



Revista

ISSN 0121-3709 V14Sup1/2010 Tarifa Postal Reducida No 2010-180-4-72 La Red Postal de Colombia, vence 31 de Dic. 2010



ORINOCO  
URINQUIA



# ORINOQUIA



## Revista Orinoquia

ISSN - 0121 - 3709 Volumen 14 Suplemento 1 / 2010

Publicación del Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana, destinada a la divulgación de Información Científica y Tecnológica relacionada con diversas disciplinas.

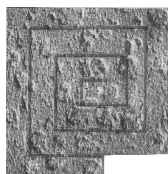
**Indexada en**  
**Publindex**  
**Latindex**  
**Redalyc**  
**EBSCO**  
**CABI**  
**DOAJ**  
**IMBIOMED**  
**e-revistas**

<b>Editor</b>	Agustín Góngora Orjuela; <i>MV. MSc. Dr. Sci</i>
<b>Subeditor General</b>	Pedro René Eslava Mocha; <i>MV, MSc</i>
<b>Subeditor Ciencias Básicas y Naturales</b>	Hernando Ramírez Gil; <i>Biólogo, PhD</i>
<b>Subeditora Ciencias de la Salud</b>	Luz Elena Aponte Garzón; <i>Enfermera, MSc</i>
<b>Subeditor Ciencias Humanas</b>	Alberto Velásquez Arjona, <i>Lic. Ed. Física, MSc</i>
<b>Subeditor Ingenierías</b>	Héctor Iván Reyes Moncayo; <i>Ing. E., MSc</i>
<b>Subeditor Biotecnología</b>	Jorge Pachón García, <i>Biólogo, PhD</i>
<b>Subeditor Ciencias Agrarias</b>	Pablo Emilio Cruz Casallas; <i>MVZ, PhD</i>

### Universidad de los Llanos

<b>Rector</b>	Oscar Dominguez González
<b>Vicerrector Académico</b>	Eduardo Castillo González
<b>Vicerrector de Recursos Universitarios</b>	Gonzalo Eduardo Arbelaez Rivera
<b>Director General de Investigaciones</b>	Pablo Emilio Cruz Casallas
<b>Comité de apoyo</b>	Maricely Vega Mirian Sanchez Diana Villalobos

<b>Periodicidad</b>	Semestral
<b>Portada</b>	Homowabwirinae. criptograma (Cultura Sikuani) Petroglifo: La gente del guio. Diseño: Libardo Archila Sanabria





## **Comité Editorial**

Pedro René Eslava Mocha, MV. MSc. Universidad de los Llanos  
Pablo Emilio Cruz Casallas, MVZ. MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Álvaro Ocampo Durán, Zootecnista MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Walter Vásquez, Biólogo MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Manuel Ruiz García, Biólogo, MSc, PhD. Universidad Javeriana  
Hernando Flórez Díaz, MVZ, MSc, PhD. Corpoica  
Juan Guillermo Maldonado Estrada, MVZ, MSc, PhD. Universidad de Antioquia  
Tomás León Sicard. PhD. Universidad Nacional de Colombia

## **Comité Científico**

Noel Verjan García, MVZ, MSc, PhD, Postdot. Department of Microbiology and Immunology  
WPI Immunology Frontier Research Center, Osaka, Japan.  
Julio Argentino Spadoni, Ing. Agrónomo MSc. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)  
Víctor Julio Vera Alfonso, MV. MSc. PhD. Universidad Nacional  
Pablo Emilio Cruz Casallas, MVZ. MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Álvaro Ocampo Durán, Zootecnista MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Carlos Iregui Castro, MV. DVM. Universidad Nacional  
José Manuel Silva, MVZ. MSc. PhD. Universidad Autónoma de Zacatecas (México)  
Víctor Hurtado Nery, MVZ. MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Juan Guillermo Maldonado, MVZ. MSc. PhD. Universidad de Antioquia  
José Manuel Rodríguez, MV. MSc. Dr. Sci. Universidad del Zulia (Venezuela)  
Bruce Murphy, MV. MSc. PhD. Universidad de Montreal (Canadá)  
Felix Hilario Díaz González, MV. MSc. PhD. Universidad Federal de Rio Grande do Sul (Brasil)  
José Barrera, MVZ. MSc. PhD. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)  
Raúl Sánchez, MVZ. MSc. PhD. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (España).  
Pedro René Eslava Mocha, MV. MSc. Universidad de los Llanos.  
Walter Vásquez, Biólogo MSc. PhD. Universidad de los Llanos.  
Hernando Flórez Díaz, MSc. PhD. Corpoica.

## **Comité Científico del Congreso**

Elvinia Santana Castañeda, Bióloga MSc. Universidad de los Llanos  
Hernando Ramírez Gil, Biólogo MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
Luz Mila Quiñones Méndez, Bióloga MSc. Universidad de los Llanos  
Jorge Pachón García, Bióloga MSc. Universidad de los Llanos  
Marco Aurelio Torres Mora, Biólogo MSc. PhD. Universidad de los Llanos  
José Ariel Rodríguez Pulido, Biólogo MSc. Universidad de los Llanos  
Clara Inés Caro Caro, Bióloga MSc. Universidad de los Llanos

**Tiraje:** 500 ejemplares.

**Indexada:** PUBLINDEX - COLCIENCIAS - COLOMBIA - LATINDEX - REDALYC - IMBIOMED

Correspondencia, suscripciones y canjes  
Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana  
Telefax (8) 6698630  
E-mail: orinoquiacolombiana@hotmail.com  
A.A. 110 Villavicencio, Meta - Colombia.  
Fecha de publicación: Diciembre 16 de 2010.  
Consulta en línea web: <http://orinoquia.unillanos.edu.co>

## **Impresión**

Charlie's Impresores Ltda - Bogotá

## **Diagramación**

Julieth Johana Rincón P.

## **UNILLANOS**

Sede Barcelona: Localizada a 12 Km del centro de Villavicencio, vía a Puerto López.  
Teléfonos: 6616800 Ext. 158. Villavicencio, Meta. Colombia.

**Revista Orinoquia**  
JOURNAL ORINOQUIA

**Indexada por**  
Indexed by



Impresa desde Volumen 1, Numero 1, 1990  
Printed effective with Volume 1, issue 1, 1990

Publicación semestral - Published twice a year  
ISSN 0121-3709  
Orinoquia

© 2009 Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana  
Universidad de los Llanos  
Meta, Colombia



**Revista Orinoquia**  
JOURNAL ORINOQUIA

Suplemento Memorias Primer Congreso Internacional de Biodiversidad  
de la Cuenca del Orinoco

Villavicencio, noviembre 3-6 de 2009

Apoyado por:  
Support by:



Universidad de los Llanos



**Departamento Administrativo de  
Ciencia, Tecnología e Innovación**  
Colciencias

Libertad y Orden

República de Colombia



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá



# REVISTA ORINOQUIA

Volumen 14

Diciembre 2010

Suplemento 1

## Contenido

### EDITORIAL

#### Artículo Original

- El Reconocimiento de la Biodiversidad Regional 1  
*Elvinia Santana Castañeda*

### ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS

- La ganadería ligada a procesos de conservación en la sabana inundable de la Orinoquia 5  
*Lourdes Peñuela Recio, Andrea Paola Lavado*

- Caracterizaciones biológicas en la Hacienda Macondo (Mapiripán, Meta) 18  
*Diego Rodríguez Torres*

- Estructura y diversidad de bosques de galería en una sabana estacional de los llanos orientales colombianos (reserva tomo grande, vichada). 31  
*Pablo R. Stevenson, Ana M. Aldana, Diego A. Zarate, Cecilia Prada y Diego F. Correa*

- Caracterización fitoquímica y bromatológica de *Dichapetalum spruceanum vell.affinis* planta silvestre de la Orinoquia Colombiana y sus potencialidades de uso 49  
*Caroll Edith Cortés-Castillo y Luz Mila-Quiñones-M.*

- Avance del conocimiento de la flora del Andén Orinoqués en el departamento del Vichada, Colombia 58  
*Castro-Lima Francisco*

### DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

- Aspectos sobre la historia natural de macroinvertebrados en esteros semipermanentes de la altillanura en el departamento de Casanare 71  
*Jairo Antonio Camacho-Reyes, Claudia Patricia Camacho- Rozo*

- Listado preliminar de larvas de anuros presentes en lagunas tropicales semipermanente y charcos temporales de sabana en época de altas lluvias, municipio de Yopal- Casanare 83  
*Claudia Patricia Camacho-Rozo y Jairo Antonio Camacho-Reyes*

### ASPECTOS MORFOFISIOLOGICOS Y MANEJO CLINICO DE ESPECIES SILVESTRES

- Estudio del perfil hemático y metabólico en chigüiros (*Hydrochoerus hydrochaeris*) en confinamiento 95  
*José Ricardo Corredor Matus y José Ariel Rodríguez Pulido*

- Evaluación de cinco protocolos de conservación de tejidos en chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*) 110  
*José Ricardo Corredor-Matus, Carlos Julio Sejín-Puche y Mario Alfonso González- G.*

- Lesiones tuberculoides y neumonía piogranulomatosa en un Chigüiro (*Hydrocharis hydrochaeris*) 126  
*Julieta Esperanza Ochoa-Amaya, Karl Adolf Ciuoderis-Aponte y Miguel Humberto Ochoa-Fernández*

**RECURSOS GENETICOS**

Aportes citogenéticos en el esclarecimiento de la taxonomía del género *Callicebus* 139  
*Marta Lucía Bueno A y Thomas Defler*

**CAMBIOS EN BIODIVERSIDAD ASOCIADOS A ACTIVIDADES HUMANAS**

La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de  
aprovechamiento integral 155  
*Abelardo Prada-Matiz y Caroll Edith Cortés-Castillo*

Evaluación preliminar de la abundancia y actividad peroxidasa de hongos lignolíticos  
cultivables, obtenidos a partir de suelos con diferentes usos agrícolas en zona rural de Villavicencio 171  
*Martha Lucía Ortiz-Moreno*

**AUTORES** 178

**INTRUCCIONES A LOS AUTORES** 180

---



## El Reconocimiento de la Biodiversidad Regional

Hasta hace algo más de veinte años para la mayoría de los colombianos la Orinoquia constituía una región natural científicamente poco explorada, de desarrollo tecnológico incipiente y de interés económico escaso, a no ser en este último caso, por los ingresos que la explotación de los recursos petroleros generaba a los departamentos y al país. Las condiciones limitantes del suelo y la falta de una infraestructura de vías adecuada impedían que el sector agropecuario constituyera un renglón importante para la economía nacional.

Este panorama de condiciones desfavorables para la explotación agraria favoreció la conservación de la biodiversidad, que según datos reportados por el **Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997**, publicado por el Instituto Alexander von Humboldt, se mantenía aproximadamente en un 80%. Sin embargo entonces y hasta ahora, los bienes y servicios que esta proporciona para el bienestar humano y la regulación ambiental no se han reconocido de manera definitiva.

A partir de entonces, además del incremento permanente en la explotación petrolera, muchos procesos han cambiado, como consecuencia de haber incluido dentro de las políticas de desarrollo nacional a la Orinoquia como una región con posibilidades de explotación agropecuaria y agroforestal. De esta forma se lograron importantes incentivos económicos para el fomento a estos sectores y para proyectos agroindustriales y obras de infraestructura vial. Los cambios en el uso del suelo que ese fomento viene generando se dan sin consultar las condiciones de fragilidad de sus ecosistemas, ni su verdadera aptitud. Como consecuencia hoy son evidentes los procesos de deterioro ecológico, como erosión de suelos, colmatación de caños y ríos, fragmentación de hábitats, disminución de especies focales y pérdida de ecosistemas estratégicos como morichales y esteros.

Desde otra perspectiva y a partir del año 2002, una serie de instituciones y organizaciones regionales, nacionales y extranjeras, entre ellas la Universidad de los Llanos, vienen desarrollando una serie de acciones orientadas a lograr el reconocimiento del valor estratégico de los recursos biológicos regionales y garantizar su disponibilidad futura, desde el entendido que, como recursos renovables, son los únicos que manejados y utilizados de manera adecuada, podrán brindar en el futuro bienestar real a los hombres y mujeres de esta parte de Colombia. Así, el proyecto denominado *Biodiversidad y desarrollo en la región estratégica de la Orinoquia* fue quizá el primer esfuerzo desarrollado que, en pro de dichos logros y en desarrollo de la política nacional de biodiversidad, buscó fomentar el conocimiento la conservación y el uso sostenible y equitativo de este tipo de recursos.

Como resultados del mencionado proyecto se pueden registrar de manera concreta el Plan de Acción Regional en Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco, Colombia 2005-2015, el mapa de ecosistemas de la región, una serie de documentos relacionados con caracterizaciones biológicas, estudios etnoculturales y, en especial, la organización de una mesa de trabajo interinstitucional en biodiversidad de la Orinoquia.

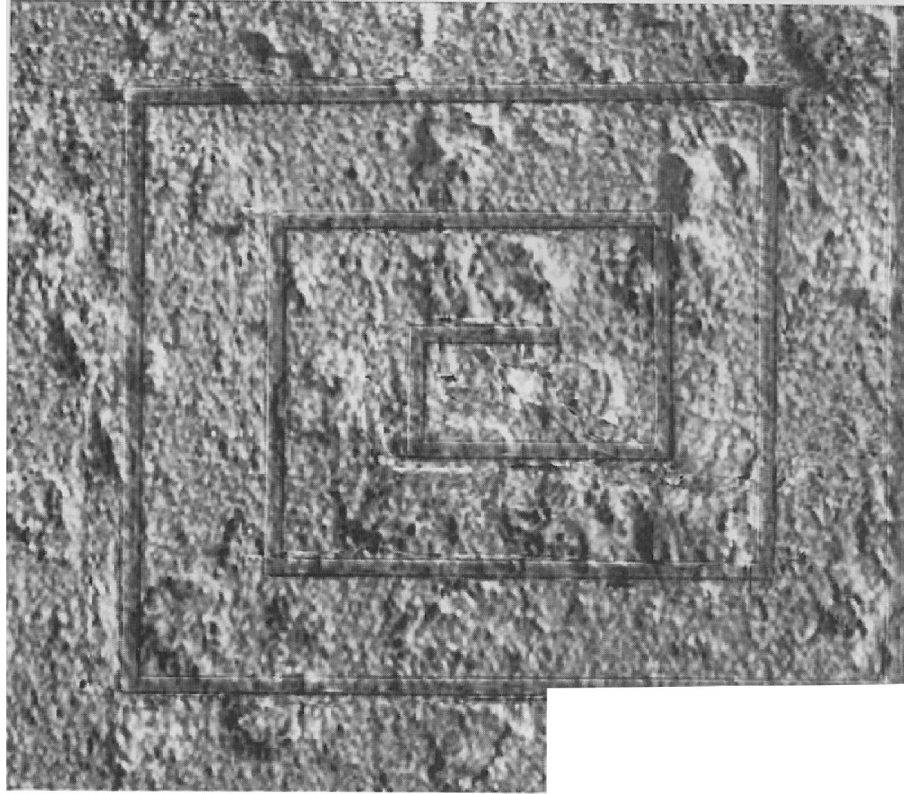
En este mismo marco de trabajo, la Universidad de los Llanos con el apoyo financiero de COLCIENCIAS y otras instituciones, llevo a cabo entre el 3 y el 6 de noviembre de 2009 el Primer Congreso Internacional de Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco, que constituyó un escenario más para conocer los avances logrados en el reconocimiento de los recursos biológicos regionales, como también para fomentar grupos, redes y líneas de trabajo relacionados. En este evento se presentaron un total de 99 trabajos que se distribuyeron en mesas temáticas sobre ecosistemas estratégicos, recursos florísticos, recursos faunísticos, recursos genéticos, recursos hidrobiológicos y cambios en la biodiversidad asociada a actividades humanas. A través de sus resultados se puede establecer importantes avances en el la línea base de información, como también en el incremento de los grupos de investigación que, desde distintas instituciones y organizaciones, vienen trabajando en pro de lograr un mayor conocimiento sobre los componentes de la diversidad biológica regional representada en ecosistemas, especies y genes.

Este número de la Revista Orinoquia, contiene parte de los trabajos presentados en el mencionado congreso. Este y el libro de resúmenes del evento, constituyen la memoria escrita de sus resultados y un aporte más de Colciencias, como entidad financiadora y Unillanos, como institución organizadora, en pro de la implementación de la política nacional de biodiversidad y el plan de acción regional en biodiversidad.

Los esfuerzos hasta ahora hechos no son aún suficientes, necesitamos trabajar más rápido en busca de conocimiento, de medidas de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica y, de manera especial, en el reconocimiento general de su importancia estratégica para un modelo de desarrollo distinto y sostenible en el futuro. Es necesario prepararnos cada día más para poder enfrentar los procesos intensivos de cambio y deterioro que ponen a la biodiversidad en peligro. Necesitamos más recursos financieros para la investigación, más talento humano, mayor trabajo interinstitucional, mayores medidas para la conservación y una política de desarrollo que reconozca su importancia y apoyen su reconocimiento. Aún todo está por hacer.

**Elvinia Santana Castañeda**

Presidente del Primer Congreso Internacional de Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco.



ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS



# La ganadería ligada a procesos de conservación en la sabana inundable de la Orinoquia

## Livestock activity linked to conservation processes in the Orinoquia's flood plains

Lourdes Peñuela<sup>1</sup>, Andrea P. Fernández<sup>2</sup> - Fundación Horizonte Verde

<sup>1</sup> Zoot. Msc. Directora Ejecutiva, Fundación Horizonte Verde. Integrante del grupo de investigación "Sistemas sostenibles de producción con énfasis en palmas tropicales", Código Colciencias: COL0052801. [horizonteverdelupe@gmail.com](mailto:horizonteverdelupe@gmail.com)

<sup>2</sup> MVZ. Esp. Coordinadora Sistemas Productivos, Fundación Horizonte Verde. Integrante del grupo de investigación "Sistemas sostenibles de producción con énfasis en palmas tropicales", Código Colciencias: COL0052801. [andreapaolaf@gmail.com](mailto:andreapaolaf@gmail.com)

### RESUMEN

En el marco del Convenio de cooperación inter-institucional entre The Nature Conservancy (TNC), la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (Resnatur) y la Fundación Horizonte Verde (FHV), se trabajó entre Noviembre de 2007 y Octubre de 2009 en el desarrollo de una propuesta de ganadería ligada a procesos de conservación en sabanas inundables de la Orinoquia Colombiana. Estableciendo Reservas Naturales de la Sociedad Civil y acuerdos de conservación se mejora la productividad de los terrenos, mediante la implementación de propuestas técnicas acordes al trópico, que contribuyan a optimizar el manejo y los índices productivos de la ganadería en la sabana inundable y a conservar la biodiversidad allí existente. La propuesta técnica implementada ayuda a mejorar y mantener a futuro la ganadería tradicional basada en la oferta natural de pastos nativos, más la suplementación en verano con bloque multinutricional energético (BME), rotación de potreros con cerca eléctrica y el incremento en biomasa con cultivos forrajeros. De esta manera, se evita la transformación de la sabana natural a otros sistemas productivos que empobrecen los bienes y servicios ambientales ofertados por esta, y a su vez incrementa la rentabilidad del sistema ganadero. En las dos reservas naturales establecidas en el municipio de Paz de Ariporo, Casanare: "La Esperanza" y "La Gloria" se realizó la caracterización biológica, planes de manejo, desarrollo de ensayos piloto, el análisis económico costo-beneficio de la propuesta técnica evaluando el aporte de consumo en proteína animal ofertado por la sabana inundable. Se obtuvieron resultados positivos con las alternativas productivas ensayadas; el sistema ganadero debe aumentar un 16% de natalidad para que sea viable la inversión y sostenible a futuro; la inversión económica del sistema propuesto es menor al costo de la transformación del paisaje y su mantenimiento. Estas alternativas demostraron que procesos como los desarrollados en el marco de este Convenio, son una alternativa para la conservación de ecosistemas estratégicos regionales, bajo el enfoque de conservación-producción.

**Palabras claves:** bloque energético, ganadería, reserva natural, Paz de Ariporo, sabana inundable.

## ABSTRACT

The Nature Conservancy (TNC), the Colombian Network Association of Nature Reserves of the Civil Society (Resnatur) and the Green Horizon Foundation (FHV), as part of a cooperation agreement from November 2007 to October 2009, have been working to support the development of cattle production linked to conservation processes on the flooded savannas of the Colombian Orinoquia. Through declaring new Nature Reserves of the Civil Society and conservation agreements we intend to improve productivity of the land implementing alternative technical proposals suitable for tropical conditions. This will contribute to optimize cattle management and productive indicators under flooded savannas conditions, coexisting with the existing biodiversity. The technical proposal intends to improve and keep traditional livestock production, improving local cattle production based on the natural pastures already available, adding multi-nutritional energy block supplementation during the dry season, pasture rotation using electric fences and an increase of forage biomass production. This strategy intends to avoid the transformation of the flooded savanna into other productive systems which may deteriorate environmental goods and services offered by the savanna, improving profitability of the local cattle production system. In two nature reserves established Paz de Ariporo, Casanare: "La Esperanza" y "La Gloria" biological inventories were made, pilot studies were developed, the management plans were formulated and the cost-benefit analysis related to the technical purpose were done evaluating animal protein consumption offered by the flooded savanna.

Positive results were obtained with the alternative proposals tested; cattle productive system must raise 16 % of the birth rate for the system to be sustainable in the future and for the investment to be viable. The investment of the here proposed system is less than the costs of the landscape transformation and its maintainance. This productive proposal demonstrated that processes like the one developed during this cooperation agreement are an alternative to preserve regional strategic natural ecosystems, under the production-conservation approach.

**Key words:** cattle, energetic block, flooded savannas, nature reserve, Paz de Ariporo.

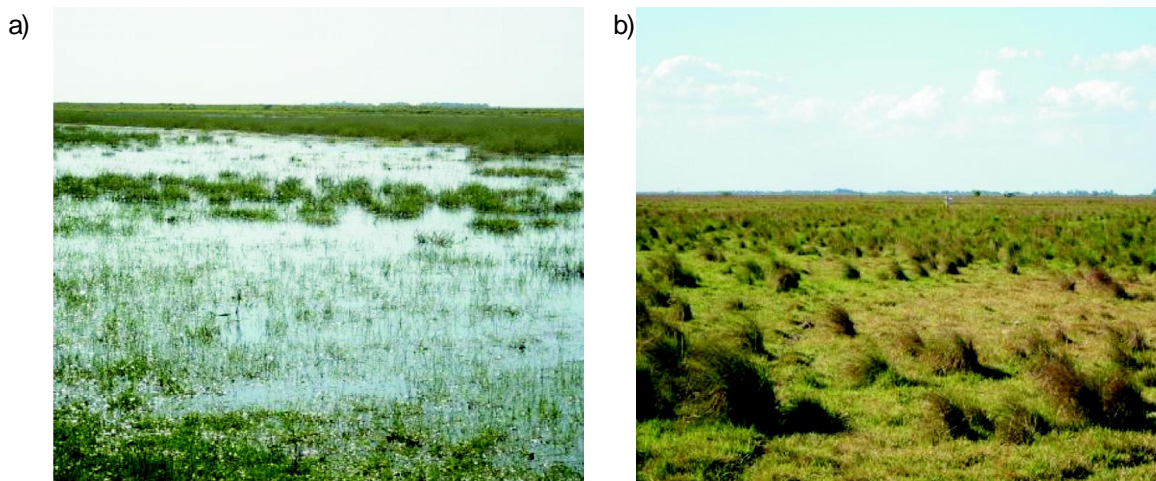
## INTRODUCCIÓN

Colombia posee un total de 18.000.000 de hectáreas en sabanas, clasificadas en: sabana ondulada o disectada, sabana plana y sabana inundable; 16.000.000has (90 %) del total reportado se encuentran en la región de la Orinoquia colombiana (Etter 1997). Estos paisajes y las dinámicas naturales de sus ecosistemas comparten el espacio y el uso del suelo con sistemas de producción pecuaria, agrícola y la explotación de hidrocarburos. El paisaje de sabana inundable posee una dinámica ecológica basada en el recurso hídrico que se encuentra asociado a los cambios bioclimáticos de la zona en el periodo de inundación en invierno y al periodo de sequía en verano (ver Figura 1) (Departamento de Desarrollo Ganadero 2007). Los departamentos de Arauca y Casanare, gran parte de los cuales está

cubierta por sabanas, convergen sus afluentes a la gran Cuenca del Orinoco, que tiene un área aproximada de 991.587 Km<sup>2</sup>, distribuida en un 35 % en Colombia y 65 % en Venezuela, comprendiendo desde las estribaciones de la cordillera Oriental de los Andes y su prolongación en Venezuela, hasta la planicie de los Llanos y el Escudo Guyanés, compuesto por un conjunto de mesetas, enclaves edáficos y los ríos tributarios del gran Orinoco (Correa *et al.*, 2006). El Orinoco es la tercera cuenca más grande a nivel mundial, de mayor caudal medio (m<sup>3</sup>/seg) y la segunda en escorrentía (mm/año), en esta se concentra el 71 % del agua de los pantanos de Colombia (Wild World Fund *et al.*, 1998). Por su importancia histórica como medio de comunicación y de transporte nacional e internacional, su alta

diversidad cultural, de paisajes, y ecosistemas terrestres y acuáticos que albergan distintas formas de vida hasta ahora poco conocidas, representa una de las áreas del mundo más ricas biológica e hidrológicamente (Correa *et al.*, 2006, Wild World Fund 2006). Catalogada, por el Fondo Mundial para la Conservación, como uno de los ocho ecosistemas estratégicos para la humanidad (Wild World Fund *et*

*al.*, 1998, Romero *et al.*, 2004). Como resultado de su combinación de tres ecosistemas diferentes y diversos (Andes, Guayana y Delta del Orinoco) mantiene una enorme biodiversidad acuática y terrestre con 17.420 especies de plantas, 1.300 de aves, más de 1.000 especies de peces, 250 de mamíferos y 119 de reptiles (Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2004).



**Figura 1.** Paisaje de Sabana Inundable en época de lluvias (a) y de sequía (b). Archivo fotográfico FHV

La Orinoquia colombiana es considerada como un territorio que ofrece grandes posibilidades de desarrollo económico, las áreas de sabana tropical actualmente en uso, ofrecen un potencial comprobado para la intensificación de la producción de cultivos y ganado (Etter 1997, Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2004); procesos que a su vez pueden acelerar la transformación y pérdida de hábitats y de ecosistemas naturales, por los problemas de colonización y la ampliación de la frontera agropecuaria (Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt 2004). Aunque en la Orinoquia los ecosistemas predominantes son las sabanas naturales, el proceso de sabanización es también creciente, por la transformación de las áreas de bosque original o de arbustos densos en praderas o potreros que mejoren la productividad del sistema agropecuario (Leyva 2001). Generalmente la ganadería ha sido asociada a procesos de deterioro de los recursos naturales y detrimento de la base fisiográfica de producción (suelos, agua, fertilidad entre otros) (Aldana *et al.*,

2007). En sabana inundable, la ganadería se ha desarrollado a partir de la oferta natural del medio favoreciendo la conservación de la biodiversidad de la sabana en condiciones naturales y bajo pocas presiones de transformación por parte del ganadero. Sin embargo, esta ocupación del territorio está cambiando rápidamente por su baja productividad y rentabilidad económica como reportan los bajos indicadores productivos de la ganadería de cría en este ecosistema (Parra 2004, Técnicos Ganaderos del Casanare 2008). La tasa de natalidad no supera el 45 % y los intervalos entre partos oscilan entre 600 y 800 días. Adicionalmente, la tasa de mortalidad de los terneros alcanza el 10 % y su peso al destete es bajo (160kg). Por otro lado, la ganadería, a pesar de ser una actividad importante en el país, en la mayoría de los casos se lleva a cabo con poca asistencia técnica, capacitación y usando prácticas que contribuyen a erosionar el suelo, degradar las pasturas y sobre todo, a la pérdida de la cobertura boscosa y de la biodiversidad (Murgueitio 2003, Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial *et al.*, 2008).



En este orden de ideas, los proyectos de desarrollo dirigidos a trabajar en sabanas naturales son de gran importancia; teniendo en cuenta la importancia estratégica que estos ecosistemas tienen como reservorios de recursos hídricos y como ecosistemas únicos del planeta; enfrentando el marcado ritmo de conversión actual a distintos usos; y valorando el potencial de estas áreas que aún se encuentran relativamente poco disturbadas en algunas regiones del trópico (Wild World Fund 2006, The Nature

Conservancy *et al.*, 2009). Este proyecto consideró la intervención tecnológica mediante la oferta del Bloque Multinutricional Energético (BME), el manejo de la rotación de potreros y una oferta estratégica de biomasa de mejor calidad nutricional para el mejoramiento de los indicadores reproductivos, base de la rentabilidad de una ganadería de cría; permitiendo un mejor aprovechamiento de la sabana inundable como eslabón de máxima importancia para la dinámica hidrológica de la cuenca del Orinoco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de interés y estudio del proyecto fue el paisaje de sabana inundable en los departamentos de Casanare y Arauca (Colombia), los cuales se hallan en el tercer y quinto puesto de producción ganadera del país (Federación Nacional de Ganaderos 2006). El proyecto se llevó a cabo entre Noviembre de 2007 y Octubre de 2009 en la vereda Caño Chiquito del municipio de Paz de Ariporo en el departamento de Casanare. El sitio de estudio está ubicado a 50 km de distancia del casco urbano del municipio, con temperatura promedio anual de 25.7° C, una altitud de 370 msnm y una precipitación anual promedio de 2500 mm (Leyva 2001).

### Recopilación de información e identificación y selección del área de trabajo

Para el establecimiento de la línea base se llevó a cabo una revisión de fuentes secundarias y de recolección de información en instituciones y entidades del orden regional y municipal. Se recopiló información sobre el contexto de la región, del paisaje de sabana inundable y de la ganadería de la zona. Se encontraron pocos trabajos de investigación en general del paisaje de sabana inundable y casi ninguno con enfoque de conservación – producción. Este material fue usado para la elaboración del documento base del proceso. Se realizaron recorridos y visitas diversas a hatos ganaderos de la sabana inundable en diferentes épocas del año, permitiendo reconocer la dinámica natural de la sabana. Se identificaron y trabajaron los criterios de selección orientados a la conservación y al sistema productivo ganadero partir de los cuales se desarrolló una propuesta técnica con el reto de ligar una ganadería de cría común de la zona, a procesos de conservación

mediante alternativas productivas que mejoran la productividad y rentabilidad económica del hato ganadero, disminuyendo la presión sobre los recursos naturales del paisaje. Los criterios de selección de las fincas que participaron del ejercicio piloto, se encuentran en la Tabla 1.

### Planes de manejo

Se elaboraron los planes de manejo de cada reserva en forma participativa con los propietarios, estos documentos son ejes orientadores para la planificación de actividades a futuro en los temas de interés a conservar y en el desarrollo de una ganadería sostenible. Éstos se obtuvieron con la metodología del proyecto “Conservación de hábitats para las aves migratorias en la cuenca del Orinoco”, ejecutado por The Nature Conservancy *et al.*, (2005). Para la definición de objetos de conservación se trabajó la Planificación para la Conservación de Áreas (PCA), metodología creada por The Nature Conservancy. Se definieron con los propietarios áreas y objetos focales de conservación de mutuo interés para la zona (ver Tabla 2). Como insumo para los planes, se realizaron caracterizaciones biológicas de cuatro grupos taxonómicos: Flora, Aves, Mamíferos y Reptiles (ver Tabla 3), utilizando la metodología propuesta por IAvH (transectos y fotografía para identificación de flora, y fauna). También se evaluó el aporte de la biodiversidad presente en la sabana inundable a la seguridad alimentaria de los pobladores, en 5 hatos ganaderos en zona rural y 25 familias en zona urbana del municipio de Paz de Ariporo, mediante la metodología Cointjoint (con charlas y encuestas), para diferenciar

el consumo per cápita de proteína animal, el número de especies consumidas y la representatividad de este consumo de carnes frente a la canasta familiar de los pobladores de la zona (Fernández 2009).

**Tabla 1.** Criterios para la selección de sitios para la conservación de la biodiversidad. Metodología creada por Piskulich 2001 para The Nature Conservancy (TNC), modificada por Ocampo & Peñuela 2008

Tipo de Criterio	Descripción
1. Biológicos y ecológicos	1.1. El sitio contiene especies en peligros de extinción, endémicos o raros. 1.2. Que exista una alta diversidad y riqueza de especies 1.3. Los ecosistemas que se encuentran en el sitio son de alta prioridad ecológica para el país 1.4. La propiedad protege fuentes de agua de gran importancia para la región en la que se ubica 1.5. La protección de la propiedad presenta una oportunidad para proteger una belleza escénica 1.6. La propiedad tiene ecosistemas de valor educativo o científico 1.7. La propiedad ofrece importantes servicios ambientales como la protección de cuencas hidrográficas, prevención de la erosión, etc.
2. Antropológicos (culturales y productivos)	2.1. La protección de los terrenos ayudará a proteger importantes valores culturales o históricos de una comunidad 2.2. Los terrenos escogidos presenta n un alto potencial agroecoturístico que ayudará como una herramienta para la conservación
3. Legales	3.1. La propiedad esta legalmente inscrita en el registro de la propiedad 3.2. El propietario tiene un título de propiedad válido del terreno 3.3. La propiedad no tiene gravámenes o juicios pendientes que afecten la conservación del terreno
4. Factores favorables	4.1. La propiedad esta amenazada por el desarrollo humano (cambio de uso del suelo) 4.2. La comunidad esta interesada en promover la conservación del sitio 4.3. La protección de la propiedad establece un precedente importante para la protección de los recursos naturales de la
5. Criterios de interés y	5.1. Que exista disposición por parte de los propietarios para el establecimiento de áreas protegidas privadas.

## Propuesta técnica

Dentro del plan de manejo se generó una propuesta técnica con tres componentes: suplementación energética (BME) basado en estudios realizados con ácidos grasos del aceite de palma (Escobar 1991, Ocampo 1995, Camacho & Torres 1996); la rotación de potreros con cerca eléctrica; y el incremento en biomasa con cultivos forrajeros acordes a la calidad del suelo (Murgueitio 1999, Murgueitio 2003, The Nature Conservancy *et al.*, 2009).

### **Suplementación estratégica con BME y rotación de potreros**

Se llevó a cabo mediante un estudio piloto con tres replicas en dos veranos (2008 y 2009): dos en la Reserva Natural “La Esperanza” y una en la Reserva Natural “La Gloria” (verano del 2009). En cada réplica se establecieron 4 grupos de animales, cada uno con 15 vacas y 1 toro: 2 grupos de vacas horras (uno con consumo de BME y otro testigo) y 2 grupos de vacas paridas (uno con consumo de BME y otro testigo). Cada grupo suplementado con BME (vacas paridas y vacas horras) dispuso de dos potreros de 22.5 ha cada uno, encerrados con cerca eléctrica bajo las mismas condiciones (sabana natural e igual carga animal: 1.5 animales/ha) que los grupos testigo, realizando la rotación respectiva del potrero de acuerdo al manejo que ejerce cada propietario en las reservas. Se evaluó en los animales de los 4 grupos el estado reproductivo mediante palpación rectal y el índice de condición corporal de 1 a 5 (tomando a 5 como el mejor) para vacas, y el diámetro torácico para terneros, al inicio del ensayo y al finalizar el mismo luego de 100 días de suplemento. Durante los días de ensayo se llevó registro del comportamiento animal ante la oferta del bloque, su consumo y el comportamiento reproductivo en de cada grupo. También se llevo a cabo un taller de capacitación a los propietarios de las reservas sobre la

## RESULTADOS

### **Plan de manejo**

Las fincas seleccionadas fueron “La Esperanza y “La Gloria”, ubicadas en el municipio de Paz de Ariporo,

elaboración del bloque y el manejo que se debe a dar para el suministro del mismo.

