos, entre los cuales los de mayor controversia han sido: 1) la posibilidad de sustituir capital natural por capital económico; 2) la prolongada extracción de recursos naturales a través de una mayor eficiencia tecnológica; y 3) el sendero óptimo de explotación de recursos, dado por la relación entre usar un recurso en la actualidad o dejarlo para el futuro, según la tasa de interés del mercado.

A partir de las discusiones sobre el modelo de desarrollo varios autores se han dado a la tarea de elaborar mecanismos que permitan una adecuada medición del bienestar que la actividad económica puede generar en la sociedad. Así, el dominio indiscutible del PIB se vio cuestionado por el surgimiento del índice de desarrollo humano<sup>1</sup> durante los años noventa del siglo XX, en un esfuerzo por compaginar crecimiento económico con bienestar humano.

Un cuestionamiento importante a indicadores como el producto interno bruto (PIB) y el producto nacional bruto (PNB) se basa en el argumento de uno de los organismos multilaterales más competentes para hablar del asunto: el PNUD, institución que comenta lo siguiente: “el PIB y el PNB sólo se orientan a medir los medios (la producción de bienes y servicios), pero no los fines últimos de la actividad económica (el bienestar de las personas)” (Gonzalorenna, 2003, 5).

A la pregunta de Gonzalorenna cabría añadir que los fines no solo incluyen el bienestar de las personas, sino, también, el de los ecosistemas. Indicadores como la TAG, propuesto por el Banco Mundial y el IBS (Daly y Cobb, 1989) son un paso adelante en la respuesta a tal tipo de preguntas; el primero busca tener en cuenta el agotamiento de los recursos naturales utilizados en el desarrollo económico “mediante el ajuste de la tasa de ahorro tradicional dedu-

<sup>1</sup> El IDH se compone de tres parámetros: esperanza de vida al nacer, nivel educativo y PIB per cápita.

ciendo el valor estimado del agotamiento de los recursos naturales y los daños provocados por la contaminación (la pérdida del capital natural)” (Gonzalorena, 2003, 8-9).

Estableciendo una relación entre comercio internacional, deuda externa y recursos naturales, Pérez (2006) ha estudiado el impacto que las ventajas competitivas han generado sobre la sostenibilidad de la economía colombiana desde los años sesenta del siglo pasado hasta los primeros años del siglo XXI.

Los datos obtenidos por Pérez (2006) muestran que el saldo de la deuda externa total, representada en recursos naturales, se ha multiplicado 82 veces, al pasar de 5 a 409 millones de toneladas entre 1974 y 2006; mientras, los servicios por la deuda (intereses + amortizaciones) pasaron de 400 mil toneladas a 40 millones, y durante el mismo periodo analizado se multiplicaron 100 veces. Para dar una idea de la magnitud del daño que esto ha generado en la base material de Colombia, en 2004 las exportaciones eran el 94% de recursos no renovables (minerales y energía fósil); el 4% correspondía a productos agropecuarios, y el 2%, a productos pesqueros.

Para el estudio del impacto ecosistémico que genera el comercio internacional a través de la agricultura se usan indicadores biofísicos (aplicados a la tierra, la energía y el agua), elaborados desde la economía ecológica y la idea de sostenibilidad fuerte; tales indicadores incluyen cambios en los usos y las coberturas del suelo; el balance comercial físico (BCF), que, a su vez, hace parte de la metodología de análisis de flujo de materiales (MFA); la huella hídrica (HH), y el balance energético equivalente (BEE).

Estudios similares se han realizado en otras economías latinoamericanas, como en el caso de Ecuador. Los trabajos de Falconi (2002) muestran una notable variación de la balanza comercial ecuatoriana entre 1970 y 2000, representada, principalmente, por la importación de trigo y otros vegetales. El incremento de las exportaciones durante este mismo periodo representó un 2,6% (en productos como banano, plátano, café y cacao).

En el caso del banano, junto con el plátano, Ecuador recibió por su exportación US\$ 864,5 millones (en 2001), ubicados en 194,3 mil hectáreas, que “produjeron 6.5 millones de toneladas métricas (TM), de las cuales se exportaron 4.2 millones de TM (cerca de  $1 \times 10^{12}$  kcal.)” (Falconi 2002, 161). Esto muestra un balance negativo en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), elementos estructurantes de la producción agrícola. Falconi, además, caracteriza este fenómeno como un *intercambio ecológicamente desigual* (IED), en el sentido de que el “banano está valorado a precios de mercado, en tanto la pérdida de nutrientes y las externalidades ambientales de la producción de la fruta no están incorporadas en los precios de mercado de cada kilocaloría exportada” (Falconi, 2002, 161).

Como lo afirman Gudynas y Acosta (2011a), la discusión que acompaña a los nuevos indicadores de la producción, llámense alternativas al desarrollo o buen vivir, está me-

diada por la necesidad de construir nuevos indicadores que permitan evaluar qué tanto se está cumpliendo el objetivo de hacer de la existencia humana y su relación con la naturaleza un modo de vida indispensable, *antes que de una dualidad naturaleza / sociedad*.

En tanto el Buen Vivir propone una nueva arquitectura conceptual, también requerirá de indicadores y herramientas propias. En unos casos se podrán utilizar algunos indicadores clásicos, aunque serán incorporados y evaluados en otros contextos. Los ejemplos en ese terreno son las evaluaciones de la incidencia de la pobreza y la marginalidad. Pero en otros casos, se deberán aprovechar nuevos indicadores, los que a su vez ofrecen una gran oportunidad para denunciar las limitaciones y falacias de los sistemas de indicadores dominantes (Gudynas y Acosta, 2011a, 7).

## Consideraciones finales

Pensar en la pertinencia de los indicadores usados desde la economía convencional y la posibilidad de integrar nuevas mediciones desde la economía ecológica viene dado por querer encarar los nuevos desafíos de los cambios globales a los cuales se asiste en el siglo XXI; implica la construcción de un nuevo modelo de desarrollo sustentado en bioindicadores, pero también, desde una visión más profunda, es la crítica a la modernidad y a su construcción de un mundo antropocéntrico (Gudynas, 2010).

Es decir, respondiendo a la pregunta objeto del presente estudio, y siguiendo a Falconi (2002), los estudios sobre la actividad económica de un país, que atraviesan por temas de igualdad, cobro de externalidades, comercio justo, preservación de los recursos naturales y bienestar humano, deben ser analizados desde un enfoque multicriterio, donde se incorporen indicadores de la economía ambiental y, por supuesto, los bioindicadores elaborados desde una economía ecológica que permita establecer una medida del buen vivir, y donde este sea un concepto plural y multidimensional (Gudynas y Acosta, 2011b).

El concepto del buen vivir tiene su importancia en la medida en que ayuda a pensar en darle un nuevo sentido a la economía, y no, como viene sucediendo, la economía dando sentido a la vida. Para estos autores, introducir la dimensión ambiental (como, por ejemplo, en Ecuador), que permite calcular la pérdida de recursos naturales, viene constituyendo el camino para afrontar los nuevos desafíos ambientales para el siglo XXI.