### **Incremento de biomasa con cultivos forrajeros**

Otra alternativa desarrollada para la ganadería de la zona fue mejorar la calidad nutricional de los forrajes ofertados a los animales a través de la implementación de bancos de proteína con cultivos forrajeros (CF). Con un arreglo y abono de un área de 1 hectárea (ha) de tierra con 2 toneladas (tn) de materia orgánica, se sembró Pasto Elefante o Kingrass (*Pennisetum purpureum*) en un área de 720 m<sup>2</sup>, sembrados de forma directa dejando 40cm entre semilla; Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) en un área de 1.520 m<sup>2</sup>, sembrados a 50cm entre semillas; Veranera (*Cratylia argentea*) en un área de 1.760 m<sup>2</sup>, dejando 1m de distancia entre semillas; y Caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) en un área de 2.080 m<sup>2</sup>, con siembra de estacas a 40cm. Además se estableció Matarratón (*Gliricidia sepium*) y Lluvia de Oro (*Laburnum anagyroides*) cada 2m como cerca viva; como material de cobertura se sembró Maní Forrajero (*Arachis pintoi*). También se sembraron árboles dispersos de Congrio (*Acosium nitens*) y de Totumo (*Crescentia cujete*). Todas estas especies se escogieron con base en su calidad proteica y energética, adaptabilidad a suelos ácidos y productividad de biomasa.

### **Valoración económica del estudio piloto**

Se llevó a cabo el análisis económico utilizando la metodología de la relación costo – beneficio de la rentabilidad del sistema ganadero en tres escenarios: a) Línea base (estado actual de cada finca), b) Incremento del 10 % de natalidad con BME, c) Incremento del 20 % de natalidad con BME. Este ejercicio mostró la viabilidad de la propuesta y el costo de inversión para el ganadero de la zona.

donde los propietarios han venido trabajando en procesos de conservación desde hace varios años.

Estos firmaron actas de compromiso para dar inicio al proceso, estableciendo sus fincas como Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) asociadas a Resnatur (Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil), esta categoría de conservación privada ha sido reconocida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En éstas se trabajaron y definieron, en

cada plan de manejo, 5 objetos focales de conservación mediante la metodología definida por TNC: 3 de filtro grueso y 2 de filtro fino; para éstos se desarrollaron estrategias y actividades de conservación a 5 años dentro del plan de acción de cada reserva, estos objetos definidos son ecosistemas y especies silvestres de interés para cada propietario y para el convenio (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Objetos focales de conservación para las Reservas “La Esperanza” y “La Gloria”

Objetos focales de conservación seleccionados	
RN La Esperanza	RN La Gloria
1. Esteros	1. Esteros
2. Bosques de Galería	2. Bosques de Galería
3. Bancos de sabana	3. Bancos de sabana
1. Chigüiro ( <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> )	1. Venado ( <i>Odocoileus virginianus</i> )
2. Galapaga ( <i>Podocnemis vogli</i> )	2. Pato carretero ( <i>Neochen jubata</i> )

De las caracterizaciones biológicas de cuatro grupos taxonómicos: Flora, Aves, Mamíferos y Reptiles, se obtuvo una gran diversidad de especies en flora y aves, también se recolectó y sistematizó información obtenida

de investigaciones anteriores en herpetos y aves realizadas por estudiantes de pregrado de la Unitropico y la Pontificia Universidad Javeriana en la zona y en especial de la Reserva La Esperanza (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Riqueza de especies obtenida de las caracterizaciones biológicas en las reservas “La Esperanza” y “La Gloria” (The Nature Conservancy *et al.*, 2009)

Diversidad	Reserva Natural La Esperanza	Reserva Natural La Gloria
Flora	214	246
Mamíferos	20	20
Aves	168	186
Reptiles	17	6
Anfibios	7	6
Peces	30	21

Con el plan de manejo se obtuvieron acercamientos a la productividad integral del paisaje de sabana inundable, dentro de un ejercicio que evaluó el aporte de la biodiversidad presente en la sabana inundable a la seguridad alimentaria de los pobladores (Fernández 2009). Se obtuvo como resultado que las especies de mayor consumo en estas sabanas provienen del recurso íctico como: Coporo (*Prochilodus mariae*), Caribe (*Pygocentrus cariba*), Pejesapo (*Pseudopimelodus sp*), Bagre (*Pseudoplatystoma orinocoense*), Torito (*Trachelyopterus galeatus*), Curito (*Hoplosternum littorale*), Roncho (*Glyptoperichthys gibbiceps*), Alcalde (*Loricarichthys sp*) y Chorroscó

(*Pimelodus sp.*); algunas especies de aves como Palomas (*Columba subvinacea* y *C. cayennensis*), Guacharaca (*Ortalis ruficauda*), Tortolita (*Scardafella squammata*), Pato Careto (*Dendrocygna viduata*), Pato Real (*Cairina moschata*), Pato Yaguaso (*Amazonetta brasiliensis*) y Alcaravan (*Vanellus chilensis*); de algunos mamíferos como Venado de Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*), Cachicamo (*Dasypus sabanicola*), Cerdo Sabanero (*Sus scrofa*), Chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y Picure (*Dasyprocta fulliginosa*); reptiles como el Morrocoy (*Geochelone carbonaria*), Galápaga Sabanera (*Podocnemis vogli*), Iguana (*Iguana iguana*) y Babilla (*Caiman crocodylus*).

## Propuesta Técnica

### **Suplementación estratégica con BME, rotación de potreros y cultivos forrajeros**

Realizadas las replicas como ejercicios piloto de la propuesta técnica en las dos Reservas Naturales escogidas se obtuvieron como resultados preliminares que el componente de suplementación estratégica en verano con BME, basado en ácidos grasos del aceite de palma junto a la rotación de potreros establecidas con cerca eléctrica en cada una, obtuvieron el 66.6 % de preñez en vacas horras suplementadas (10 vacas de 15 suplementadas por replica) frente al 24.4 % de preñez (6 vacas de 15 testigo por replica), obteniendo una respuesta positiva mayor del 24.6 % en preñez en vacas horras suplementadas (4 vacas por replica); las vacas paridas suplementadas y las testigo obtuvieron un promedio similar de preñez con el 20 % y el 21.4 % respectivamente que equivalen a 3 animales con preñez (ver Tabla 4).

La mayor ganancia de peso y mejora en la condición corporal se reflejó en las vacas horras suplementadas con BME pasando de un índice de condición corporal de 3.0 a 3.5 vs a una condición corporal de 3.0 en los grupos testigo de vacas horras. La condición en los grupos de vacas paridas suplementadas y vacas paridas testigo no tuvo diferencia alguna manteniendo una condición de 3.0 durante el proceso; el tamaño y el peso de las crías de vacas paridas suplementadas con BME fue diferente al de las crías testigo; se observó el amansamiento de los grupos de animales suplementados por el contacto diario con el hombre y un mayor estado de libidez reproductiva durante el día en hembras y machos (ver Figura 2). El manejo de las pasturas durante las replicas tuvo periodos de descanso y de ocupación de 35 días cada uno, lo cual demostró al final del ensayo que

no sufrían disminución drástica de la biomasa de consumo por pisoteo y presión de consumo ante la oferta del BME, lo cual permite el rebrote herbáceo de las pasturas nativas y la permanencia de estas durante toda la época seca de diciembre a abril en la zona.

La productividad forrajera en biomasa de los cultivos implementados con Caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), Botón de Oro (*Thitonia diversifolia*), Cratilia (*Cratylia argentea*) y Matarratón (*Gliricidia sepium*) no obtuvieron una buena respuesta productiva de biomasa frente al periodo de lluvias presentado en el invierno del 2008 en las reservas. Se obtuvo la mayor producción de forraje y supervivencia de plantas de caña y pasto de corte en la reserva "La Gloria", donde para el verano del 2009 se suministró un promedio de 15 kg/día/animal, a un grupo de levante de 15 animales (The Nature Conservancy *et al.*, 2009).

### **Valoración económica del estudio piloto**

El análisis de la relación costo – beneficio de la rentabilidad del sistema ganadero en los tres escenarios (a, b y c) obtuvo como resultado que: con el incremento del 16 % de la natalidad en cada reserva con suplementación estratégica en verano con BME y rotación de potreros, los costos anuales del ható ganadero se incrementarían aproximadamente el 20 % durante los tres primeros años de implementada la propuesta técnica, obteniendo una tasa interna de retorno del 30 %, que mejora la rentabilidad económica del ható ganadero en un 20 % al cuarto año.



**Tabla 4.** Resumen vacas paridas y horras, ensayos verano 2008 – 2009 en las reservas "La Esperanza" y "La Gloria"

INDICADORES	Reserva La Esperanza		Reserva La Gloria		Reserva La Gloria		Prom
	verano 2008		Esperanza verano 2009		verano 2009		
	VP	VH	VP	VH	VP	VH	
Días de Ensayo	87	87	93	93	73	73	84
Días Totales palpación Ensayo	112	112	123	123	116	116	117
Días de Ocupación de potreros	34	34	34	34	36	36	35
Días de Descanso de potreros	35	35	35	35	36	36	35
N° de Vacas con BME	15	15	15	15	15	15	15
N° de Vacas Testigo	17	15	9	15	15	15	15
Consumo Promedio de BME	664	633	783	626	795	721	747
Condición Corporal inicio - final	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5	3
N° Vacas con BME preñadas - final	1	11	0	9	0	8	0
% de Preñez con BME	6.66	73.33	0	60	0	53.33	2
N° Vacas Testigo preñadas - final	2	8	0	4	0	0	1
% de Preñez testigo	11.76	53.33	0	26.66	0	0	4
N° Vaca con BME con posible preñez	2	1	0	1	0	1	1
N° Vaca Testigo con posible preñez	0	1	0	1	0	0	0
N° Vaca con BME con Ovarios Cíclicos	8	2	7	3	9	5	8
N° Vaca Testigo con Ovarios Cíclicos	14	6	8	8	10	9	11
N° Vaca con BME con Ovarios Estáticos	3	0	3	1	7	2	4
N° Vaca Testigo con Ovarios Estáticos	1	0	6	4	5	6	4
N° Vaca con BME preñadas – seguimiento	8	0	0	0	0	0	2.6
% Vaca con BME preñadas – seguimiento	53.33	0	0	0	0	0	17.7
N° Vacas Testigo preñadas - seguimiento	8	2	0	0	0	0	2.6
% Vaca Testigo Preñadas – seguimiento	53.33	13.33	0	0	0	0	17.7
							4.44

**Figura 2.** Suplementación con BME en ganadería de cría. Archivo fotográfico FHV

## DISCUSIÓN

El establecimiento de áreas protegidas como la categoría de Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) en el paisaje de sabana inundable con los hatos “La Esperanza” y “La Gloria” fueron la oportunidad de concertar áreas que iniciaron procesos de conservación ligados al sistema ganadero de la zona. De esta forma, los espacios protegidos privados y los acuerdos creados en cada uno de estos, han ligado procesos de conservación a procesos de producción, mejorando la calidad de vida de los pobladores del paisaje de sabana inundable y la protección de ecosistemas y especies de vital importancia en la prestación de bienes y servicios ambientales (Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial *et al.*, 2008). La conservación de estas áreas de vida son prioridad para el sostenimiento de los procesos naturales y dinámicas ecológicas de la región, como la regulación hídrica de la cuenca del Orinoco, la formación de corredores biológicos y el sustento de la fauna y flora de la Orinoquia Colombiana.

La definición de objetos focales de conservación como entidades, características o valores que los propietarios desean conservar generó actividades en pro de la conservación de cada especie y ecosistema seleccionado, que permitió proponer acciones concretas dentro de los planes de manejo para los

próximos 5 años; en éstos, especies silvestres como el Chigüiro, el Venado, la Tortuga Galápaga y el Pato Carretero ostentan una importancia biológica, paisajística y económica para las reservas. Los objetos focales de conservación de filtro grueso se definieron como: los ecosistemas base para que éstas y otras especies que se habitan los bancos de sabana, esteros y bosques de galería encuentren protección, refugio y alimento; también la diversidad de fauna íctica, acuática y terrestre del paisaje, que necesitan corredores biológicos vitales para los desplazamientos de las comunidades en diferentes épocas del año. Esta riqueza de la zona fue corroborada con los inventarios biológicos realizados, donde la diversidad de flora en bosques de galería inundable y no inundable es alta con un promedio de 230 especies de plantas, 177 especies de aves presentes en bosques y sabanas, así mismo se observó 20 especies de mamíferos, 12 de reptiles y 7 de anfibios. Cobrando sentido el ejercicio de planificación y zonificación de cada reserva para definir áreas de conservación y producción ganadera.

Parte de esta diversidad aporta el 80 % de la proteína animal en la seguridad alimentaria de los pobladores que viven en este paisaje, donde en promedio 16 especies silvestres se consumen durante el año, superando el estándar nacional que es de 4 especies

domesticas (pollo, carne de res, cerdo y pescado) y el mundial que es de 8 especies de consumo (Fernández 2009). Así, el mayor aporte de proteína animal se da por la regulación hídrica del paisaje, donde peces de esteros y caños se consumen en su mayoría en época de verano y mamíferos en época de lluvias; las aves y reptiles entran a la dieta humana en épocas de transición climática cuando se aproximan las lluvias de verano a invierno o viceversa, siendo su consumo ocasional y no constante durante el año. El análisis estadístico de consumo de proteína animal per cápita obtuvo un consumo promedio de 11.2 kg/persona/semana en zona rural (hatos ganaderos) y de 8.24 kg/persona/semana en zona urbana (familias del municipio) (Fernández 2009), este alto consumo de proteína supera el consumo per cápita nacional que fue de 12.9 kg/persona/año (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar 2006) e internacional que fue de 36 kg/proteína/persona/año (Suttie *et al.*, 2005) de cualquier especie tradicional de consumo, representando el 70 % de la canasta familiar de la zona. Este alto consumo de proteína animal en esta región de los llanos, se da aún en esta parte del país por la baja densidad de población humana (13 habitantes por km<sup>2</sup>), por el consumo racional de especies por la comunidad de la zona y por el conocimiento que los pobladores tienen de la dinámica natural de reproducción y producción de las especies presentes de este paisaje (Fernández 2009). Las comunidades de especies consumidas por los humanos pueden verse alteradas cuando se transforma su hábitat natural a otros sistemas de producción que aumentan la densidad poblacional de la zona, cuyos trabajadores recurren a la caza comercial como sustento.

La propuesta técnica diseñada e implementada por el convenio es una alternativa de suplementación viable, con base en ácidos grasos que tienen un efecto positivo en la alimentación bovina (Ocampo 1995, Camacho & Torres 1996), que permite mejorar los índices productivos de la ganadería de cría del paisaje de sabana inundable sin que represente grandes cambios sobre el uso del suelo de la zona y la biodiversidad que en esta habita. Esta estrategia de mejoramiento

productivo para la ganadería de cría de la zona de sabana inundable, disminuye la presión por pastoreo en época de escasez forrajera y la apertura ganadera con la tala, quema y siembra de pasturas introducidas, principal problema ambiental en la zona (Etter 1997); permite mantener la misma población bovina e incluso aumentar levemente el número de animales por hato en menor área; se obtiene menor presión sobre áreas prioritarias a conservar como corredores biológicos, especies de fauna y flora de la zona y ecosistemas naturales. Esta producción ganadera alternativa es de vital prioridad si se tiene en cuenta que el departamento de Casanare aporta el 74 % de la ganadería de la Orinoquia y el 41 % a nivel nacional (Técnicos Ganaderos del Casanare 2008). Este aumento en la productividad ganadera se obtiene al mejorar la tasa reproductiva de las vacas de cría con un mayor número de crías al año y con la disminución de los días del destete en 3 meses, obteniendo terneros más grandes y de mejor peso que los obtenidos con el sistema tradicional.

Esta mejora productiva permitirá traer mayor eficiencia al hato ganadero al destetar las crías a los 9 meses de edad y no al año como se viene realizando; así, el aumento de la natalidad acortará los periodos de intervalo entre partos y se obtendrá un incremento en la rentabilidad económica del hato que permitirá a este sistema alternativo competir frente a otros sistemas que generan una mayor transformación en el uso del suelo como los arreglos agroindustriales y forestales. Esto se demuestra al comparar los 3 escenarios del costo - beneficio en el análisis económico: el escenario base (actual) de cada hato es superado en rentabilidad económica cuando se suplementa con BME y se aumenta al menos en un 16 % en natalidad, obteniendo una tasa interna de retorno (TIR) que puede llegar hasta el 54 % más que la generada por la línea actual, ventaja ante las necesidades del plan nacional de ganadería y su incremento en la población bovina para el 2019 (Federación Nacional de Ganaderos 2006), con la coexistencia amigable de la biodiversidad presente en el paisaje. El costo de inversión debe ser compensado con incentivos durante los primeros 3 años del proceso con el cambio tecnológico para poder ser replicado y asumido por más ganaderos.

Es importante generar mecanismos que incorporen dentro de los sistemas agropecuarios procesos de conservación, que sirvan como herramienta para mantener áreas protegidas dentro de ellos. Todo esfuerzo de desarrollo en el sector agropecuario tiene como objetivo aumentar la productividad de los recursos utilizados en el proceso de producción; por lo que existe la necesidad de evaluar de una manera global los sistemas de producción para conocer tanto los productos como los sacrificios realizados por los productores (The Nature Conservancy *et al.*, 2009). Es

decir que para priorizar áreas de conservación es necesario no sólo tener en cuenta aspectos ambientales, sino valorar también los aspectos sociales y económicos que giran alrededor de los sistemas productivos; de manera que se puedan generar modelos acordes con el tipo de producción, es decir, efectuar en un paisaje como la sabana inundable una ganadería sostenible. Donde la diversidad y el uso tradicional de los recursos ofertados por este paisaje continúen representando las costumbres de la cultura llanera y el sustento de gran parte de la oferta hídrica de la cuenca.