## Literatura citada

1. Academia Nacional de Geografía. 1995. *Cambio global. Causas, ciencia, tecnología e implicaciones humanas*. Estudio Sigma S.R.L. Buenos Aires
2. Adger, W. N. 2006. Vulnerability. *Global environmental change*, 268-281.
3. Arbués G., F. 1995. ¿Tiene el medio ambiente un contenido económico? *Acciones e investigaciones sociales*,

- 7-18.
- 4.** Daly, Herman y Cobb, John (1989), *For the Common Good*, Beacon Press, Boston.
  - 5.** Cortés L., R. 2007. A propósito de la relación economía y medio ambiente: un balance crítico sobre las convenciones y tensiones epistémicas de la disciplina. *Cuadernos de economía*, Vol. 26 (Nº. 47), 223-246.
  - 6.** Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. 2009. *Declaración del Director General de la FAO, Dr. Jacques Diouf*. FAO: Roma.
  - 7.** Escobar, A. 1995. El desarrollo sostenible: Dialogo de discursos. *Ecología política*, 7-25.
  - 8.** Falconi, F. 2002. *Economía y desarrollo sostenible. ¿Matrimonio feliz o divorcio anunciado? El caso de Ecuador*. RISPERGRAF: Quito.
  - 9.** FAO. (16-18 de Noviembre de 2009). *Cumbre Mundial de Alimentos*. Recuperado el 5 de Mayo de 2010, de Sitio Web FAO: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/Meeting/018/k6050s.pdf>
  - 10.** Georgescu-Roegen, N. 1996. *La ley de la entropía y el proceso económico*. Madrid: Fundación argentaria-Visor distribuciones.
  - 11.** Gonzaloren Döll, J. 2003. Indicadores de desarrollo económico y social. *Oikos. Revista de la Universidad Católica Silva Henríquez* (15), 1-12.
  - 12.** Gudynas, E. 2010. La senda biocéntrica: valores intrínsecos, derechos de la naturaleza y justicia ecológica. *Tabula Rasa. Bogotá - Colombia* (13), 45-71.
  - 13.** Gudynas, E., Acosta, A. 2011a. El buen vivir o la disolución de la idea del progreso. En: *La medición del progreso y el bienestar. Propuestas desde América Latina*, coordinador por Mariano Rojas. Foro Consultivo Científico y Tecnológico de México, México DF, 2011.
  - 14.** Gudynas, E., Acosta, A. 2011b. La renovación de la crítica del desarrollo y el buen vivir como alternativa. *Utopía y praxis latinoamericana*, (53), 71-83.
  - 15.** Observatorio del derecho a la alimentación y la nutrición. 2009. *¿Quién controla la gobernanza del sistema alimentario mundial? Pan para el mundo*, ICCO y Fian Internacional.
  - 16.** Pérez R., M. A. 2006. *Comercio internacional y medio ambiente en Colombia*. Universidad Autónoma de Barcelona: Barcelona.
  - 17.** PNUMA. 2007. *Cambio climático y diversidad biológica*.
  - 18.** PNUMA. 2005. *XV Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente*. Caracas.
  - 19.** Roca, J. J. 1998. El debate sobre la elaboración de un indicador macroeconómico corregido "ecológicamente". *Economía política* (16), 21-30.
- Recibido: 23 de febrero de 2012.  
Aceptado: 20 de abril de 2012.

# Política de educación ambiental en Colombia, 2002-2010

## Environmental education policy in Colombia, 2002-2010

Miguel Ezequiel Badillo Mendoza

Comunicador social; especialista en diseño de ambientes de aprendizaje; magíster en comunicación estratégica; doctorante en comunicación y educación en la red.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades (ECSAH), Palmira (Colombia).

miguel.badillo@unad.edu.co

### Resumen

Se presenta<sup>1</sup> el marco histórico de los procesos que incidieron en la Política de Educación Ambiental entre 2002 y 2010 en Colombia, tomando como ejes los procesos de transformación del Ministerio del Medio Ambiente y la denominada Revolución Educativa. La investigación es de tipo cualitativo, con un enfoque histórico-hermenéutico, y la técnica utilizada es la investigación documental. Como resultado, se identificó un contexto histórico caracterizado por una visión economicista, una posición guerrerista en detrimento de las necesidades sociales y una modificación de aspectos estructurantes en el sistema político de Colombia. Se concluye que estos procesos han generado retraso y afectado la evolución que desde la década de los años setenta del siglo XX, y en especial a partir de la Constitución de 1991, se instalaron en procura de solucionar las diversas problemáticas ambientales.

**Palabras clave:** Política de Educación Ambiental, medio ambiente, desarrollo, revolución educativa.

### Abstract

It presents the historical processes that influenced the Environmental Education Policy in Colombia between 2002-2010, taking as axes the transformation processes of the Ministry of the Environment and the so-called Education Revolution. The research is qualitative, with a historical hermeneutic and the technique used is the documentary research. As a result, it was identified a historical context characterized by economic vision, a warlike position at the expense of social needs and a modification of structural issues at the political system in Colombia. It is concluded that these processes have affected the evolution delay and since the nineteen seventies and especially from the Constitution of 1991, settled in the various attempts to solve environmental problems.

**Key words:** Environmental Education Policy, environment, development, education revolution.

### Introducción

En Colombia la necesidad de dimensionar social y políticamente la educación ambiental se ha manifestado en diversas posiciones estatales (a veces, decididas; a veces, totalmente ausentes) y a través de una transición, que inicia desde la década de 1970 con una visión ecologista de la educación; luego, hacia 1980, cuando sobre el desarrollo sostenible se dinamizan otras configuraciones sobre lo ambiental, y continuando en 1990, al constituirse una corriente transversal de los procesos educativos ambientales. Sin embargo, es importante indagar y acercarse a la realidad de la Política de Educación Ambiental y su desarrollo en el presente siglo.

El presente artículo se centra en el periodo 2002-2010, escenario donde Colombia vivió procesos políticos macro en su devenir como Estado; por ejemplo, el hecho de tener, por primera vez, dos periodos presidenciales a cargo de un mismo funcionario.

Se seleccionó dicho periodo puesto que en él se dieron dos rupturas estructurantes: un cambio en la perspectiva política del medio ambiente, al pasarse del Ministerio del Medio Ambiente al Viceministerio del Medio Ambiente, y la reestructuración de la educación a través del programa Revolución Educativa, que determinó la ruta en cuanto a los procesos educativos, de gestión y de planificación.

Finalmente, se determinan los marcos sobre los cuales sucedieron dichas modificaciones y rupturas, sus motivaciones e impactos generales en la dinámica educativa y medioambiental en el país.

### Métodos

El desarrollo del marco histórico se planteó desde los siguientes objetivos:

- Establecer un contexto histórico de Colombia entre 2002 y 2010, sobre unos antecedentes y una descripción de hechos relacionados con el problema objeto de estudio.

• Describir el marco sobre el cual surgen el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo, y el Programa Revolución Educativa, y sus planteamientos a lo largo de los periodos presidenciales 2002-2006 y 2006-2010.

Para el logro de los objetivos se trabajó con un enfoque histórico-hermenéutico, y como técnica, con la investigación documental sobre el siguiente modelo, propuesto por Galeano (2007).

**Tabla 1. Modelo de investigación propuesto**

<b>Diseño</b>	<p>Construcción del objeto de investigación. Estrategias de búsqueda, clasificación, registro, sistematización y análisis de información.</p>
<b>Gestión e implementación</b>	<p>Rastreo, inventario y muestreo de documentos. Selección y Clasificación de temas, periodos y personajes. Contextualización sociohistórica. Análisis, valoración e interpretación. • Lectura cruzada y comparativa. • Establecimiento de categorías de análisis. Construcción de esquemas y cuadros.</p>
<b>Comunicación de resultados</b>	<p>Elaboración de informe. Socialización.</p>

## Resultados

### Contexto histórico de Colombia entre los años 2002 y 2010

La historia de Colombia a finales del siglo XX se demarca en las luchas predominantes y en la búsqueda de salidas a un evolutivo crecimiento de los conflictos sociales; en especial, los determinados por la violencia, el narcotráfico, la desigualdad y la corrupción política.

En dicha esfera, Andrés Pastrana Arango, presidente entre 1998 y 2002, retomó el país luego de un escándalo de corrupción que generó un fuerte impacto a escala nacional e internacional, sobre la descomposición del Estado, como producto de la infiltración de dineros ilícitos a la campaña del entonces candidato y posterior mandatario Ernesto Samper Pizano (1994-1998).

El periodo presidencial de Pastrana Arango se caracterizó por la restauración de las relaciones de Colombia con Estados Unidos y un esfuerzo por alcanzar la paz a toda costa, lo cual llegó a su máximo punto con el reconocimiento de estatus político a las FARC (Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia) y la desmilitarización de una zona de 42.143 km<sup>2</sup> para el establecimiento de unos diálogos de Paz, en la denominada Zona de Distensión; tales diálogos fracasaron en 2002, debido a los incumplimientos<sup>2</sup> de las partes involucradas.

En la agenda externa se firmó el Plan Colombia: un paquete de apoyo económico, el cual, sobre un fuerte com-

ponente militar, pretendía erradicar el problema del narcotráfico en Colombia, con la perspectiva de que gran porcentaje de la droga que ingresaba a Estados Unidos procedía de suelo colombiano.

Velásquez (2004, P. 85) resume en los siguientes puntos el contexto general sobre el que se perfilaba la realidad colombiana a principios del siglo XXI:

- La ruptura del proceso de conversaciones entre el Gobierno y la guerrilla, y la entrada en una guerra de desgaste, expresada en el recurso al sabotaje y al terrorismo, lo cual, progresivamente, debilitará el mito de la victoria militar rápida sobre la guerrilla. Pero, igualmente, una posición ambigua de los colombianos: pasan con facilidad de la ilusión de la paz a la ilusión de la guerra.
- Una creciente pérdida de credibilidad de la política y de los políticos frente a la sociedad, expresada en la percepción sobre la inutilidad del Congreso y de otros cuerpos plurales de representación política y lo que estos significan, y, a la vez, una profunda desconfianza en los partidos políticos.
- Una economía en crisis, que no parecía encontrar el camino para salir del ciclo recesivo y retomar una dinámica de crecimiento sostenido.
- Una situación social muy negativa y realmente dramática para muchos habitantes; se señaló que la sociedad colombiana retrocedió 15 años en cuanto a indicadores sociales se refiere.
- Un contexto internacional caracterizado por la creciente globalización y la unipolaridad, con un único sentido

hegemónico en lo político y militar: Estados Unidos, con una nueva agenda global donde la denominada lucha contra el terrorismo ocupaba el primer puesto, y una región andina en ebullición por su inestabilidad social, política y económica.

- Un creciente autoritarismo interiorizado en importantes sectores de la sociedad, que crea un entorno favorable a proyectos político-militares de tipo contrainsurgentes en los ámbitos local, regional o nacional, y que alimenta comportamientos excluyentes y de tendencia antidemocrática.

### Primer periodo Presidencial (2002-2006)

El presidente Álvaro Uribe Vélez asumió su primer mandato en un país por completo desmoralizado, y que ante el fracaso de sus líderes castigó a sus tradicionales dirigentes políticos liberales y conservadores al optar por un candidato que fulguraba ondeando banderas de mayor independencia. El fracaso y los excesos de las fuerzas levantadas en armas, su presencia ya en las ciudades, el acoso y la expansión de grupos paramilitares llevaron a los colombianos a percibir la guerra como algo que ya “tocaba” sus puertas: el conflicto ya no era en los campos, en los pueblos y las veredas, sino que las ciudades cobraban importancia estratégica en la dinámica; los procesos comerciales y de inversión se vieron afectados y se sintió un clima de aislamiento en el país.

Por ende, la llegada de un líder que asumiera un estilo más técnico y gerencial, y que enfrentara el reto de derrotar a la guerrilla con “mano dura”, como manifestó Uribe Vélez, impactó y caló hondo en el electorado colombiano.

Sumado a un pobre desempeño económico, durante el cual los colombianos habían afrontado entre 1997 y 2000 una fuerte recesión económica<sup>3</sup>, y se habían disparado las cifras de desempleo, la poca inversión extranjera y la fuga de capitales, se generó una intersección conceptual y real en medio de la cual primaba la recuperación militar del territorio para garantizar el desarrollo económico.

Así, el nuevo presidente debía asumir los siguientes retos:

- Superar la guerra interna, lo que implicaba un fortalecimiento institucional, unas reformas militares y una presencia de fuerza que disuadiera y lograra un clima favorable para una posterior negociación.
- Realizar la reforma política para legitimar al Estado y su institucionalidad.
- Lograr una política externa sólida; en especial, porque, ante el nuevo discurso antiterrorista surgido desde el 11 de septiembre de 2001, Colombia tenía en plena acción a 3 grupos armados considerados como tales por la comunidad internacional.
- Una política económica y social que permitiera el crecimiento y el bienestar.
- Defensa y consolidación de la democracia.
- Implementación de la Política Pública de Defensa,

denominada Seguridad Democrática, la cual se planteó los siguientes objetivos: consolidación estatal del territorio; protección de la población; eliminación del comercio de drogas ilícitas; protección de fronteras; eficiencia, transparencia y rendición de cuentas (Velásquez, 2004, P. 87).

En términos generales, este primer periodo logró una actitud distinta frente al tema de la guerrilla y el narcotráfico, con un despliegue militar sin precedentes en el país que logró ampliar la presencia del Estado en el territorio, el control sobre las vías, procesos de desmovilización y mejoramiento en los indicadores de secuestros, hurtos y asesinatos, lo cual generó una actitud positiva y de credibilidad, y devolvió la confianza a los colombianos, quienes asumieron una nueva perspectiva sobre su realidad y su futuro.

De la mano de dicha actitud partió, igualmente, la credibilidad entre los gremios y los sectores inversionistas, que retornaron al país. La inversión extranjera directa (IED) creció casi 4 veces durante la era Uribe, al pasar de US \$2134 millones en 2002 a US \$7201 millones en 2009. Además, la actitud “frentera” y directa le valieron al presidente el aprecio y el apoyo de una comunidad que “le perdonaba todo”, lo que se denominó el “efecto teflón”, pues, a la par con los logros, hubo situaciones de corrupción, de manejo político en el Congreso, de excesos contra los derechos humanos, de manejo dudoso y desequilibrado de los problemas con los paramilitares y las autodefensas, todos los cuales fueron parte del día a día del gobierno, pero dejaron intacta su imagen, que logró mantenerse en un 60% de popularidad.