## REFERENCIAS

Aldana JM, Domínguez M, Vieira & Angel C. Estudios sobre la ecología del Chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), enfocados a su manejo y uso sostenible en Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. 2007. 188 pp.

Camacho M & Torres J. Suplementación de vacas de descarte con bloque nutricional utilizando dos niveles de aceite de palma. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias y recursos Naturales. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de los Llanos. Villavicencio. 1996. 45 – 63 pp.

Correa HD, SL Ruiz y LM Arevalo. Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco – Colombia / 2005 – 2015 – Propuesta Técnica. Bogotá D.C.: Corporinoquia, Cormacarena, Instituto Alexander von Humboldt, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF –GTZ Colombia. 2006. 330 pp.

Departamento de Desarrollo Ganadero. Población Ganadera de la Orinoquia Colombiana. Informe de Estado y futuro de la Ganadería. Revista Corpoica. Vol 3. Bogotá D.C. 2006. 52-55 pp.

Escobar A. Avances en la nutrición de los rumiantes. Ponencia IV seminario nacional y I internacional Alternativas de producción animal con recursos tropicales. Villavicencio, Colombia. 1991. 58 pp.

Etter A. Informe Nacional Sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia. Diversidad Biológica en Sabanas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Chávez ME, Arango N (Eds). Bogotá, Colombia. 1997. Tomo I. pp 76-95.

Suttie JM, Reynolds SG & Batello C (eds). Grasslands of the World, feed and consume. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma. 2005. 51 pp.

Federación Nacional de Ganaderos. 2006. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019, por una ganadería moderna y solidaria. Fedegan (Edis). Bogotá D.C. 291 pp.

Fernández AP. Evaluación de la oferta de especies silvestres asociadas a la ganadería de cría en la sabana inundable como aporte a la seguridad alimentaria de los habitantes del municipio de Paz de Ariporo, departamento de Casanare, Colombia. Tesis de Posgrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Especialización en Producción Agrícola Tropical Sostenible. Universidad de los Llanos. Villavicencio. 2009. 45 pp.

Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Proyecto: Biodiversidad y desarrollo en ecoregiones estratégicas de Colombia, Orinoquia. 2004. Disponible en línea [http://www.humboldt.org.co/proyecto\\_orinoquia](http://www.humboldt.org.co/proyecto_orinoquia)

- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Requerimientos nutricionales para la población nacional colombiana. Cartilla Informativa. Bogotá. Colombia. 2006. 45 pp.
- Leyva P. El medio ambiente en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Segunda Edición. Bogotá. 2001. 20 - 42 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales, World Wildlife Fund, Conservación Internacional & The Nature Conservancy. Reconocimiento de los Servicios Ambientales: Una oportunidad para la gestión de los recursos Naturales en Colombia. Bogotá. 2008. 203 pp.
- Murgueitio E. Reconversión Social y Ambiental de la ganadería bovina en Colombia. World Animal Review. Vol 93. FAO. Roma. 1999. 2-15 pp.
- Murgueitio E. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Livestock Research for Rural Development. 2003. 15(10).
- Ocampo A. La Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jack), Recurso Estratégico en Sistemas Integrados de Producción Tropical. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Rurales. Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana, convenio con la Fundación CIPAV & el Instituto Mayor Campesino. Santa fé de Bogotá. 1995.
- Parra JL. Aplicación participativa de tecnología pecuaria en núcleos productivos de los sistemas de cría y doble propósito del departamento de Casanare. Informe Final. CORPOICA. C.I. La Libertad. Villavicencio. Meta. 2004. 51 pp.
- Piskulich Z. El manejo y conservación de tierras privadas: una guía para las organizaciones. Manual de capacitación No.4. The Nature Conservancy. Arlington, Virginia, USA. 2001. 37 p.
- Romero M, Galindo G, Otero J & Armenteras J. Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2004. 189 p.
- Técnicos Ganaderos del Casanare. 2008. Informe Final de la población bovina del departamento de Casanare. Yopal. 91 - 175 pp.
- The Nature Conservancy, World Wildlife Fund , Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Fundación Horizonte Verde y Fundación para la defensa de la naturaleza. Proyecto: "Conservación de Hábitats para aves migratorias en la cuenca del río Orinoco". 2005. Disponible en línea: [www/horizonteverde.org.co](http://www/horizonteverde.org.co)
- The Nature Conservancy, Fundación Horizonte Verde & Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil. Proyecto: "Generar e Implementar procesos de Conservación en sabana inundable, ligados a una ganadería sostenible". Villavicencio. Colombia. 2009. 60 pp.
- World Wildlife Fund, CIPAV & Fundación Horizonte Verde. Diagnóstico y definición de prioridades para la conservación y manejo de la Biodiversidad en la Orinoquia colombiana. Informe Técnico. Cali. 1998. 174 pp.
- World Wildlife Fund. La cuenca del río Orinoco. Ecorregiones de Colombia. 2006. Disponible en línea: [http://orinoco.wwf.org.co/orinoco/donde\\_trabajamos.php](http://orinoco.wwf.org.co/orinoco/donde_trabajamos.php).



# **Caracterizaciones biológicas en la Hacienda Macondo (Mapiripán, Meta)**

## **Biological characterizations in the Hacienda Macondo (Mapiripan, Meta)**

Diego A. Rodríguez Torres

Biólogo, Departamento Ambiental – Poligrow Colombia Ltda. da.rodriguez@poligrow.com

### **RESUMEN**

Se realizaron inventarios de flora y fauna en el marco de la construcción de la línea base ambiental para la Hacienda Macondo. La Hacienda cuenta con 5.680 hectáreas, compuestas por ambientes naturales de sabanas, bosques de galería y morichales. Los inventarios han sido realizados en estos ambientes según metodologías estandarizadas de Evaluación Ecológica Rápida (EER) orientados a grupos focales de fauna y flora. En flora vascular se reportan 63 familias, 114 géneros y 205 especies. En cuanto a la fauna, se encontraron para el grupo de peces 2 clases, 16 familias, 6 órdenes, 24 géneros y 36 especies. Para anfibios y reptiles se registraron 39 especies: 9 anfibios y 30 reptiles. En aves se reportan 35 familias, 16 órdenes y 65 géneros, mientras que para mamíferos se encontraron 32 especies. La caracterización de insectos se enfocó en escarabajos, hormigas, mariposas y abejas de las orquídeas, reportándose 11 familias, 2 órdenes, 23 géneros y 53 especies. Se reportan varias especies en peligro de extinción y la pérdida acelerada de cobertura vegetal por quemadas y cultivos ilícitos.

### **ABSTRACT**

A fauna and flora inventory has been made as part of the environmental baseline of the Hacienda Macondo. The farm has 5680 hectares, consisting of natural environments such as natural savanna, gallery forest and morichales. Inventories have been made in these natural environments under standardized methods of Rapid Ecological Assessment (REA) oriented towards focus groups of fauna and flora. The results were the following: 63 families, 114 genders and 205 species of vascular plants; 35 families, 16 orders and 65 genders of birds; 32 species of mammals; 39 species of amphibians (9 amphibians and 30 reptiles); 2 classes, 16 families, 6 orders, 24 genders and 36 species of fish. The characterization of insects was focused on beetles, ants, bees, butterflies and orchid bees, reporting 11 families, 2 orders, 23 genders and 53 species. There have been several reports of endangered species and of the accelerated loss of vegetative cover because of fires and illicit crops.

## INTRODUCCIÓN

En la región de la Orinoquía Colombiana se ubica el Municipio de Mapiripán y dentro de su área se encuentra la Hacienda Macondo en donde la empresa **Poligrow** Colombia está desarrollando una plantación sostenible de palma africana que pretende cumplir lineamientos ambientales nacionales e internacionales (Fedepalma & RSPO 2006). Mapiripán se encuentra al sur oriente del departamento del Meta corresponde a la subregión fisiográfica de la altillanura caracterizada por tener ondulaciones que no sobrepasan los 200 msnm y pertenece a la megacuena de sedimentación de la Orinoquia. Su ubicación entre los ecosistemas de transición de sabana y vertiente favorece el mantenimiento de los bosques de galería, que constituyen el principal refugio para la fauna (CORMACARENA 2007).

En la zona no existe información acerca de la composición de la flora y fauna, no obstante la Orinoquía colombiana se caracteriza por ser una región con una amplia riqueza en estos aspectos (Correa et al. 2005). La biodiversidad de la Orinoquía colombiana se encuentra representada hasta el momento por 2.692 especies de plantas registradas, en peces se estiman 619 especies, en anfibios se estima un total de 41 especies, los reptiles son abundantes en esta región con un total aproximado de 119 especies, la avifauna es considerado el grupo más estudiado de la región reportándose de manera general 644 especies y en mamíferos se reportan 101 especies (Romero *et al.* 2006).

En el marco de construcción de la línea base ambiental para la Hacienda Macondo, el presente trabajo pretende proporcionar una descripción general de los principales elementos de fauna y flora nativa, haciendo énfasis en la identificación de las especies representativas de los distintos ambientes naturales y en las especies amenazadas de extinción.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Hacienda Macondo, se ubica en el municipio de Mapiripán en el departamento del Meta, en el centro de Colombia, al occidente de la cordillera Oriental, se encuentra en las coordenadas geográficas 03° 01' N y 072° 08' O, a una altura que va desde los 163 a los 226 msnm. La precipitación promedio anual es de 2208 mm; siendo los meses más secos octubre-abril y mayo-septiembre los más húmedos.

Cuenta con 5.680 ha de extensión, donde se encuentran ambientes naturales representativos de la Orinoquía colombiana, como son bosques de galería, que constituyen una mancha delgada de selva heterogénea asociada a los afluentes de agua y morichales presentes en terrenos pantanosos y en las cabeceras de los caños con dominancia de *Mauritia flexuosa*, la palma del moriche.

Las sabanas son el ambiente con la mayor extensión en Macondo, se caracteriza por tener un estrato herbáceo dominante con arbustos, arboles y palmas dispersas. De acuerdo al nivel freático del suelo y su composición florística, se identificaron cuatro tipos de sabanas: sabanas húmedas, sabanas secas, sabanas arbustivas y sabanas inundables (Blyndenstein 1967).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los inventarios en fauna se desarrollaron en los diferentes ambientes naturales de Macondo durante septiembre del 2008 y agosto del 2009. Se realizaron seis evaluaciones ecológicas rápidas (EER) tratando un grupo de flora y fauna diferente. Se contó con personal especializado para la identificación de cada grupo taxonómico. En la tabla 1, se describen las técnicas de muestreo, el tiempo empleado y las referencias bibliográficas en las cuales se basaron los muestreos.

Los ejemplares colectados de insectos y plantas fueron depositados e identificados en las colecciones del Museo Natural ANDES, Herbario Amazónico Colombiano COAH y en el Herbario

de la Pontificia Universidad Javeriana HPUJ. Las aves, mamíferos, reptiles, anfibios y peces fueron registrados e identificados por foto identificación con la ayuda de claves taxonómicas, catálogos ilustrados y listados de especies.

**Tabla 1.** Técnicas de muestreo

Grupo taxonómico	Técnicas de muestreo	Tiempo/Área	Referencia
Plantas vasculares	Estrato arbóreo : Transectos de 100 m <sup>2</sup>	2 meses (5. 400 m <sup>2</sup> )	Gentry (1982)
	Estrato herbáceo: Transectos de 40 m <sup>2</sup>		Rangel & Velázquez (1997)
	Recorridos de identificación general		Cárdenas <i>et al.</i> (2004)
Peces	Anzuelos: Peces de tallas grandes.	20 días	Maldonado-Ocampo <i>et al.</i> 1996
	Chinchorro: Peces de tallas pequeñas.		
Anfibios y Reptiles	Nasas de mano: Peces de sustratos sumergidos	20 días	Crump & Scott (1994) Heyer <i>et al.</i> (1994)
	Transectos de registro de 200 m <sup>2</sup>		
	Recorridos de foto identificación		
Aves	Observación directa con binoculares.	30 días	Villareal <i>et al.</i> (2004)
	Establecimiento de redes de niebla tipo nylon de 6 x 3 m		
Mamíferos	Roedores: Trampas de botellas.	20 días	Torres <i>et al.</i> (1998) Emmons (1997) Linares (1998)
	Quiróptera: Redes de niebla tipo nylon de 6 x 3 m.		
	Mamíferos de gran tamaño: Encuestas, búsqueda de rastros y recorridos de foto identificación		
Insectos	Coleópteros: Trampas de caída Pitfall y coleta manual con redes entomológicas.	20 días	Villareal <i>et al.</i> (2004)
	Hormigas: Trampas de caída Pitfall.		
	Mariposas: Trampas Van Somersen y coleta manual con redes entomológicas.		

## RESULTADOS

Los ambientes naturales de la zona están degradados por incendios, cultivos de coca y caza intensiva; presentan especies de flora y fauna representativas de la Orinoquía y en estado de amenaza. Los bosques de galería y morichales son los hábitats que mantienen la mayor parte de la biodiversidad, y se consideran como corredores para la dispersión de la biota silvícola y como albergue para la fauna silvestre. Las sabanas son el ambiente con la mayor extensión en la Hacienda, manteniendo una amplia y variada diversidad de especies de plantas herbáceas distribuidas a razón del nivel freático de los suelos.

A continuación se resumen por grupo taxonómico los resultados de los inventarios realizados.

### Plantas vasculares

Se registraron 219 especies, 130 géneros y 69 familias de plantas vasculares de las cuales 174 son dicotiledóneas, 42 son monocotiledóneas y tres son pteridofitos. En la tabla 2 se presentan las especies con mayor representatividad en los distintos ambientes muestreados. Las familias con mayor número de especies son Leguminosae con 16 especies, Poaceae con 15, Rubiaceae con 11 y Melastomataceae y Arecaceae con 10 y 9 especies respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 2.** Especies de plantas representativas de los hábitats presentes Hacienda Macondo

Hábitat	Especies representativas
<b>Bosques de galería</b>	Oenocarpus bataua, Protium llanorum, Protium heptaphyllum, Phenakospermum guianensis, Dendropanax arboreus, Xylopia parviflora, Euterpe precatoria, Enterolobium schomburgkii, Socratea exorrhiza, Licania heteromorpha, Abuta grandifolia
<b>Morichales</b>	Mauritia flexuosa, Alchornea triplinervia, Bellucia grossularioides, Pera arborea, Ouratea castaneifolia, Nectandra cuspidata, Siparuna sp., Inga sp., Guatteria foliosa, Vismia cayennensis, Tococa guianensis
<b>Sabanas arbustivas</b>	Byrsonima crassifolia, Curatella americana, Miconia rufecens, Paspalum sp., Miconia trinervia
<b>Sabanas húmedas</b>	Schiekia orinocensis, Adenolisianthus arboreus, Drosera aff. biflora, Kyllingia sp., Andropogon bicornis
<b>Sabanas inundables</b>	Heliconia hirsuta, Xyris jupicai, Syngonanthus sp., Mimosa sensitiva, Spermacoce sp
<b>Sabanas secas</b>	Bulbostylis lanata, Panicum sp., Irlbachia pratensis, Palicourea rigida

**Tabla 3.** Familias de plantas vasculares con mayor número de especies

Familia	# de especies
Leguminosae	16
Poaceae	15
Rubiaceae	11
Melastomataceae	10
Arecaceae	9

De las 219 especies de plantas vasculares reportadas en Macondo, se reporta la orquídea *Prosthechea vespa* incluida en el apéndice II del CITES, la cual podría estar en peligro de extinción a menos que se controle estrictamente su comercio (CITES 2008). Se destaca también la flor del Guaviare *Paepalanthus formosus* y la planta carnívora *Drosera aff. biflora*.

### Vertebrados

Los vertebrados se encuentran representados en la Hacienda Macondo por un total de 34 órdenes, 87 familias, 150 géneros y 189 especies. Los taxa con mayor número de especies son las aves con un total de 75 especies, seguido de los mamíferos con 39 especies y los peces con 36 especies (Tabla 4).

**Tabla 4.** Composición de vertebrados presentes en la Hacienda Macondo

Taxa	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Peces	6	16	24	36
Anfibios	1	4	7	9
Reptiles	3	13	25	30
Aves	16	35	65	75
Mamíferos	8	19	29	39

De las 189 especies de vertebrados registradas en la Hacienda Macondo, 21 se encuentran en riesgo de amenaza según las listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Los grupos con mayor número de especies amenazadas son los mamíferos y reptiles con 11 y 8 especies respectivamente (UICN 2008). Se encuentran como vulnerables (VU) *Priodontes maximus*, *Lagothrix lagothricha* y *Tapirus terrestris*. Casi amenazadas (NT) están *Neochen jubata*, *Campephilus gayaquilensis*, *Rhinophylla fischerea*, *Leopardus wiedii* y *Myrmecophaga tridactyla* (Tabla 5). Según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2008) figura en la categoría I en amenaza de extinción *Priodontes maximus*, la categoría II se registran 18 especies y en la Categoría III 6 especies (Tabla 5).

### Insectos

En la Hacienda Macondo se reporta un total de 53 especies de insectos, agrupados en tres órdenes, 11 familias y 23 géneros. La familia con la mayor representación de especies fue la familia Scarabaeidae (16 spp), seguida por la familia Formicidae (15 spp), la familia Apidae fue representada por la tribu Euglossini con seis especies

y de las ocho familias presentes de mariposas, dos fueron las más abundantes y frecuentes, la familia Nymphalidae y Satyridae (Tabla 6).

El género de escarabajo más frecuente en los muestreos fue *Dichotomius* sp, seguido por *Uroxys* sp, siendo este último el más abundante (28 individuos). En cuanto a la representación de hormigas, el género *Ectatoma* fue el más frecuentes en las coberturas, seguido por *Paratrechina* sp. y *Pheidole* sp. *Pheidole* sp. es claramente el género más abundante en los censos junto con *Acromyrmex* sp. (más de 100 individuos c/u) (Figura 1).

Las numerosas familias de mariposas fueron con mayor frecuencia individuos de la familia Nymphalidae representados por *Anartia jatrophae*, *Catoblastis* sp. y la familia Satyridae representada por *Magneuptichia alcione*.