### Segundo periodo presidencial (2006-2010)

Ante los resultados presentados, obtener la reelección fue, en verdad, un ejercicio sin la menor complicación. Todo un Estado alineado, una Constitución adecuada y una oposición sin mayores fortalezas ni argumentos fueron camino allanado para una segunda victoria, con un 62,35% del favor de los sufragantes.

La realidad es que este segundo gobierno consistió en una continuidad de las estrategias y los planes proyectados a lo largo del primer periodo. Estos 4 años fueron de total ambivalencia, donde aumentaron los escándalos por clientelismo, corrupción, presencia de las fuerzas militares en masacres y acciones de las autodefensas; además, aumentaron las críticas y las dudas sobre las desmovilizaciones de los paramilitares, pero a la par, se lograron triunfos militares sobre las FARC, al ser eliminados importantes jefes militares y lograrse la liberación de secuestrados, lo cual sostuvo la imagen y la popularidad del Presidente, a tal punto que grupos de su bancada lo propusieron para un tercer periodo presidencial.

En relación con este periodo político, se presenta el análisis de Garzón (2010), cuyos resultados agrupa en las siguientes tesis:

- Consolidación de la política de seguridad democrática como política de Estado, a partir de una instauración, entre los ciudadanos, de que el fin de todo Estado es la protección y la defensa de la vida, por sobre cualquier otra tendencia política en el país.
- Se dio un cambio en la correlación de fuerzas entre el Estado y los grupos armados.
- La deliberación, la dialéctica y la participación ciudadana definieron el estilo de gobernar.
- Se reivindicó una tendencia política e ideológica de derecha.
- El estilo personalista de gobernar obstaculizó la organización de un partido o movimiento político.
- Quedaron o siguieron pendientes aspectos estructurales, como la legitimidad del Congreso, la infraestructura, las políticas de empleo, la corrupción y el clientelismo.
- Las relaciones internacionales fueron duotemáticas en sus objetivos: firmar tratados de libre comercio y desprestigiar a las FARC.

### **El tema ambiental y el desarrollo en la Agenda de Gobierno**

El tema ambiental entre el 2006 y el 2010 inició con una modificación que frenó las iniciativas en cuanto a políticas e instalación del tema en los Planes de Desarrollo, al transformar el Ministerio del Medio Ambiente en el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), dentro del marco de búsqueda de un Estado más fuerte, eficaz y eficiente. Rodríguez (2007) expone que dicha decisión generó:

El debilitamiento sufrido por la primera autoridad ambiental del país, representada en el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como por las Corporaciones Autónomas Regionales, se expresa en un debilitamiento de la política ambiental de Colombia. El papel otorgado a lo ambiental en las políticas de desarrollo caracterizado por sacrificar la protección del medio ambiente a los objetivos del crecimiento económico de corto plazo, es una visión que, en últimas, guió la concepción de algunas de las principales políticas adelantadas en el período (Rodríguez, 2007, 37).

El Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 y su implementación constituyeron un alejamiento de la política ambiental que paulatinamente se venía construyendo desde cuando se expidió la Constitución de 1991 y desde la aprobación de la Ley 99 de 1993 de creación del Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental. Todo ello se expresa tanto en el ámbito de la institucionalidad como en el de la política ambiental nacional y regional.

Sobre el segundo Plan de Desarrollo 2006-2010, el Gobierno atendió las observaciones de las regiones y del mayor número de representantes de la sociedad civil a través del Décimo Congreso de Planeación Participativa en Quimbaya, Quindío y de 32 Foros Departamentales, e

incluyó un capítulo denominado “Una gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible” como uno de los ocho capítulos del plan, lo cual fue un gran cambio en relación con el Plan de Desarrollo 2002-2006.

A manera de conclusión se presenta un resumen de lo expuesto por Rodríguez, (2007):

- El cambio de actitud frente a dar una mayor importancia al desarrollo y al medio ambiente durante el segundo plan de desarrollo pudo leerse como un reconocimiento de las fallas que se presentaron previamente con el tema.
- Es imperativo que el país vuelva a tener un Ministerio del Medio Ambiente.
- Hay que retornarle institucionalidad a la autoridad ambiental.
- Hay que reenfocar la visión sobre el desarrollo, lo cual se puede dar partiendo de un proceso macro, liderado por el gobierno de concertación pública.

Pérez (2008, p. 70) complementa el análisis con una serie de observaciones sobre la situación y sus limitaciones. En Colombia el ente encargado de aplicar la Política Pública Ambiental es el SINA, o Sistema Nacional Ambiental. En la actualidad se puede identificar de su proceso, aunque sin desmeritar sus logros y sus avances:

- Debilidad institucional y pobre coordinación dentro del SINA, asociadas ambas al bajo nivel de formación y a la nueva estructura institucional y misional del MAVDT, donde conviven objetivos disímiles, que compiten por prioridades y recursos.
- Limitaciones en la planificación: existen muchos planes que las entidades desarrollan de forma paralela y descoordinada, y, en general, gran parte de ellos se quedan solo en buenas intenciones.
- Baja prioridad de la problemática ambiental para el gasto público nacional, y poca efectividad en las inversiones. Se detecta que el gasto público ambiental desde 1993 ha rondado el 0,3% del PIB; o sea, es mucho más bajo que el de los países desarrollados (cerca al 1% en esas latitudes) y al recomendado por el Banco Mundial para países en desarrollo (1,4%-3% del PIB).
- Falta un adecuado sistema de información ambiental; no existe un sistema adecuado e integrado de indicadores de una base ambiental sólida y creíble.
- Limitaciones en la investigación ambiental, donde hay una alta desarticulación entre la investigación, la formación y la gestión ambiental.
- Existe un débil ejercicio de la autoridad ambiental por parte de las entidades del SINA; las actividades de vigilancia, control, seguimiento y sancionatorias tanto del uso de los recursos naturales como de las obligaciones derivadas de los procesos de licenciamiento son débiles.
- Afectación de la gobernabilidad, por problemas de orden público; la situación ha impedido el control eficaz sobre aspectos como la deforestación, los cultivos ilícitos, el desplazamiento a centros urbanos, la distribución espacial

de la población en el territorio nacional y el seguimiento ambiental a proyectos desarrollados en zonas de orden público.

En el estudio *La Política Ambiental y su institucionalidad en Colombia*, sobre los periodos del Presidente Álvaro Uribe Vélez (2002-2006 y 2006-2010), Salinas (2010) concluye:

Esta política estaría no incluyendo los postulados de la Constitución nacional (que es el mecanismo rector de las demás políticas subyacentes ya que en éste se encuentran consignados los principios básicos por los que se deben regir dichas políticas) en este sentido, no ha bastado con modificar las políticas y en general la institucionalidad encargada de la gestión ambiental y de los recursos naturales, sino que las nuevas políticas generadas y las que vendrán olvidan el quehacer ambiental como una ocupación del Estado ocupándose más de los asuntos económicos, es decir, de aquellos que se enmarcan en el desarrollo tradicional, estrategia de carácter populista que es de gran utilidad para el gobierno debido a que se ve favorecido electoralmente.

## La Revolución Educativa

El programa de la Revolución Educativa parte de lo definido como producto de las rupturas que se generaron en Colombia a partir de la Constitución de 1991. La Carta Magna estableció los fines de la educación, las responsabilidades del Estado, de la sociedad y de la familia, y propendió por una descentralización administrativa, todo lo cual se ratificó y se especificó mediante la Ley 60 de 1993. La educación se asumió como un derecho ciudadano, un servicio público con función social y un derecho obligatorio desde los 5 hasta los 15 años.

Aunque los resultados no fueron los esperados a nivel administrativo. En efecto, entre 1992 y 2000 el situado creció más del 30%; el número de docentes, el 25%, y el de los estudiantes, un 18%, sin que hubiera relación entre el crecimiento del número de estudiantes y los sitios donde se estaba haciendo la mayor inversión. Y, para mayor frustración, a lo largo de esos años los resultados promedio de los exámenes del ICFES de los colegios públicos, único indicador aproximado de calidad disponible, bajaron un 20% (Salinas, 2010, 29).

La Revolución Educativa se consolida en 2002, y partió de los parámetros de la Constitución de 1991, de la Ley de Recursos, de la Ley 60 de 1993, de la Ley General de la Educación y del Primer Plan Decenal de Educación.

Técnicamente, la Revolución Educativa tuvo como objetivo crear las condiciones que permitiesen dar a todos los colombianos una educación de calidad que fuera un factor para el progreso y la modernización del país, para lo cual estableció tres políticas: ampliar la cobertura educativa, mejorar la calidad de la educación y mejorar la eficiencia del sector educativo (Salinas, 2010).

Sobre los resultados y los avances del Primer Plan Sectorial de Educación 2002-2006, se evidencia un paso del 88% al 94% en cobertura en educación básica y media, y del 24% al 31% en pregrado. La matrícula en educación preescolar, básica y media pasó de 10 millones a 11 millones durante 2006 y la matrícula en educación superior pasó de 1 millón a 1.301.000 estudiantes; además, la tasa de absorción (es decir, los estudiantes que se matricularon en un primer semestre y los que presentaron pruebas del Estado) creció del 53,6% en 2002 al 62% en 2006, la deserción se redujo en un 1,8% en 2006, y en la educación superior la deserción anual pasó de un 16,5% en 2003 a un 12,9% en 2006; por otra parte, la disminución del nivel de analfabetismo de la población de 15-24 años, fue del 4,3% en 2005.

Con este panorama general de por medio, se inicia un segundo periodo del Gobierno Uribe Vélez, y un Plan Sectorial de Educación 2006-2010, el cual definió un enfoque a partir de cinco acciones transformadoras: dos de ellas, enmarcadas en los procesos de calidad y de cobertura: (educación para todos durante toda la vida; y educación para la innovación, la competitividad y la paz), y tres, hacia los procesos administrativos y de gestión (fortalecimiento de la institución educativa; modernización permanente del sector, y participación de la comunidad en la formulación y la gestión de las políticas educativas).

En el plano de lo cuantitativo, de acuerdo al documento *Memorias Revolución Educativa 2002-2010*, ésta finaliza su proceso con las siguientes cifras:

En transición, básica y media, el número total de estudiantes matriculados creció de 9.611.660 estudiantes en 2002 a 11.097.245 en 2010. En educación superior, la matrícula total pasó de 1.000.148 en 2002 a 1.570.447 en 2009; es decir, un aumento de 570.299 cupos. La tasa de crecimiento fue del 57% en 7 años, para un aumento anual promedio del 6,66%. En gran medida, la ampliación correspondió a la creación de cupos de educación técnica y tecnológica, con un aporte importante del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), que transformó gran parte de su oferta de educación para el trabajo en educación conducente a título entre 2002 y 2010, y aumentó en 243.765 el número de estudiantes en dichos niveles. Adicionalmente, se puso en marcha un modelo de atención integral a la primera infancia para niños de menos de 5 años, que incluye la educación inicial. En 2010 ya 678.429 niños están cubiertos por este modelo; de ellos, el Ministerio cofinancia a 405.000.

Las cifras, originadas a partir de los informes del Ministerio de Educación, presentan un panorama positivo y evidencian resultados técnicos que las estadísticas reflejan en cuanto a cobertura y logros traducidos en incrementos en su gran mayoría. Pero, de igual forma, hay voces que ofrecen otras visiones sobre lo que ha implicado la Revolución Educativa.

Atehortúa (2002) identifica como la primera característica de la Revolución Educativa el hecho de responder completamente al plan de intervención gestado en el Consenso de Washington, proceso que desde 1989 busca integrar las economías latinoamericanas en procesos de eficiencia y desarrollo basados en el libre mercado. A partir de allí el Estado transforma todas sus obligaciones en servicios. En medio de tal dinámica la educación deja de ser un derecho y se convierte en un servicio al orden de la productividad y de la competitividad, donde el saber social pasa a un segundo plano y el interés se dirige hacia la capacitación y la formación instrumental.

Sobre el concepto de revolución hubo continuismo de políticas de ajuste fiscal y reorganización del aparato estatal, además de “inflación” en las cifras presentadas en los informes sobre matrículas y cobertura del Ministerio de Educación.

La propuesta de la Revolución Educativa es también la continuación del Plan Estratégico del Ministerio de Educación anterior y del Plan de Reorganización del Sector Educativo (PRESE), lanzado por el Ministerio de Hacienda y el Departamento Nacional de Planeación en 2000. Con el pretexto de “racionalización”, “integración institucional” y “aprovechamiento máximo de la capacidad instalada”, se fusionan las instituciones educativas, se amplía la relación maestro-alumno al precio de un verdadero hacinamiento en las aulas escolares, se extralimita la utilización de los planteles por fuera de la dignidad humana y se desprecia la calidad de forma radical (Atehortúa, 2002, 10).

Sobre los ejes fundamentales, por ejemplo, se han detectado fraudes en algunas Secretarías Municipales, puesto que los recursos se recibían según la población atendida, pero se han descubierto colegios ficticios, nóminas fantasma y estudiantes repetidos.

Morales (2010) complementa otros aspectos en relación con el balance real de la Revolución Educativa enfatizando: el perfil neoliberal y mercantilista de la educación antes y durante el periodo del Presidente Álvaro Uribe Vélez, su concepción basada en la formación de competencias acordes con lo determinado por el mercado laboral, y la disminución del saber científico, el cual se debe basar en la formación laboral.

El principal eje de acción de la Política de Educación Ambiental parte de la integración de dos estructuras de gestión política: el Ministerio de Educación y el Viceministerio del Medio Ambiente, soportado, a su vez, en un marco legal definido desde la década de 1990 (Badillo, 2011).

El sistema educativo ubica el tema medioambiental en la Política “**Educación Pertinente y de Calidad**”, la cual se define como una educación que trasciende lo memorístico y lo enciclopédico, y se adapta a las realidades del país mediante estrategias pedagógicas acordes con la formación de competencias; en tal sentido, la Revolución Edu-

cativa centraba su interés en el desarrollo de competencias ciudadanas, entendidas como las que promueven el ejercicio de los derechos y los deberes de los ciudadanos y les permiten una sana convivencia en sus casas, sus escuelas, sus colegios y sus universidades.