Las abejas de las orquídeas muestreadas fueron identificadas con mayor frecuencia como *Eulaema nigrita* y *Eulaema cingulata*. Los especímenes del género *Euglossa* fueron muy escasos. El género *Exaerete* fue un género de este grupo que no fue capturado pero fue observado en dos de las coberturas de Macondo (Figura 1).



**Tabla 5.** Especies de vertebrados con algún riesgo de amenaza

Taxa	Familia	Especie	UICN	CITES
<b>Reptiles</b>	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	NE	II
	Teiidae	<i>Tupinambis teguixin</i>	NE	II
	Boidae	<i>Epicrates cenchria</i>	NE	II
		<i>Eunectes murinos</i>	NE	II
		<i>Corallus hortulans</i>	NE	II
	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	NE	III
		<i>Crotalus durissus</i>	NE	III
	Podocnemididae	<i>Podocnemis vogli</i>	NE	II
Alligatoridae	<i>Caiman cocrodilus</i>	LC	II	
<b>Aves</b>	Anatidae	<i>Neochen jubata</i>	NT	NR
	Picidae	<i>Campephilus gayaquilensis</i>	NT	NR
<b>Mamíferos</b>	Phyllostomidae	<i>Rhinophylla fischerea</i>	NT	NR
	Agoutidae	<i>Aguti paca</i>	LC	III
	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	LC	II
	Felidae	<i>Puma concolor</i>	LC	II
	Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>	NT	II
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	LC	III
	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>	LC	III
	Atelidae	<i>Lagothrix lagothricha</i>	VU	II
	Cebidae	<i>Cebus albifrons</i>	LC	II
	Dasypodidae	<i>Priodontes maximus</i>	VU	I
	Cebidae	<i>Saimiri sciureus</i>	LC	II
	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	LC	III
	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	NT	II
	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i>	LC	II
	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	VU	II

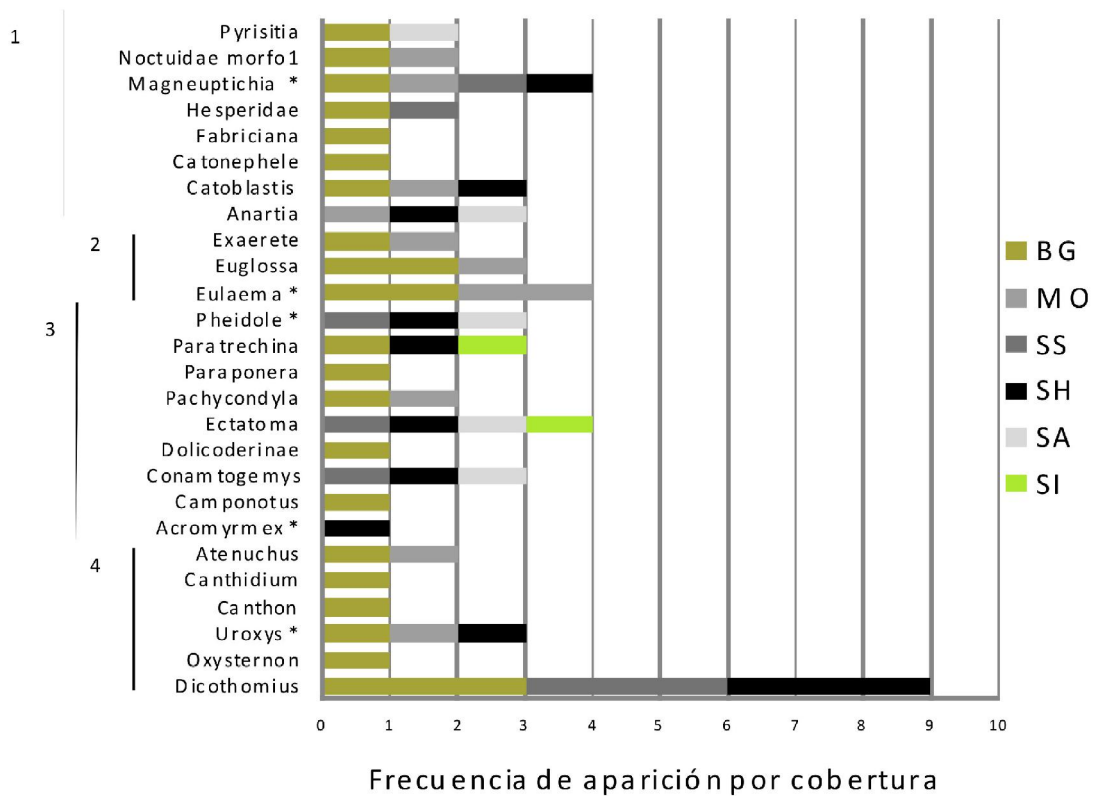
UICN. NT: Casi amenazadas VU: Vulnerables LC: Preocupación menor. NE: No evaluada. CITES. I: Amenaza de extinción. II: Incluye las especies que aunque no están en peligro de extinción, pueden llegar a estarlo. III: Especies de importancia económica, que pueden convertirse en especies amenazadas si no se regula su explotación.

**Tabla 6.** Número de especies de insectos agrupados por taxa y familia

TAXA	Familia	Número de especies
<b>Abejas</b>	Euglossinae	6
	Lycaenidae	1
	Noctuidae	2
	Pyralidae	3
	Geometridae	1
<b>Mariposas</b>	Hesperidae	2
	Satyridae	2
	Pieridae	2
	Nymphalidae	3
	Formicidae	15
<b>Hormigas</b>	Scarabaeidae	16

**Figura 1.** Los géneros más representativos, mostrando el número de veces que aparecieron en cada una de los hábitats de Macondo. Los géneros más abundantes están señalados con un asterisco (\*).

1) Mariposas, 2) Euglosinos, 3) Hormigas, 4) Coprófagos



**DISCUSIÓN**

**Composición de especies**

El número de especies de fauna y flora descrita hasta el momento en la Hacienda Macondo no es

representativo con las cifras de biodiversidad que se tienen a nivel nacional, los grupos con la mayor

representación son los mamíferos con un 8 % de las especies, las plantas y reptiles con un 6 % respectivamente, el resto de grupos taxonómicos descritos no superan el 4%. Comparando con las cifras que existen para la región Orinoquía el grupo con el mayor

aporte de especies son los mamíferos con un 38 % de las especies descritas, seguido de los reptiles con un 25.21 % y los anfibios con un 21.95 %. Los grupos taxonómicos restantes no superan el 11,65 % de especies que están descritas para la Orinoquia (Tabla 7).

**Tabla 7.** Número de especies por grupo taxonómico. Fuente: Romero et al. 2006

Zona	Plantas vasculares	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	Peces
Macondo	205	9	30	75	39	36
Colombia	3.424	733	524	1865	471	1.357
%	6%	1%	6%	4%	8%	3%
Orinoquía	2692	41	119	644	101	619
%	7,62%	21,95%	25,21%	11,65%	38,61%	5,82%

En cuanto a insectos al comparar los resultados con el estudio realizado en las selvas de Matavén en el departamento del Vichada, se muestra una buena representación en cuanto a hormigas, se describen 15 especies de las 24 descritas para

Matavén (IAVH 2007). Para escarabajos y hormigas se tiene una baja representación, tan solo se reportan 16 especies de escarabajos y 16 de mariposas comparadas con las 32 y 94 especies de mariposas y escarabajos descritas en Matavén (Tabla 8).

**Tabla 8.** Número de especies de insectos por grupo taxonómico

Zona	Escarabajos	Hormigas	Mariposas
Macondo	16	15	16
Selva de Matavén	32	24	94

A pesar que esta fue una caracterización preliminar se destacan los mamíferos, anfibios y reptiles por tener una alta representación a nivel de la región Orinoquía y Amazonía, no obstante grupos como plantas, aves, peces e insectos aun faltan por describir (Romero *et al.* 2006). Estos resultados resaltan la alta heterogeneidad de la región, reflejada en la posición biogeográfica siendo una zona de transición entre las regiones naturales de la Orinoquía y la Amazonía (Fernández C. 2004).

Prioridades de conservación

Para la mayor parte de los grupos taxonómicos descritos en la Orinoquía se desconocen muchos aspectos acerca de su biología y distribución, lo cual ha dificultado proponer especies en riesgo de amenaza siendo los mamíferos el grupo con el

mayor nivel de conocimiento en estos aspectos (Correa *et al.* 2006).

Macondo presenta 8 especies de fauna con algún riesgo de amenaza, siendo los mamíferos el grupo con el mayor número de especies en riesgo con 6 especies respecto a las 26 descritas como amenazadas en la Orinoquía, esto representa un valor del 23 % del total de especies amenazadas para toda la Orinoquía (UICN 2008, Correa et al. 2006). En aves se tienen dos especies en riesgo de amenaza (11 %) respecto a las 18 especies descritas para la Orinoquía. Para reptiles, peces y plantas no se ha encontrado hasta el momento ninguna especie amenazada debido al bajo número de especies reportadas hasta el momento (Tabla 9).

**Tabla 9.** Número de especies en las diferentes categorías de amenaza de la UICN

<b>Categoría de amenaza</b>	<b>Aves</b>	<b>Mamíferos</b>	<b>Reptiles</b>
<b>Peligro crítico (CR)</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
Macondo	0	0	0
<b>En Peligro (EN)</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Macondo	0	0	0
<b>Vulnerable (VU)</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>0</b>
Macondo	0	3	0
<b>Casi amenazada (NT)</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
Macondo	2	3	0
<b>Total Orinoquia</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>8</b>
<b>Total Macondo</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>% spp. Amenazadas</b>	<b>11%</b>	<b>23%</b>	<b>0%</b>

En cuanto a las categorías propuestas por CITES se registran 24 especies en alguna de estas categorías, en amenaza de extinción (categoría I) figura la especie *Priodontes maximus* (Ocarro), la

cual se distribuye en los bosques de galería y en ocasiones es visto en las sabanas. Al ser un animal grande y lento es una presa fácil para los cazadores indígenas y colonos (Tabla 10).

**Tabla 10.** Grupos taxonómicos en reportados en las categorías CITES.

<b>Categoría</b>	<b>Plantas</b>	<b>Aves</b>	<b>Mamíferos</b>	<b>Reptiles</b>	<b>Total</b>
<b>I</b>	0	0	1	0	<b>1</b>
<b>II</b>	1	0	10	7	<b>17</b>
<b>III</b>	0	0	4	2	<b>6</b>

Se reportan 17 especies que pueden llegar a estar en peligro de extinción (categoría II), dentro de estas 17 especies se destacan por ser objeto de amenaza en la zona los felinos *Puma concolor* y *Leopardus wiedii* y por ser comercializados los monos *Cebus albifrons* y *Saimiri sciureus*. En cuanto

a especies con importancia económica que pueden llegar a estar en riesgo de extinción (Categoría III) se reportan 6 especies de las cuales se destacan el *Aguti paca* (*Iapa*) y *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca) las cuales son fuertemente cazados por su carne (Tabla 10).

**AGRADECIMIENTOS**

A Carlos Hernández por su trabajo con insectos. A Carolina Almansa por su trabajo con anfibios, reptiles y mamíferos. Se agradece en especial a Dairon Cárdenas

y Jorge Jácomen por permitir la consulta de los Herbarios COAH Y HPUJ. Al museo natural Andes por permitir la revisión de las colecciones entomológicas.

**REFERENCIAS**

Blyndenstein, J. Tropical sabana vegetation of llanos of Colombia. Ecology 1967; 48: 1 - 15.

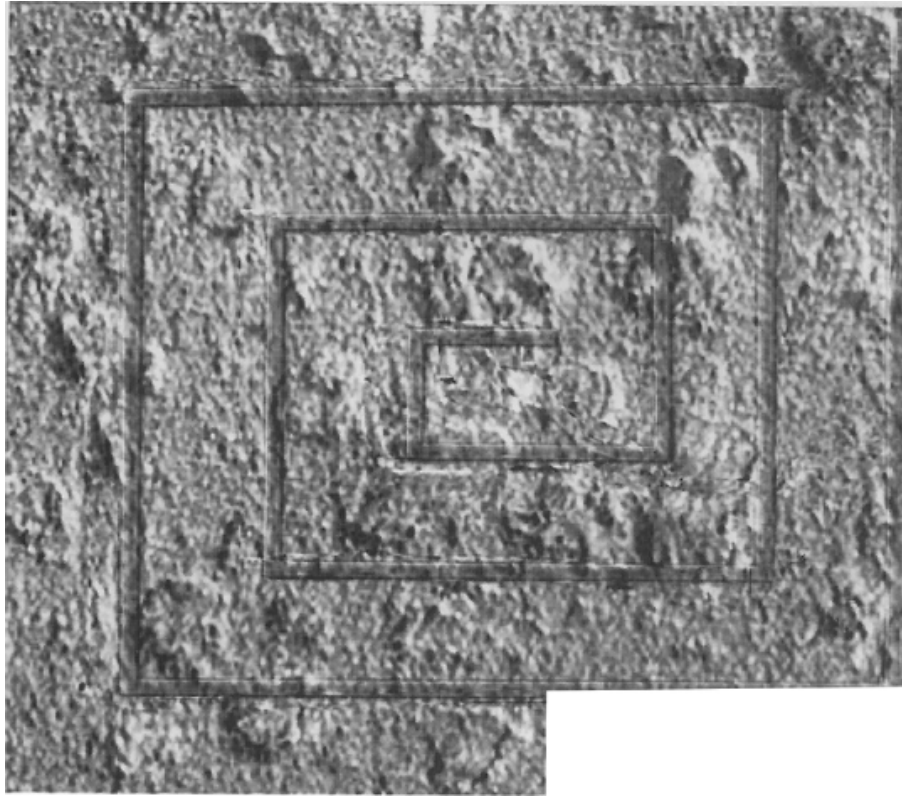
Cárdenas; D, C. Marín & R. López .2004. Experiencia piloto de zonificación forestal en el corregimiento de Tarapacá (Amazonas). Instituto Amazónico de investigaciones científicas SINCHI. Bogotá D.C. 144 p.

CITES. 2008. Base de datos de especies de la CITES. Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. [www.cites.org/esp/resources/species.html](http://www.cites.org/esp/resources/species.html). Consulta: 28 enero 2009.

CORMACARENA.2007. Plan De acción trienal 2007-2009. Corporacion para desarrollo sostenible del área de manejo especial la Macarena. 167 P.

- Correa, H. D, Ruiz, S. L. y Arevalo, L. M. (eds) 2005. Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco - Colombia / 2005 - 2015 - Propuesta Técnica. Bogotá D.C.: Corporinoquia, Cormacarena, I.A.v.H, Unitropico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ -Colombia. 273 p.
- Emmons, L. H. Geographic variation in densities and diversities of non-flying mammals in Amazonia. *Biotropica* 1984; 16: 210-222.
- Fedepalma & RSPO, 2006. Principios y Criterios RSPO para la producción sostenible de aceite de palma. Documento guía. 37 p.
- Fernández C., M. A.-C. (2004). Insectos de Colombia Vol 3. Bogotá:Unilibros. Universidad Nacional de Colombia.
- Gentry, H. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 1982;15: 1-84.
- Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2007. Caracterización de la biodiversidad de la Selva de Matavén, Vichada. Informe final interno. Bogotá, Colombia. 410 p.
- Maldonado-Ocampo, Ortega Lara Armando. et al. .julio del 2005. Peces de los Andes de Colombia. Guía de Campo, primera edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Linares, O. 1998. Mamíferos de Venezuela. Cuadernos Lagoven. Conservacionista Audubon de Venezuela, Caracas. 119 p.
- Rangel, O & Velásquez, A. 1997. Métodos de estudio de vegetación. 59 - 87 pp en: Rangel o, Lowy P, Aguilar M. Colombia Diversidad Biotica II. Universidad Nacional de Colombia Bogotá - Colombia. D.C., Colombia. 346 p.
- Romero M., Cabrera E. Ortiz N. 2008. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C, Colombia. 181 p.
- Torres, I., Bosch, M. & A. Arrizabalaga. Botellas de uso domestico como trampas selectivas para micro mamíferos. *Galemys*, 1998; 10 (2):53-59.
- UICN. 2008. Listas rojas de especies amenazadas. Unión internacional para la conservación de la naturaleza. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/141464/0>. Consulta: 3 febrero 2009.
- Villareal H., Alvarez, S. Cordoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina Y A.M. Umana. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programas de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.





RECURSOS FLORÍSTICOS

# **ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE BOSQUES DE GALERÍA EN UNA SABANA ESTACIONAL DE LOS LLANOS ORIENTALES COLOMBIANOS (RESERVA TOMO GRANDE, VICHADA)**

## **Structure and diversity of riparian forests in a seasonal savanna of the Llanos Orientales Colombianos (Tomo Grande Reserva, Vichada)**

Diego F. Correa-Gómez<sup>1</sup>, Pablo R. Stevenson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biólogo Universidad Nacional de Colombia. Candidato MSc. Ciencias Biológicas  
Universidad de los Andes, Colombia

<sup>2</sup> Ph.D Interdisciplinary Doctoral Program in Anthropological Sciences, State University of New York at  
Stony Brook. Profesor Asociado Universidad de los Andes, Colombia.  
Email: pstevens@uniandes.edu.co

Laboratorio de Ecología de Bosques Tropicales y Primatología LEBTYP, Centro de Investigaciones Ecológicas de la Macarena CIEM, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

### **RESUMEN**

Los bosques de galería de los Llanos Orientales colombianos son importantes reservorios de biodiversidad a nivel mundial, como resultado de la poca superficie ocupada y de su alta heterogeneidad estructural y funcional. Sin embargo, hasta la fecha no se reportan parcelas permanentes de una hectárea sobre bosques de galería de sabanas estacionales de los Llanos Orientales colombianos. En este estudio se muestra la información de la diversidad y estructura de la vegetación de tres hectáreas de bosques de galería maduros asociados a tres cursos de agua que desembocan en el río Tomo (Reserva Tomo Grande, municipio de Santa Rosalía, departamento de Vichada), analizando la diversidad (alfa de Fisher) y fisionomía (estructura vertical, índice de valor de importancia IVI, volumen de madera por clases diamétricas), y además la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total para los individuos muestreados exceptuando palmas. Se incluyeron árboles, hemiepífitas y trepadoras con DAP mayor o igual a 10 cm. En total se encontraron 120 especies, y una diversidad baja en comparación con parcelas de la Amazonía ( $\alpha$ -Fisher promedio=27,0), lo que se relaciona con la menor área ocupada por los bosques de galería en relación con grandes bloques amazónicos. Sin embargo, las familias más abundantes (Arecaceae, Annonaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae, Moraceae, Burseraceae, Fabaceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae) coinciden con las familias más abundantes de parcelas iguales o mayores a una hectárea de la Amazonía, a excepción de Bignoniaceae, lo que muestra la similitud entre la flora

llanera y amazónica. La mayor parte de las especies mostró una dominancia local (alto IVI), en comparación con parcelas realizadas sobre otros bosques de galería y el Amazonas, lo que indica que a pesar de la cercanía, podrían existir diferencias biogeográficas, climáticas, geológicas y/o bióticas que afectan el reclutamiento de especies.