Se busca lograr este objetivo a través del desarrollo de Proyectos Escolares Transversales que hagan parte del proyecto educativo institucional de cada entidad, los cuales son: el de educación sexual, el ambiental y el de formación en derechos humanos.

El Programa de Educación Ambiental se desarrolló por medio de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), que incorporan el tema ambiental a las instituciones educativas y lo incluyen en su diseño curricular, teniendo en cuenta sus diagnósticos ambientales, naturales y socio-culturales, y vinculando su acción a las de otras organizaciones e instituciones locales (Ministerio de Educación, 2010, p. 176).

## Discusión y conclusiones

La Política de Educación Ambiental plantea ocho estrategias, que, a través de articular una educación con diferentes actores y procesos sociales, permiten el cumplimiento de acciones y la formación de sujetos en la sostenibilidad. Estas son:

1. Coordinación intersectorial e interinstitucional.
2. Inclusión de la dimensión ambiental en la educación formal.
3. Inclusión de la dimensión ambiental en la educación no formal.
4. Formación de educadores ambientales.
5. Diseño, implementación, apoyo y promoción de estrategias y acciones de comunicación y divulgación de acciones ambientales.
6. La Educación Ambiental en el SINA.
7. Promoción del servicio militar ambiental.
8. Promoción de la etnoeducación en la Educación Ambiental; impulso a proyectos ambientales con perspectiva de género y participación ciudadana.

Sobre lo presentado por la Revolución Educativa, se identifica que solo el sistema educativo colombiano está operando de manera planificada y estructurada con una de las estrategias de la Política: *la inclusión de la dimensión ambiental en la educación formal*. Es decir, toda la propuesta surgida de la Política de formar a los ciudadanos en el desarrollo sostenible, la comprensión del medio ambiente como un proceso complejo, el fomento a la investigación y la reflexión crítica, contribuir a la construcción de valores y una cultura participativa solo encuentran en el sistema educativo actual una normatividad que limita las dimensiones sobre las cuales la política espera lograr algo.

Las preguntas que surgen al definir el panorama incluyen: ¿es factible que, ante las necesidades y los deterioros am-

bientales en la actualidad, se pueda generar un impacto determinante a través de proyectos transversales como los Proyectos Ambientales Escolares<sup>4</sup>? ¿Qué sucede en otros escenarios que no forman parte del sistema escolar? ¿Cuentan los docentes con un compromiso determinado hacia el desarrollo de proyectos articulados a realidades específicas? ¿Tienen las instituciones educativas el interés, los recursos y la posibilidad de visualizar dichas estrategias como “algo más” que un proceso pedagógico, cuyos resultados inciden en la vida del planeta y trascienden el proceso laboral? ¿Qué sucede con el ciudadano al terminar sus estudios? ¿Cuáles son los procesos pedagógicos para continuar formando al ciudadano sobre la importancia ambiental en otros escenarios como el barrio, la casa, la calle o el trabajo? ¿Quién asume dicha responsabilidad? ¿Quién construye las metodologías adecuadas?

Se detecta un vacío. La Política determina que el tema del medio ambiente no es exclusivo de las instituciones educativas, y amplía el espectro de responsabilidades a otros escenarios, como los PROCEDAS y los proyectos ciudadanos de Educación Ambiental; pero, ¿qué relación se establece entre el Ministerio de Educación, los sectores productivos, las ONG y los grupos ecológicos, con miras a generar procesos de formación? Es decir, ¿quién enmarca las pautas y las estrategias pedagógicas? ¿Quién aporta la visión educativa al ejercicio?

Si la educación y la cartera encargada del medio ambiente deben cumplir sus procesos tendientes al desarrollo de tal tipo de procesos, es factible que su posición ante los requerimientos y los compromisos de la Política de Educación Ambiental sean básicos o se conviertan en un aporte adecuado a los sistemas de medición, y sean parte de ese sistema economicista y que relega el tema ambiental a sinónimos de recursos naturales, lo cual contradice totalmente la filosofía, los principios y la visión sobre la cual se construyó la Política.

La Política de Educación Ambiental, como instrumento y sus bases conceptuales y estratégicas, es un medio fundamental para contribuir y sentar las bases sobre las cuales, en los distintos municipios se generen procesos de educación ambiental desde una visión sistémica y adaptada a las problemáticas sociales y culturales de cada región.

Durante el período 2002-2010 hubo un retroceso en el avance de los procesos ambientales y educativos abordados con una perspectiva social y de bienestar cultural y comunitario.

La instauración de un Estado sobre la base de la defensa, los indicadores económicos y la protección militar desencadenó un imaginario sobre lo que es prioritario y no prioritario, sobre el concepto y el estándar de desarrollo que se deben lograr.

Es fundamental que, políticamente, se nivele nuevamente el estatus entre los dos ministerios estructurantes de la

Política de Educación Ambiental y se logre un blindaje a los mecanismos políticos que los ciudadanos desarrollen en pro de un mejor estado de vida. Ni el desarrollo de políticas ambientales ni los demás mecanismos en su contexto pueden ser aspectos irrelevantes, ni puede ser que, sobre la visión de un presidente y su modelo de gobierno, todos ellos sean “trasteados”.

Es importante profundizar en los impactos específicos y en la contextualización de los mecanismos que la Política de Educación Ambiental determina para que se la pueda instalar en los diversos sectores. Este escenario presentado se enmarca en lo global, en la estructura macro, pero es necesario identificar cómo dichas modificaciones están siendo manejadas en las alcaldías, las secretarías y los comités de educación ambiental.

## Literatura citada

1. Alegre, S. I. 2007. La importancia de la participación ciudadana a través de la educación ambiental para la mitigación del cambio climático a nivel local! DELOS Desarrollo Local Sostenible, Vol. 3, Nº 7, Argentina.
2. Andrade, G. 2010. *Colombia y su biodiversidad: retos y oportunidades en la construcción de un nuevo país*. Análisis de Problemas colombianos. Universidad de los Andes, Escuela de Gobierno Alberto Lleras Camargo. Uniandes.
3. Atehortúa A.C. (s.f.). *La “Revolución Educativa”: Momentos y Perspectivas*. En: “Reflexiones sobre las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006” Universidad Nacional, Colombia.
4. Augusto Ángel Maya. 1995. *Desarrollo sustentable: aproximaciones conceptuales*. UICN, Fundación Natura, Quito.
5. Badillo Mendoza, M. E. 2011. Estrategia de comunicación y educación mediada por TIC para el fomento del desarrollo sostenible. *Revista Entramado*, Vol. 7 No. 1 Enero-Junio, ISSN: 1900-3803, 2010.
6. Rodríguez, M. 2007. *La política ambiental en el proyecto del “Plan Nacional de Desarrollo: 2006-2010”* Boletín Ecofondo, Bogotá.
7. CIDEA Valle del Cauca. 2008. *Lineamientos Generales de Política de Educación Ambiental para El Valle Del Cauca*.
8. Galeano, M.E. 2007. *Estrategias de Investigación Social Cualitativa*. La Carreta Editores, Medellín.
9. Garzón. I. 2010 *Siete tesis para el balance político de la presidencia de Álvaro Uribe Vélez*, En: Política y Derecho Retos para el Siglo XXI. Ediciones Uninorte, Colombia,
10. Gaudiano, E. & Arias, M. Á. 2011. *La educación ambiental institucionalizada: actos fallidos y horizontes de*

posibilidad. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, UNAM.