**Palabras clave:** Orinoquía, Parcelas permanentes, Diversidad, IVI, Composición.

## ABSTRACT

Gallery forests of the Colombian Eastern Plains are important reservoirs of global biodiversity as a result of the small area occupied and its high structural and functional heterogeneity. However, to date there are no one-hectare permanent plots reported in the gallery forests of the seasonal savannas of the Colombian Eastern Plains. This study provides information about the diversity and vegetation structure of three hectares of mature gallery forests associated to three waterways that flow into the Tomo River (Tomo Grande Reserve, municipality of Santa Rosalia, department of Vichada), through the analysis of diversity (Fisher's alpha) and physiognomy (vertical structure, the importance value index IVI, timber volume by diameter class) and also the relation between the diameter at breast height (DBH) and total height for the individuals measured except palms. We included trees, vines and hemiepiphytes with DBH greater than or equal to 10 cm. A total of 120 species were found, and a low diversity compared with Amazon plots ( $\alpha$ -Fisher mean=27.0), which is related to a reduced area occupied by gallery forests in relation to large Amazon blocks. However, the most abundant families (Arecaceae, Annonaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae, Moraceae, Burseraceae, Fabaceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae and Lauraceae) match the most abundant families of Amazon plots, except for Bignoniaceae, fact that shows the similarity between the Llanos and the Amazonian flora. Most species showed local dominance (high IVI), compared with plots placed on other gallery forests and in the Amazon, which indicates that despite the closeness, there may be biogeographic, climatic, geologic and biotic differences that may affect the successful recruitment of species in each area.

**Key words:** Orinoco, Permanent plots, Diversity, IVI, Composition.

## INTRODUCCIÓN

Las sabanas naturales evolucionaron antes de la aparición del ser humano, en áreas tropicales sujetas a quemadas periódicas, con una estación seca marcada, y en suelos muy pobres en nutrientes minerales (Sarmiento, 1994). La vegetación arbórea está entonces en su mayor parte restringida a áreas sin déficit de agua a lo largo del año (Sarmiento & Vera, 1977; D'Jesus *et al.*, 2001) y sin suficiente biomasa seca que permita la propagación de incendios (Sarmiento & Silva, 1997), lo que conlleva a la acumulación de nutrientes (Hernández-Valencia & López-Hernández, 2002) y materia orgánica (Soler *et al.*, 2008).

La región de los Llanos Orientales colombianos, que se extiende hasta Venezuela, abarca casi 50 millones de hectáreas (Sarmiento, 1994), y se ubica en un gradiente de precipitación con valores máximos hacia

el piedemonte de la Cordillera Oriental colombiana y mínimos hacia la región venezolana (Hernández & Sánchez, 1994). Por lo tanto, los Llanos Orientales colombianos son más húmedos, presentando más de 2000 mm de precipitación en la mayor parte del territorio. La variedad en niveles de precipitación, unido a las condiciones de humedad e inundación, y a las características del suelo, aumenta la complejidad de las formaciones vegetales y crea un mosaico de bosques a lo largo de la región de los Llanos (Sarmiento 1994), pudiendo ser deciduos, semideciduos o siempreverdes (D'Jesus *et al.*, 2001; Dezzeo *et al.*, 2008), o estar asociados con sabanas arboladas, y sabanas abiertas estacionales, hiperestacionales o semiestacionales (Hernández & Sánchez, 1992). Esta heterogeneidad estructural y funcional, sumada a la poca superficie ocupada, y a la importancia para

conservación de suelos, aguas y especies (Dezseo *et al.*, 2008), hace de los bosques de galería elementos clave para la conservación de la biodiversidad en Colombia y Venezuela (Rincón, 2003; Ruiz, 2004), y a nivel mundial (WWF, 1998).

Para medir la estructura y dinámica de estos bosques, hacer monitoreos a largo plazo, y además poder comparar con otras investigaciones, es necesario hacer parcelas permanentes (Vallejo-Joyas *et al.*, 2005). Desde 1956 los bosques de los Llanos de Venezuela cuentan con parcelas permanentes de 0,25 hectáreas (Veillon, 1985), y recientemente se han realizado 34 parcelas permanentes de una hectárea (D' Jesús *et al.*, 2001). Por el contrario, hasta antes del 2005, los Llanos Orientales colombianos no tenían parcelas permanentes (Vallejo-Joyas *et al.*, 2005). Aunque en el 2005 (Stevenson & Aldana, 2008) y en el 2009 (datos sin publicar) se realizaron tres parcelas permanentes de una hectárea sobre bosques de galería del municipio de San Martín, departamento del Meta, la presencia

de un remanente boscoso superior a 990 hectáreas en la Finca Pampas, sumado a suelos fértiles y vegetación arbustiva densa en potreros abandonados, hace suponer que el área tenía bosque húmedo tropical bh-T (Holdridge, 1967) antes de la llegada de los colonizadores. Por lo tanto, las tres parcelas permanentes realizadas en el presente estudio son las primeras sobre bosques de galería de sabanas estacionales colombianas.

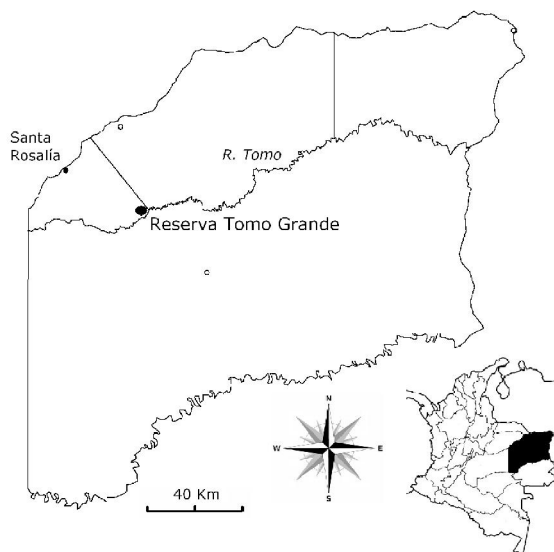
A continuación se muestra la información de la diversidad y estructura de la vegetación de tres hectáreas de bosques de galería maduros asociados a tres cursos de agua que desembocan en el río Tomo, en la región de la altillanura colombiana. Se analiza la diversidad (alfa de Fisher), y fisionomía (estructura vertical, índice de valor de importancia IVI, volumen de madera por clases diamétricas) de las tres parcelas, y además la relación entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total para los individuos medidos exceptuando palmas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en la Reserva Tomo Grande (municipio de Santa Rosalía, Vichada) (Fig. 1), entre el 15 de marzo y el 15 de julio de 2009, durante la transición

entre el período de sequía y el máximo de lluvias. La Reserva Tomo Grande se encuentra en el área de desembocadura entre el río Tomo y el Caño Grande, dentro de la vereda Nazareth.



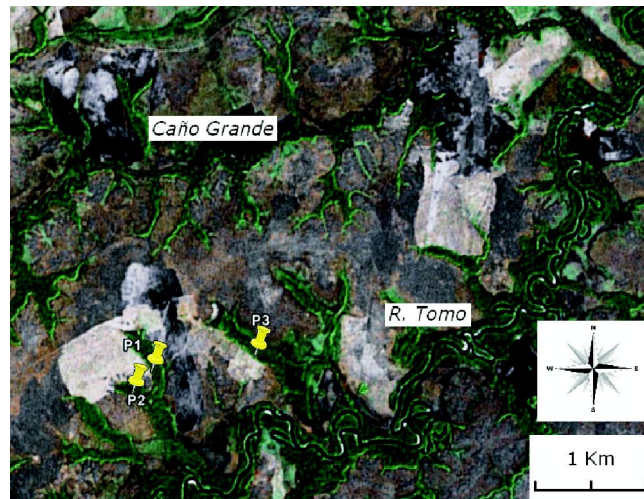
**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio en el municipio de Santa Rosalía, departamento de Vichada, Colombia

La zona se encuentra en la altillanura disectada de los Llanos Orientales (Hernández & Sánchez, 1992), y siguiendo la clasificación de Holdridge (1967) el área corresponde a bosque húmedo tropical bh-T, con una temperatura anual promedio mayor a 24°C y precipitaciones mayores a 2000 mm. Sin embargo de acuerdo con Hernández & Sánchez (1992), corresponde al pedobioma de sabana tropical estacional, caracterizado por sabanas extensas y vegetación boscosa restringida a bosques de galería (pedobiomas freatófitos), con una marcada temporada seca en el año y ocurrencia de quemadas periódicas. La temperatura media anual oscila entre 24,5 y 27°C, por lo que es isomegatérmico (Hernández & Sánchez, 1994), y las estaciones cercanas Las Gaviotas, sobre el caño Urimica (Vichada), y Carimagua, sobre el río

Muco (Meta), registran un promedio anual igual a 2673 y 2323 mm respectivamente (Hurtado *et al.*, 2001). El régimen de precipitación es monomodal, con un máximo de lluvias hacia mediados de año.

### Fase de campo

Por medio de fotografías de satélite del programa Google Earth Pro 4.2 se buscaron bosques de galería con un ancho mayor a 100 m, para hacer parcelas cuadradas de una hectárea cada una (100x100 m). Se trazaron tres parcelas al azar, para un total de tres hectáreas, en bosques de galería maduros no inundables de caños que desembocan en el río Tomo (Fig. 2). Las parcelas se ubicaron en un rango entre 110 y 140 m de altitud.



**Figura 2.** Imagen satelital de la Reserva Tomo Grande, en los Llanos Orientales colombianos, tomada a partir de Google Earth Pro 4.2. Se muestran las parcelas establecidas: Parcela 1 (P1), Parcela 2 (P2) y Parcela 3 (P3)

Para la elaboración de las parcelas se siguió la metodología propuesta por Vallejo-Joyas *et al.* (2005). Cada 20 m se colocaron tubos de PVC de 1 m de longitud, cada 10 m de 50 cm de longitud, y se conectaron con hilo de polipropileno. La dirección se trazó con una brújula, y la pendiente se corrigió con ayuda de un clinómetro. Cada árbol, hemiepífita y trepadora con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm se numeró con una placa de aluminio, marcando la zona de medición del DAP con pintura tipo esmalte. El DAP se midió a 1,3 m de altura, excepto cuando se encontraron raíces zanconas, o un fuste irregular, acanalado o deforme. Se tomaron

muestras de los individuos numerados, y se calculó la altura del fuste (hasta la primera rama viva) y la altura total con ayuda de un clinómetro o por estimación visual.

### Análisis de datos

Las muestras botánicas se determinaron en el Laboratorio de Ecología de Bosques Tropicales y Primatología (LEBTYP) de la Universidad de los Andes, comparando con los herbarios virtuales del Jardín Botánico de Chicago, Kew, Nueva York y Missouri, y con el Herbario Nacional Colombiano (COL) y Amazónico Colombiano (COAH). La determinación de



las familias se hizo siguiendo la información presente en el Angiosperm Phylogeny Website (APWEB). Las colectas fértiles se encuentran depositadas en el Herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad de los Andes (ANDES), en el Herbario Nacional Colombiano (COL) y en el Herbario Amazónico Colombiano (COAH), bajo los números de colección del primer autor.

Por medio del programa EstimateS 8.2 se realizó una curva de acumulación de especies (estadístico Mao Tau) para el total de parcelas y para cada parcela, tomando a los cuadrantes de 20 x 20 m como las muestras, y usando el programa Biodiversity Pro 2.0 se calculó la diversidad alfa de Fisher (Fisher *et al.*, 1943) por parcela, que independientemente de la escala es un indicador eficiente de la diversidad (Condit *et al.*, 1998; Schulte *et al.*, 2004). Se calculó la frecuencia de aparición de cada especie con base en el total de cuadrantes de 20 x 20 m en que se encontró cada una, y se realizaron curvas rango-abundancia en escala logarítmica (base 10).

La estructura vertical de cada parcela se determinó siguiendo la ley de Sturges  $C=(X_{max}-X_{min})/m$ , en donde C es la amplitud del intervalo,  $X_{max}$  es la máxima altura encontrada,  $X_{min}$  es la menor altura encontrada, y m es el número de intervalos.  $m=1+3.3(\log n)$ , en donde n es el número total de registros (Rangel-Ch. & Velázquez, 1997). Para disminuir a la mitad el número de intervalos,

## RESULTADOS

Las curvas de acumulación de especies (Fig. 3) muestran que una hectárea se acerca a ser representativa para obtener los valores de diversidad real en los tres bosques de galería estudiados, especialmente para la Parcela 3. No hubo diferencias marcadas entre las curvas. Como es de esperar, al unir los valores de las tres parcelas la representatividad aumenta, por lo que se puede considerar que tres hectáreas son las mínimas necesarias para encontrar el valor real de la diversidad de bosques de galería no inundables de la región noroccidental del departamento de Vichada.

se colapsaron los pares adyacentes de clases de altura. Por parcela se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para cada especie (en Rangel-Ch. & Velázquez 1997), que por parcela tiene un máximo valor de 300.  $IVI = \text{Densidad relativa (\%)} + \text{Dominancia relativa (\%)} + \text{Frecuencia relativa (\%)}$ , en donde Densidad relativa (%) =  $N^{\circ}$  de individuos de la especie/ $N^{\circ}$  total de individuos\*100, Dominancia relativa (%) = Área basal de la especie/área basal total\*100, Frecuencia relativa (%) = Número de submuestras en que se repite la especie/número total de submuestras\*100. Las submuestras correspondieron a los cuadrantes de 10x10 realizados.

Se calculó el volumen aproximado de madera de cada parcela con base en la altura del fuste y área basal, y se calculó el número de individuos dentro de siete clases diamétricas de 10 cm de ancho.

Para determinar la relación existente entre el DAP y la altura total se hizo un análisis de regresión lineal simple para el total de individuos, tomando como variable respuesta la altura total, por medio del programa SPSS 15.0. Se excluyeron las palmas del análisis, pues en la mayoría de las especies el máximo ensanchamiento del tallo ocurre antes de su elongación (Henderson, 2002). Adicionalmente se hizo un análisis de regresión lineal simple para las tres especies más abundantes distintas a palmas: *Jacaranda copaia*, *Bocageopsis multiflora* y *Pseudolmedia laevis*.

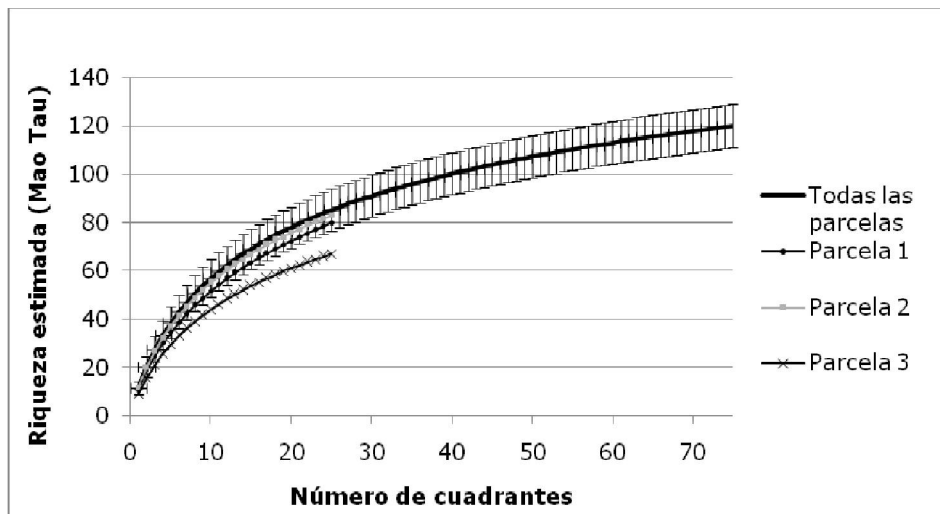
### Diversidad y curvas de acumulación de especies

En total se encontraron 120 especies (Anexo 1). 115 especies fueron árboles (95,8%), tres especies fueron trepadoras tipo lianas, una especie hemiepífita leñosa y una especie hemiepífita estranguladora. Las familias con mayor cantidad de especies correspondieron a Fabaceae (S=13), seguida por Annonaceae y Lauraceae (S=8), Arecaceae y Rubiaceae (S=7), y Euphorbiaceae (S=6). Las familias con mayor cantidad de individuos correspondieron a Arecaceae (16,5% del total de individuos muestreados), Annonaceae (12,7%),

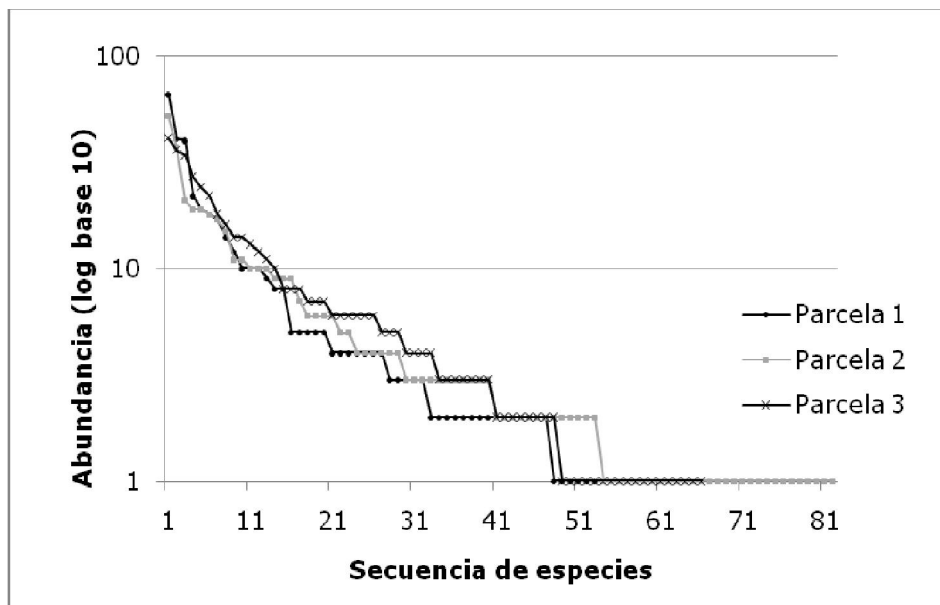
Rubiaceae (7 %), Bignoniaceae (6,5 %), Moraceae (6,3 %), Burseraceae (5,9 %), Fabaceae (5,1 %), Chrysobalanaceae (5 %), Euphorbiaceae (4,8 %) y Lauraceae (4,6 %), conteniendo el 74,3 % del total de individuos muestreados.