**11.** Gaudiano, É. 2001. "Otra lectura a la historia de la educación ambiental en América Latina y el Caribe." *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 3, p. 141-158, jan./jun., Editora da UFPR.

**12.** Ministerio de Educación y Ministerio del Medio Ambiente. (2002) *Política Nacional de Educación Ambiental*.

**13.** Ministerio de Educación. 2010. *Memorias Revolución Educativa 2002-2010*. Colombia.

**14.** Morales, Á F. (2010) Privatización, precariedad laboral, educación para pobres: ejes de la política educativa en la primera década del siglo XXI. *Revista Deslinde*, ed. 47, Colombia, 2010. Online. Internet. 10 de marzo de 2011. Disponible: <http://deslinde.org.co/Privatizacion-precariedad-laboral.html>.

**15.** Noguera de Echeverri, A. P. 2004 *El Reencantamiento del Mundo*. Colombia: PNUMA, Universidad Nacional.

**16.** Pérez Rincón, M. A. 2008. *Hacia el desarrollo sostenible en Colombia*. . Manizales, Universidad Nacional de Colombia.

**17.** Salinas Mejía, J. A. 2010. *La Política Ambiental y su Institucionalidad en Colombia*. En: *Medio Ambiente y Derecho Revista Electrónica de Derecho Ambiental*, Número 20, Enero, Colombia.

**18.** Torres Carrasco, M.. *La educación ambiental en Colombia: "un contexto de transformación social y un proceso de participación en construcción, a la luz del fortalecimiento de la reflexión - acción"*. MEN

**19.** Velásquez A. V. 2004. *El gobierno de Álvaro Uribe: proyecto y resultados Políticas, estrategias y doctrinas*. Nueva Sociedad. ISSN 0251-3552, N°. 192 (jul.-ago.).

## Notas

1 La investigación se desprende del trabajo de tesis de maestría *Potencial de la Comunicación estratégica en la gestión y planificación de la Política de Educación Ambiental en el municipio de Palmira en el 2011*, sustentada por el autor en junio de 2012, en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede La Paz (Bolivia). La investigación tuvo financiación por parte de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

2 Sobre los motivos sobre los cuales finalizaron los diálogos se recomienda leer: Diálogos del Caguan, lecciones de un fracaso. <http://www.razonpublica.com/index.php/conflicto-drogas-y-paz-temas-30/2746-el-sindrome-de-el-caguan-lecciones-de-un-fracaso.html>

3 Para ampliar más sobre la situación económica que afrontó al iniciar sus periodos el presidente Álvaro Uribe Vélez, se recomienda: <http://www.dinero.com/coyuntura/edicion-impresa/articulo/la-economia-deja-uribepromesas-vs-avances/96315>

4 Sobre los PRAE, se recomienda revisar los resultados de la investigación *Estrategia de comunicación y educación mediada por TIC para el fomento del desarrollo sostenible en cinco colegios de Palmira*, financiada por la UNAD, y cuyos avances se publican en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/2654/265420116013.pdf>

Recibido: 23 de marzo de 2012.

Aceptado: 20 de abril de 2012.

# 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.

## 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 aproba-

ción. 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 postulados para 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. They should be presented in alphabetical order.

## C. Article Body

1. **Introduction.** It should clearly state the objective of the work and provide the necessary background to give an international context to the developed study. It should include a review of literature with the most recent research that contributed with fundamental ideas to the planning and development of the work. This section should not include data nor conclusions from the work that is being reported.

2. **Materials and methods.** The presentation should be clear, specific and detailed enough so the work can be reproduced. It should describe the procedures used in research,

including statistical design and analysis. This section should be structured indicating type of study, place, geo-climatic conditions, geographical coordinates of the study site, animal studies, laboratory methods, ethical issues, etc. In this case it should have used an already published method, only the reference must be indicated, in which case, only relevant modifications should be included in the description. The numbers under ten (10) must be written and the higher ones to these must be enumerated.

**3. Results.** It corresponds to the concise findings of the research. Do not include comments or references to other works. The information presented should follow a logical sequence in the text, charts and illustrations, according to the form methods were presented. Do not duplicate information in the text, graphs or illustrations.

**4. Discussion and conclusions.** It is the interpretation of the obtained results. Indicate the significant contributions of the study, limitations, advantages and possible applications. Discuss your results in the light of international research and point to the greater contribution of the research and its environmental consequences. Highlight the study's conclusions and recommendations for future research.

**5. Acknowledgments.** This section will be used to recognize those individuals or institutions that have made substantial contributions to the work or that have provided technical assistance in the investigation (financial, logistics, intellectual, among others.). The acknowledgments should go as a separate section after the discussion and before the references. This paragraph is optional.

**6. References.** Make sure all references cited in the text are in the reference list and vice versa. Please note that items will not be accepted without references. Follow the established format for citations in the journal (Section 4. Cited Literature).

## D. Format Considerations

**1. Figures and Charts.** Figures and charts should be included along with the text of the manuscript on separate sheets at the end of the document, a figure or chart per page. Submit the title and legend of the figures and the title of the chart as a list in a separate section. Both charts and figures must be consecutively numbered and cited in the text with arabic numerals..... **i.**

**Figures:** Within the text refer to figure as it follows: (Fig. 1)

Figures should not be lines of division in both the abscissa as in the ordinates and without volume or shadow (bars or points in three dimensions) unless there are more than two axes. Axes and signposts should be clear and large. Each figure must have a corresponding legend. Abbreviations and acronyms should be explained in the legend of the figure. Figures should be submitted in .jpg or .gif, and have the quality needed for publication (more than 300dpi)

**ii. Charts/Tables:** Within the text make reference to the chart as it follows: (Chart 1). Present data in a real chart with rows and columns, double-spaced without vertical divisions or divisions. You must use the International System of Units (SI). Abbreviations and acronyms should be explained as footnotes in each table. In no case shall there be tables in landscape format.

**2. Equations.** They should be left justified and numbered consecutively. The numbers should be right justified and enclosed in brackets ( ). Use the Equation Editor in Word 2003. The meaning of each symbol should be clarified in the text of the manuscript.

**3. Footer.** Do not use footnotes.

**4. Nomenclature and Units.** Use the rules and conventions: the International System of Units (SI). The common names of species should be reported in lowercase, followed by the scientific species name in parentheses. Scientific names should appear in italics. After their first mentioning, genders should be simplified to the first letter.

**E. Cited References.** In the body of the article text references are cited by author's surname and year of publication separated by a space and brackets ( ). In the case of quoting two authors use the symbol " & ". When the citation refers to more than two authors use the word "et al." Italicized. When citing more than one publication, it should be in chronological order and then alphabetically. For example, (Joe 1970, Alvarado & Gómez 1999, 2004, Oates 2001, Roberts 2004, Smith 2006, Albert et al. 2008).