La mayor diversidad se encontró en la Parcela 2 ( $\alpha$ -Fisher=30,6), seguida por la Parcela 1 y la Parcela 3 ( $\alpha$ -Fisher=28,8 y 21,6 respectivamente), como resultado

de la mayor cantidad de especies (S=83 vs. 80 y 67 respectivamente). Las parcelas 1 y 2 presentaron las comunidades menos equitativas (Fig. 4), por la alta dominancia de *Jacaranda copaia*, *Bocageopsis multiflora* y *Attalea maripa* en la Parcela 1 (15,2%; 9,4% y 9,2% del total de individuos respectivamente) y de *A. maripa* y *Tetragastris panamensis* en la Parcela 2 (12,1 % y 8,6 % del total de individuos respectivamente).



**Figura 3.** Curvas de acumulación de especies para las tres parcelas establecidas en los Llanos Orientales colombianos (estadístico Mao Tau). Se toman como muestras los cuadrantes de 20x20 m. Se muestran el intervalo de confianza (valores máximos y mínimos) para la línea de todas las parcelas

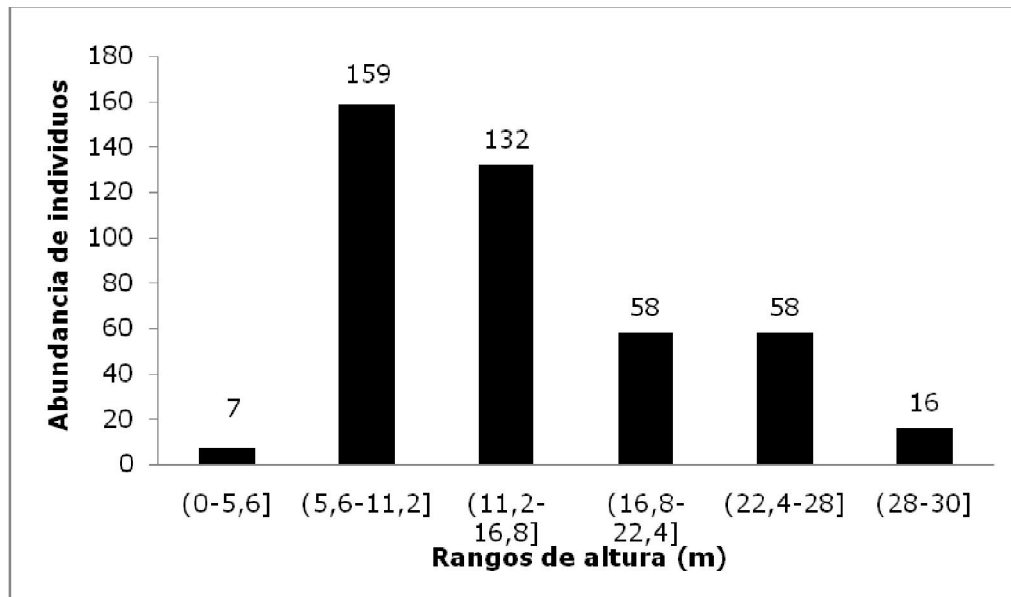


**Figura 4.** Curvas rango abundancia para las parcelas establecidas

Las especies más abundantes entre todas las parcelas correspondieron a *A. maripa*, *J. copaia*, *B. multiflora* y *Pseudolmedia laevis* (8,3 %; 6,3 %; 6,1 % y 5,7 % del total de individuos muestreados respectivamente). Las especies con mayor frecuencia de aparición correspondieron a *A. maripa* (65,3 % del total de cuadrantes de 20x20 m.), seguido por *B. multiflora* (54,7 %) y *P. laevis* (50,7 %).

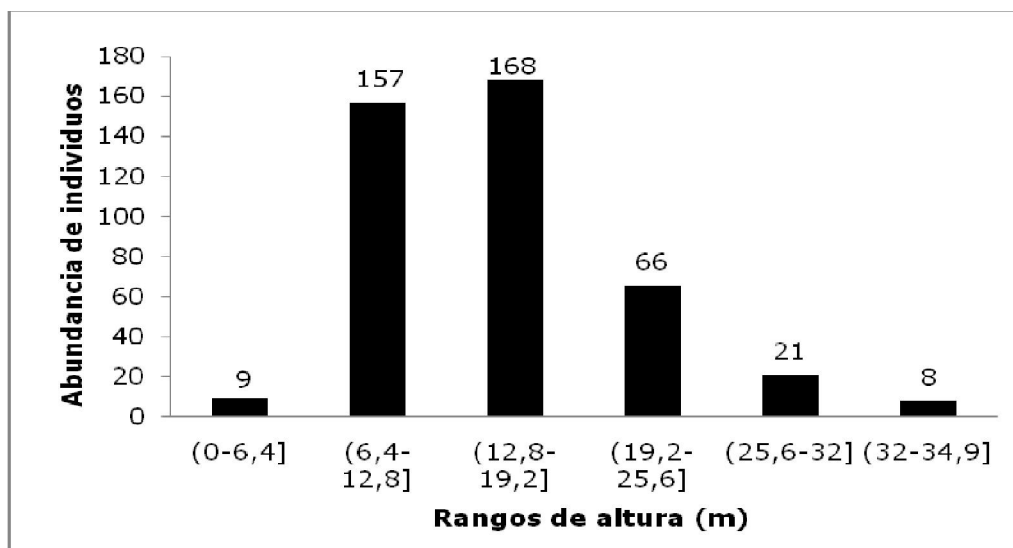
#### Fisionomía

La mayor cantidad de individuos se encontró en el segundo y tercer intervalo, entre 5,6 y 16,8 m de altura (67,7 % del total de individuos en la Parcela 1), y entre 6,4 y 19,2 m de altura (75,8 % en la Parcela 2 y 80,4 % en la Parcela 3) (Figs. 5, 6 y 7).



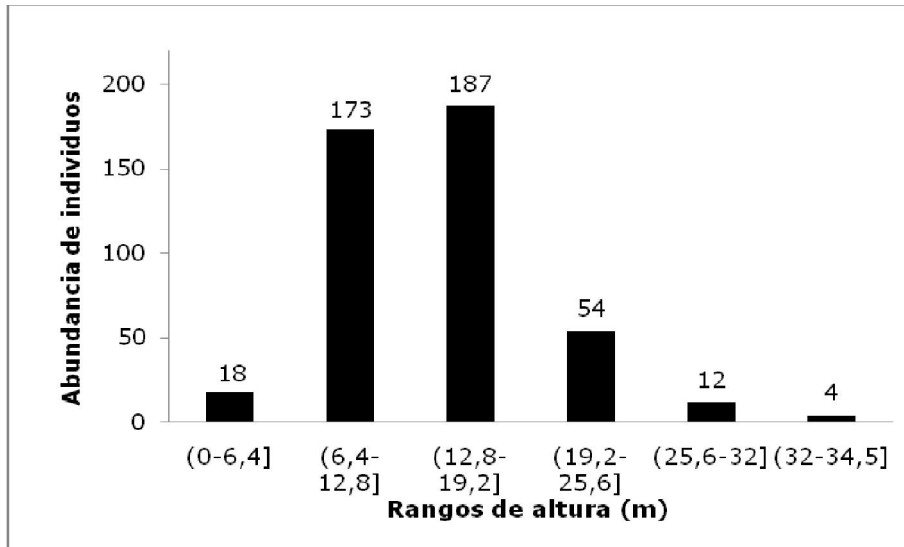
**Figura 5.** Rangos de altura para la Parcela 1.

En la parte superior de las columnas se muestra el número de individuos



**Figura 6.** Rangos de altura para la Parcela 2.

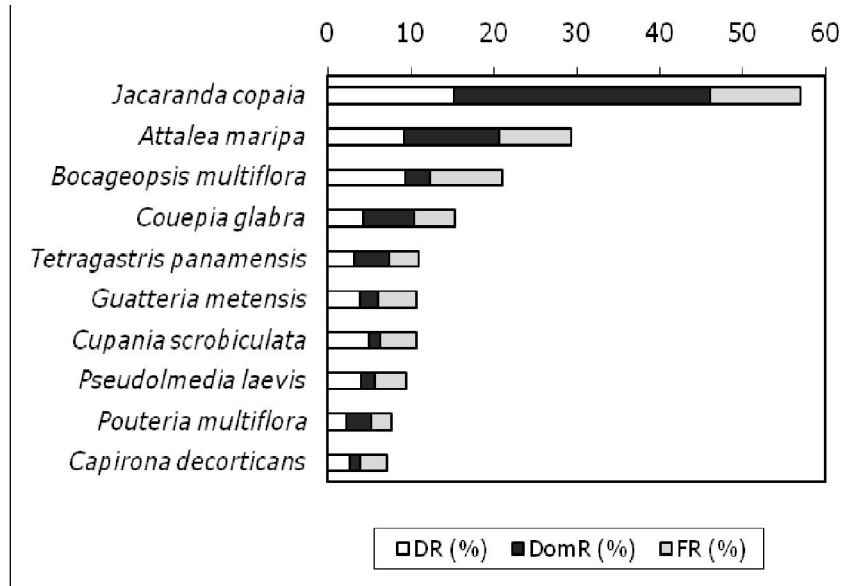
En la parte superior de las columnas se muestra el número de individuos



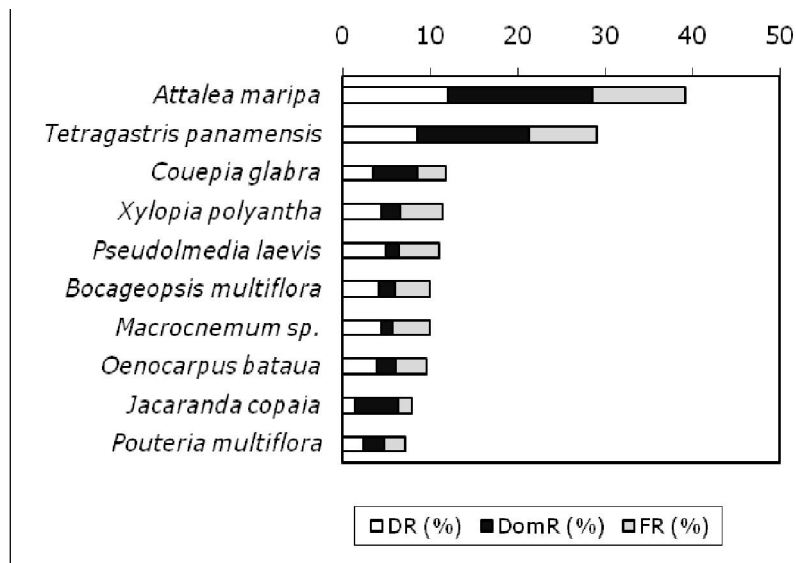
**Figura 7.** Rangos de altura para la Parcela 3. En la parte superior de las columnas se muestra el número de individuos

Las especies con el mayor valor IVI en la Parcela 1 correspondieron a *J. copaia*, *A. maripa* y *B. multiflora*, con valores de 57; 29,4 y 21,1 respectivamente (Fig. 8). En la Parcela 2 correspondieron a *A. maripa*, *T. panamensis* y *Couepia glabra*, con valores de 39,2; 29

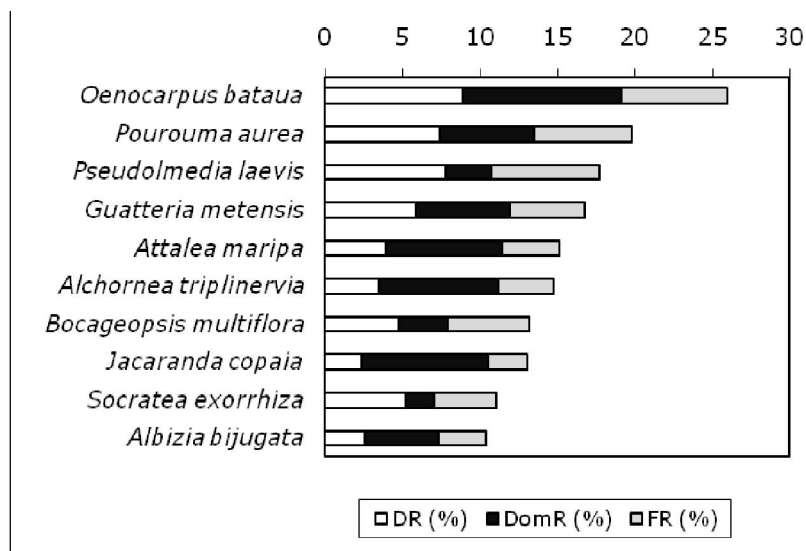
y 11,8 respectivamente (Fig. 9), y en la Parcela 3 correspondieron a *Oenocarpus bataua*, *Pourouma aurea* y *P. laevis*, con valores de 26; 19,8 y 17,8 respectivamente (Fig. 10).



**Figura 8.** Especies con los mayores valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) para la Parcela 1. Densidad relativa (DR%), dominancia relativa (DomR%) y frecuencia relativa (FR%)



**Figura 9.** Especies con los mayores valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) para la Parcela 2. Densidad relativa (DR%), dominancia relativa (DomR%) y frecuencia relativa (FR%)



**Figura 10.** Especies con los mayores valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) para la Parcela 3. Densidad relativa (DR%), dominancia relativa (DomR%) y frecuencia relativa (FR%)

La disminución en clases diamétricas es gradual, y en la Parcela 3 no se encontraron árboles con DAP mayor a 60 cm (Tabla 1). El mayor volumen estimado de madera se encontró en la Parcela 1 (222,2 m<sup>3</sup>), seguido por la Parcela 2 y la Parcela 3.

#### Relación diámetro y altura

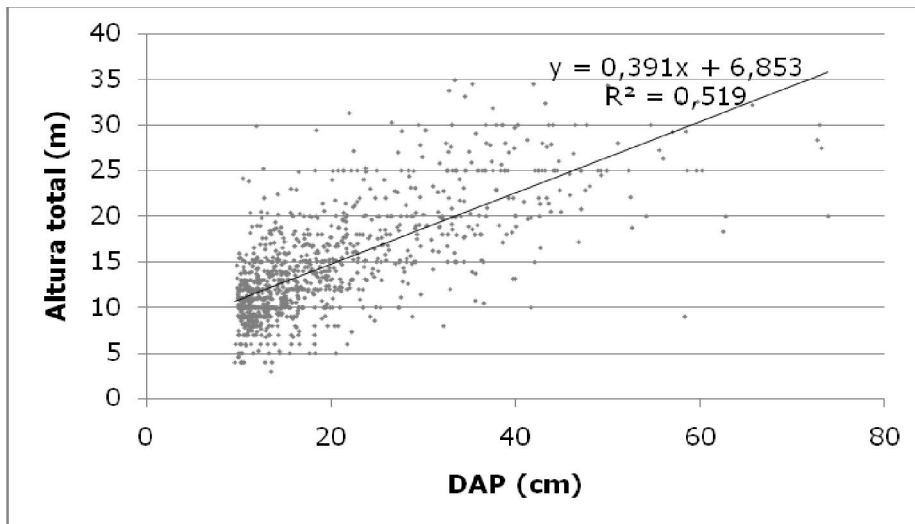
Se encontró que el DAP explica la altura total para todos los individuos medidos exceptuando palmas ( $R^2=0,519$ ;  $p<0,001$ ;  $gl=1;1094$ ) (Fig. 11), así como para



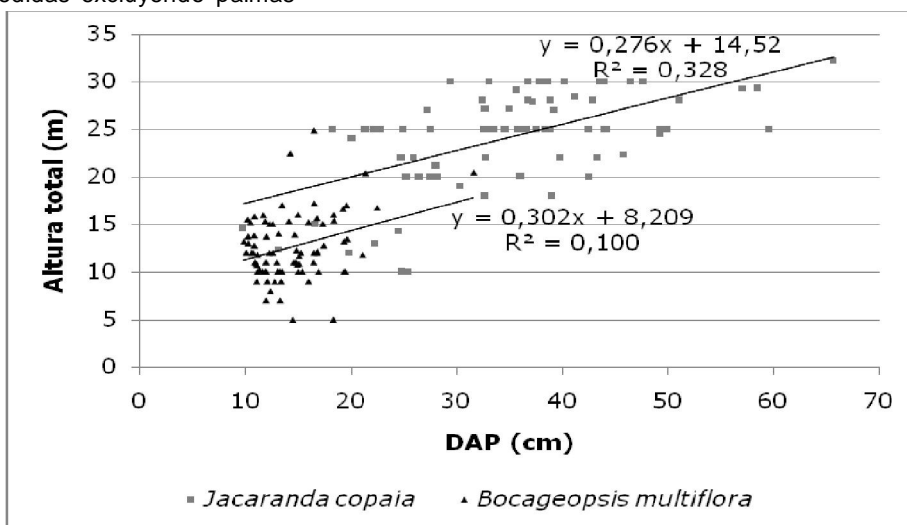
las especies más abundantes *J. copaia* ( $R^2=0,328$ ;  $gl=1;79$ ) (Fig. 12) y *P. laevis* ( $R^2=0,315$ ;  $p<0,001$ ;  $gl=1;73$ )  $p<0,001$ ;  $gl=1;80$ ), *B. multiflora* ( $R^2=0,100$ ;  $p=0,003$ ; (Fig. 13).