References are included at the end of the text as one more headland of the same section, listed in alphabetical order, with french indent. Electronic references must be supported by scientific institutions; they won't be accepted as reference documents that come from commercial firms or private Web pages. Appointments will be documented according to the models listed below:

**\* Published Article:**

Halpern, S.D., P.A. Ubel & A.L. Caplan. 2003. Solid-organ transplantation in HIV-infected Patients. *Engineering New England Journal*, 347: 284-287

**\* Article with supplement:** Geraud, G., E.L. Spierings & C. Keywood. 2002. Tolerability and safety of frovatriptan with short-and long-term Treatment of migraine and used for in comparison with sumatriptan. *Headache*, 42 (Suppl 2): S93-9

**\*Book** F. 1982. Medical and surgical management. 2nd Ed W B Saunders, Philadelphia.

**\* Book Edited:** Gilstrap, L.C., F.H. Cunningham & J.P. VanDorsten (Eds.). 2007. *Operative obstetrics*. 2nd Ed McGraw-Hill, New York.

**\* Book Chapter:** Meltzer, P.S., A. Kallioniemi & J.M. Trent. 2005. Chromosome Alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler FG (Eds.). *The genetic basis of human cancer*. McGraw-Hill, New York, pp. 91-110

**\* Graduate Thesis and Dissertations:** Gómez-Mayor M.S. 1989 violent mortality in the Judicial District of Alcalá de Henares [thesis / dissertation]. Alcalá de Henares: Faculty of Medicine, University of Alcalá de Henares.

**\* Internet\*:** T. Collum 1997. *Supplementation Strate-*

*gies for beef cattle*. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A & M University System. Available online: <http://agpublications.tamu.edu/pubs/eanim/b6067.pdf>. [Include the date this document was consulted].

\* Only use fonts that correspond to electronic serials, with institutional support, which contents cannot be changed or removed in the future. Do not use information from commercial sites or sites of opinion.

**Note:** Check that all references cited in the text appear in the literature cited section and vice versa.

#### **IV. Clarification Note**

The authors assume responsibility to return to the magazine the corrections of the final artwork (galley) of the article, as soon as possible. The Editorial Board takes the liberty to publish or not, supplements to support the publication of abstracts in national and international scientific events.

#### **V. Manuscript submission.**

Manuscripts that are ready and in accordance with the format of the magazine, should be sent as an attachment to the [riaa@unad.edu.co](mailto:riaa@unad.edu.co)

# Instruções para os autores para a apresentação dos artigos de investigação

## I. Informação Geral

Os manuscritos devem ser apresentados em documento de texto, MS Word, com as seguintes normas de estilo:

- Papel tamanho Carta (21,59 x 27,94 cm) (8,5 x 11 in)
- Fonte Times New Roman, tamanho 12.
- Dupla espaçamento entre linhas.
- Alinhar o texto à esquerda.
- Margens de 2.5 cm em todos os lados.
- Não se admite cabeçalhos nem rodapés.
- Os títulos das diferentes secções e sub-secções do artigo devem estar ordenados numericamente. Não use maiúsculas em negrito.
- Use numeração contínua das linhas no documento todo.
- Numere consecutivamente todas as páginas do documento, incluindo a página do título, referências, tabelas, figuras, etc.
- Não use o itálico para indicar palavras oriundas do latim como *in vivo*, *et al.*, *Per se*.
- Use pontos decimais (não virgulas)
- Assegure-se de que cada novo parágrafo fique bem indicado.

## II. Idioma

Os manuscritos enviados podem ser escritos em Espanhol ou Inglês. Em qualquer dos casos, tem que assegurar de que estão muito bem escritos.

### III. Apresentação do manuscrito

**A. Página do título.** O objectivo desta página é reunir os elementos-chave do manuscrito. Deve incluir os itens assinalados a seguir:

- 1. Título do artigo.** Deve ser claro, preciso e informativo, procurando não exceder as 20 palavras. Os nomes científicos devem ser escritos em itálico, de acordo com a nomenclatura científica. Evite o uso de abreviaturas e fórmulas.
- 2. Autor(es).** Escreva o nome completo de cada autor,

especificando o apelido, nome e sobrenome. Na próxima linha, especifique a afiliação institucional (onde o trabalho enviado foi realizado), o endereço e o país. Indique o e-mail de cada autor. Uma vez enviado o manuscrito para revisão, a lista de autores não pode ser modificada.

**3. Correspondência.** Na parte inferior da página 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.

**6. 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 do Sistema Internacional (SI). As abreviaturas e acrónimos devem ser explicados como notas no rodapé em cada tabela. Não se admite, em nenhum caso, tabelas no formato oblongo.

**2. Equações.** Devem estar justificadas à esquerda e enumeradas consecutivamente. A numeração deve estar justificada à direita e entre parêntesis. Utilize o Editor de Equações do Word 2003. O significado de cada símbolo deve clarificar-se no texto do manuscrito.

**3. Rodapé.** Não use rodapés.

**4. Nomenclatura e unidades.** Use as regras e convenções internacionais: Sistema Internacional de Unidades (SI). Os nomes comuns das espécies devem ser escritos em minúsculas, seguidos do nome científico da espécie entre parêntesis. Os nomes científicos devem apresentar-se em itálico. Depois da primeira menção, devem ser simplificados para a primeira letra.

**E. Literatura citada.** No corpo do texto do artigo as referências se citarão por apelido do autor e o ano da publicação separados por um espaço e entre parêntesis. No caso de citar dois autores use o símbolo "&." Quando a citação faz referência a mais autores use a palavra et al., em itálico. Quando cita mais que uma publicação, deve citar por ordem cronológica e depois alfabética. Por exemplo, (Pérez 1970, Alvarado & Gómez 1999, 2004, Oates 2001, Roberts 2004, Smith 2006, Albert et al. 2008).

As referências são incluídas no final do texto como mais uma secção do mesmo, por ordem alfabética, com recuo deslocado. As referências electrónicas devem estar acompanhadas por instituições científicas; não se aceitam como referências documentos que provenham de casas comerciais ou páginas Web privadas. As citações se documentarão de acordo os modelos seguintes:

- **Artigo publicado:** Halpern, S.D., P.A. Ubel & A.L. Caplan. 2003. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *New England Journal Engineering*, 347: 284-287
- **Artigo com suplemento:** Geraud, G., E.L. Spierings & C. Keywood. 2002. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*, 42 (Suppl 2):S93-9

- **Livro:** Bradley, F. 1982. Medical and surgical management. 2nd Ed. W B Saunders, Philadelphia.
- **Livro editado:** Gilstrap, L.C., F.H. Cunningham & J.P. 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 eletrônicas que correspondem a publicações sérias, com apoio institucional, cujo conteúdo não possa ser modificado ou eliminado no futuro. Não utilize informação proveniente de páginas comerciais ou sites de opinião.

**Nota:** Confira se todas as referências citadas no texto aparecem na secção Literatura Citada e vice-versa.

#### IV. Esclarecimento

Os autores assumem a responsabilidade de devolver à revista as correções das artes finais (provas) do seu artigo, com a maior brevidade possível. O Comitê Editorial toma liberdade de publicar ou não, suplementos para aprovar a publicação de resumos em eventos científicos nacionais e internacionais.

#### V. Envio dos manuscritos.

Os manuscritos que se encontrem preparados e de acordo com o formato da revista, devem ser enviados como anexo para o e-mail: [riaa@unad.edu.co](mailto:riaa@unad.edu.co).





Bogotá, Colombia.