**Tabla 1.** Volumen de madera (m<sup>3</sup>) estimado por clase de diámetro (cm) para las tres parcelas

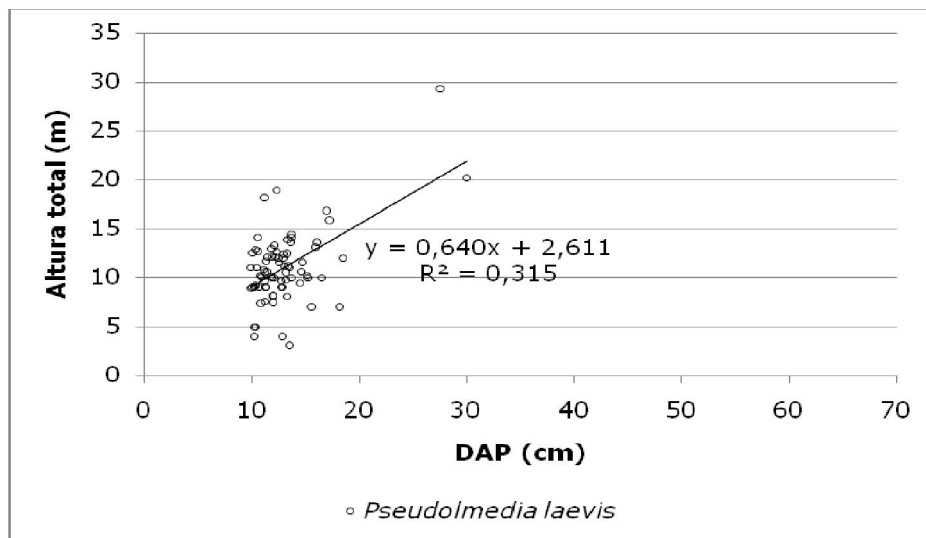
Clase diamétrica	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Total
(10-20]	25,2	26,8	31,1	83,1
(20-30]	42,5	45,8	39,7	128,0
(30-40]	70,5	39,0	33,5	142,9
(40-50]	56,1	15,9	19,8	91,8
(50-60]	14,0	17,0	7,7	38,7
(60-70]	3,4	9,5		13,0
(70-80]	10,4	6,0		16,4
Total	222,2	159,9	131,8	513,9



**Figura 11.** Regresión lineal entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total para el total de las especies medidas excluyendo palmas



**Figura 12.** Regresión lineal entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total para las especies más abundantes *Jacaranda coapia* y *Bocageopsis multiflora*



**Figura 13.** Regresión lineal entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total para la especie *Pseudolmedia laevis*

## DISCUSIÓN

En comparación con las parcelas de tres hectáreas Santa Rosa, La Lindosa (Stevenson & Aldana, 2008) y Pampas (datos sin publicar), realizadas en el municipio de San Martín (Meta), la riqueza encontrada en las parcelas de Vichada fue menor ( $S=165$  vs. 120 respectivamente). Esta mayor riqueza es el resultado de la realización de la parcela Pampas ( $S=101$ ,  $\alpha$ -Fisher=39,8) dentro de uno de los mayores fragmentos de la región (aproximadamente 990 hectáreas), lo que concuerda con la teoría de encontrar mayor diversidad de árboles a mayor área actual e histórica de bosque (Rosenzweig, 1995; Fine & Ree, 2006). Los menores valores de diversidad se encontraron en las parcelas Santa Rosa y La Lindosa ( $\alpha$ -Fisher=18,9 y 17,1 respectivamente), las cuales hacen parte de bosques de galería severamente fragmentados y más angostos que los bosques de galería de Vichada.

Si se compara la diversidad de las parcelas de Vichada y San Martín ( $\alpha$ -Fisher promedio=27,0 y 25,3 respectivamente) con siete parcelas de una hectárea realizadas sobre la región de bosques continuos de Tinigua, cerca a la Serranía de la Macarena (Meta) (Stevenson *et al.*, 2004), se llega a la misma conclusión, de encontrar mayor diversidad en áreas mayores de bosque ( $\alpha$ -Fisher promedio=48,3). De manera similar, la diversidad encontrada en Vichada tiene valores bajos

en comparación con parcelas de la Amazonía (Ter Steege *et al.*, 2000), lo que podría relacionarse con la menor área ocupada por los bosques de galería en relación con grandes bloques amazónicos.

Las familias con mayor cantidad de individuos (Arecaceae, Annonaceae, Rubiaceae, Moraceae, Burseraceae, Fabaceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae) coinciden con las familias más abundantes de parcelas iguales o mayores a una hectárea de la Amazonía (Ter Steege *et al.*, 2000), mientras que la alta abundancia de la familia Bignoniaceae parece ser local. Lo anterior muestra que la composición a nivel de familias de los bosques de galería de Vichada es similar a la encontrada en bosques amazónicos, sobre todo a los de la región occidental, por la alta abundancia de la familia Arecaceae y Moraceae (Terborgh & Andresen, 1998; Ter Steege *et al.*, 2000), y la alta riqueza de la familia Arecaceae (Kahn & de Granville, 1992). De manera similar, en las 0,3 hectáreas de bosques de galería siempreverdes, deciduos y semideciduos de los ríos Ature y Sariapo, en los Llanos Orientales venezolanos (Dezzeb *et al.*, 2008), las familias con mayor cantidad de individuos correspondieron a Fabaceae, Euphorbiaceae y Burseraceae, lo que muestra que a pesar del clima seco tropical de los Llanos de Venezuela, hay similitudes florísticas a nivel de toda la región.

La familia Fabaceae, con mayor cantidad de especies en las parcelas de Vichada (S=13) también presentó la mayor riqueza en las tres hectáreas de San Martín (Meta) (S=16), en las siete hectáreas de Tinigua (Meta) (S=65), en las 0,3 hectáreas de bosques de Ature y Sariapo en los Llanos Orientales de Venezuela (S=15) (Dezseo *et al.*, 2008), en las 34 hectáreas de la Reserva Forestal Caparo en los Llanos Occidentales de Venezuela (S=13) (Ramírez *et al.*, 2006), y en las 1,5 hectáreas del bosque de El Caimital en los Llanos Occidentales de Venezuela (S=11) (Ramírez *et al.*, 1997). La alta diversificación de la familia en bosques de galería podría relacionarse con la posibilidad de dispersión por agentes abióticos y bióticos, incluyendo viento, agua, aves y mamíferos, lo cual aumentaría la complejidad de las interacciones que posibilitan el reclutamiento de las distintas especies.

La mayor parte de las especies muestra una dominancia local (alto IVI), en comparación con las parcelas de Tinigua, San Martín, y Venezuela (Dezseo *et al.*, 2008), lo que muestra que a pesar de la cercanía, podrían existir diferencias biogeográficas, climáticas, geológicas y bióticas que podrían afectar el reclutamiento exitoso de las especies en cada área.

Las especies también dominantes en otras parcelas corresponden a *O. bataua*, con altos valores de densidad relativa y dominancia relativa en las tres parcelas de San Martín (Meta) y en tres parcelas de Tinigua, y alta abundancia en 3,1 hectáreas del amazonas colombiano de Caquetá (Duque & Cárdenas, 2003); *P. laevis*, con altos valores de densidad y dominancia relativas en la parcela la Lindosa (San Martín) y en dos parcelas de Tinigua; *J. copaia*, con altos valores en la parcela Pampas (San Martín), y en una de las parcelas de Tinigua; *Xylopia polyantha*, con altos valores en las tres parcelas de San Martín; *Alchornea triplinervia*, con altos valores en la parcela Santa Rosa (San Martín) y *Socratea exorrhiza*, con altos valores en una parcela de Tinigua.

Estas especies pueden por lo tanto tener amplia distribución y ser predominantes en bosques de galería de los Llanos y en bosques de la Amazonía noroccidental.

La alta frecuencia de aparición de *A. maripa*, *B. multiflora* y *P. laevis* (65,3 %; 54,7 %; y 50,7 % del total de cuadrantes de 20x20 m. respectivamente) muestra que la dispersión es efectiva, y que su reclutamiento ha sido exitoso en prácticamente todos los cuadrantes. Las tres especies tienen dispersión zoocórica de acuerdo con las características morfológicas del fruto que los relacionan con sus dispersores (van del Pijl, 1969), por lo que la conservación de las comunidades de fauna nativa sería clave para mantener poblaciones viables de estas especies.

La altura del dosel es mayor a la encontrada por Dezseo *et al.* (2008) en bosques de galería de los Llanos Orientales venezolanos (28 a 35 m vs. 18 a 24 m), pero similar a la encontrada en bosques de galería colombianos (Sarmiento, 1994). La disminución gradual de las clases diamétricas muestra que los bosques no han sido severamente intervenidos, y la ausencia de árboles con diámetro mayor a 60 cm en la Parcela 3, unido al menor volumen estimado de madera (131,8 m<sup>3</sup>), indica que en el bosque pudo haber extracción de individuos de gran porte en el pasado.

La relación entre el DAP y la altura total, muestra que para las especies más importantes la altura puede ser explicada por el diámetro, lo que se relaciona con el crecimiento alométrico en especies con crecimiento secundario. En la mayor cantidad de especies de palmas, en donde el mayor diámetro individual se alcanza antes de la fase de elongación del tallo (Tomlinson, 1990; Henderson, 2002), la altura no estaría explicada por el diámetro.

Se concluye que hay una gran afinidad entre la flora de bosques de galería de los Llanos Orientales colombianos y la flora de los bosques de galería de los Llanos venezolanos y bosques amazónicos. Esta afinidad se da a nivel de las familias más abundantes (Arecaceae, Annonaceae, Rubiaceae, Moraceae, Burseraceae, Fabaceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae), pero no a nivel de las especies con mayor IVI, que son dominantes a escala local con pocas excepciones (*O. bataua*, *P. laevis*, *J. copaia*, *X. polyantha*, *A. triplinervia* y *S. exorrhiza*). Lo anterior muestra que hay determinantes regionales y locales de la diversidad (Gaston, 2000; Ricklefs, 2004),

que pueden funcionar a jerarquías taxonómicas distintas. Como consecuencia probable de la menor área actual e histórica de los bosques de galería, la diversidad es menor a la encontrada en bosques amazónicos, y podría

disminuir más si no se implementan las medidas necesarias para evitar la fragmentación y perturbación antrópica (e.g. cacería, tala selectiva, creación de claros, quemadas repetidas en bordes de bosque, entrada de ganado a áreas boscosas).

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes por la financiación del estudio, mediante el "Proyecto Semilla". A Ana María Aldana por la creación del contacto con la Reserva Tomo Grande. A Ilda Mercedes Becerra, por su apoyo logístico constante, y por permitir que la investigación fuera realizada en la Reserva. A los biólogos Mauricio Bernal, Diego Alejandro Zárate, Carolina Santos e Ivonne Natalia

Vargas por la valiosa información suministrada para la fase de campo. A los biólogos Alejandro Lozano, Luisa Fernanda Casas, Manuel Rodríguez y Elizabeth Bahamón, por su colaboración durante la primera etapa de toma de datos. A Luz Dary Rivas, John Fredy, Hamilton Rivas, y demás habitantes de la vereda Nazareth por su colaboración en campo. A la bióloga Lina María González por su colaboración constante.

## REFERENCIAS

- Condit R, Foster RB, Hubbell SP, Sukumar R, Leigh EG, Manokaran *et al.* Assessing forest diversity on small plots: calibration using species-individual curves from 50-hectare plots. En: Dallmeier F y Comiskey JA (editores), Forest biodiversity research, monitoring and modelling. Conceptual background and Old World case studies. París, MAB Series Vol. 20 UNESCO, 1998. Pp. 247-268.
- D'Jesús A, Torres-Lezama A, Ramírez H. Consecuencias de la explotación maderera sobre el crecimiento y el rendimiento sostenible de un bosque húmedo deciduo en los Llanos Occidentales de Venezuela. *Rev Forest Venez* 2001; 45: 133-143.
- Dezzeo N, Flores S, Zambrano-Martínez S, Rodgers L, Ochoa E. Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los Llanos Orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia* 2008; 33: 733-740.
- Duque A, Cárdenas D. Dominancia florística y variabilidad estructural en bosques de tierra firme de la Amazonía colombiana. *Caldasia* 2003; 25: 139-152.
- Fine PVA, Ree RH. Evidence for a time-integrated species-area effect on the latitudinal gradient in tree diversity. *Am Nat* 2006; 168: 796-804.
- Fisher AA, Corbet AS, Williams CB. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J Anim Ecol* 1943; 12: 42-58.
- Gaston KJ. Global patterns in biodiversity. *Nature* 2000; 405: 220-227.
- Henderson A. Evolution and ecology of palms. Bronx, Nueva York, The New York Botanical Garden Press, 2002.
- Hernández J, Sánchez H. Biomas terrestres de Colombia. En: Halffter G. (Compilador), La Diversidad Biológica de Iberoamérica I. Volumen Especial, Acta Zoologica Mexicana, nueva serie. Xalapa, México, Instituto de Ecología, A.C., 1992. Pp. 153-173.
- Hernández J, Sánchez H. Sabanas de Colombia. En: Sabanas Naturales de Colombia. Cali, Banco de Occidente, 1994. Pp. 57-161.

- Hernández-Valencia I, López-Hernández D. Pérdida de nutrientes por la quema de la vegetación en una sabana de Trachypogon. *Rev Biol Trop* 2002; 50: 1013-1019.
- Holdridge LR. *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967.
- Hurtado G, González OC, Montaña JA. Tercera Parte: Aspectos departamentales. En Henríquez M (Editor), *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, 2001.
- Kahn F, de Granville JJ. Palms in forest ecosystems of Amazonia. *Ecological Studies* 95. Berlín, Springer Verlag, 1992.
- Ramírez H, Torres-Lezama A, Acevedo MF. Simulación de la dinámica de grupos de especies vegetales en un bosque de los Llanos Occidentales venezolanos. *Ecotrópicos* 1997; 10: 9-20.
- Ramírez H, Ablan M, Torres A, Acevedo MF. Simulación de la dinámica de un bosque tropical en los Llanos Occidentales de Venezuela. *Interciencia* 2006; 31: 101-109.
- Rangel-Ch. JO, Velázquez A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. En: Rangel-Ch JO, Lowy-C PD, y Aguilar-P M (editores), *Colombia Diversidad Biótica II: Tipos de Vegetación en Colombia*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, 1997. Pp. 59-87.
- Ricklefs RE. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecol Lett* 2004; 7: 1-15.
- Rincón N. Bibliografía sobre el conocimiento, la conservación y el uso de la biodiversidad en la Orinoquía colombiana. Proyecto: Biodiversidad y desarrollo en ecoregiones estratégicas de Colombia, Orinoquía. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), 2003. <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrapagina.php?codpage=600045>.
- Rosenzweig ML. *Species diversity in space and time*. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
- Ruíz D. La biodiversidad en la ecorregión de los Llanos de Venezuela y las prioridades para su conservación. *Ecosistemas* 2004; 13: 124-129.
- Sarmiento G. Sabanas naturales, génesis y ecología. En: *Sabanas Naturales de Colombia*. Cali, Banco de Occidente, 1994. Pp. 17-55.
- Sarmiento G, Vera M. La marcha anual en el suelo en sabanas y bosques tropicales en los Llanos de Venezuela. *Agronomía Tropical* 1977; 27: 629-649.
- Sarmiento G, Silva JF. Un modelo de estados y transiciones de la sabana estacional de los Llanos venezolanos. *Ecotrópicos* 1997; 10: 51-64.
- Schulte RPO, Lantinga EA, Hawkins MJ. A new family of Fisher-curves estimates Fisher's alpha more accurately. *J Theor Biol* 2004; 232: 305-313.
- Soler P, Berroterán JL, Gil JL, Acosta R. Producción de hojarasca de la vegetación nativa en los Llanos Altos Centrales de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 2008; 26: 265-268.
- Stevenson PR, Suescún M, Quiñones MJ. Characterization of forest types at the CIEM, Tinigua Park, Colombia. *Field Studies of Fauna and Flora La Macarena Colombia* 2004; 14:1-20.
- Stevenson PR, Aldana AM. Potential effects of Ateline extinction and forest fragmentation on plant diversity and composition in the western Orinoco basin, Colombia. *Int J Primatol* 2008; 29: 365-377.
- Ter Steege H, Sabatier D, Castellanos H, van Andel T, Duivenvoorden J, de Oliveira et al. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *J Trop Ecol* 2000; 16: 801-828.



Terborgh J, Andresen E. The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scale. *J Trop Ecol* 1998; 14: 645-664.

Tomlinson RB. *The structural biology of palms*. Oxford, Clarendon Press, 1990.

Vallejo-Joyas MI, Londoño-Vega AC, López-Camacho R, Galeano G, Álvarez-Dávila E, Devia-Álvarez W.

Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Bogotá, Instituto de Investigación de

Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2005.  
Van der Pijl L. *Principles of dispersión in higher plants*. Berlín, Springer Verlag, 1969.

Veillon JP. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. *Rev Forest Venez* 1985; 29: 5-19.

WWF. Diagnóstico y definición de prioridades para la conservación y manejo de la Biodiversidad en la Orinoquia colombiana. Informe Técnico. Cali, WWF, 1998.

## Anexo 1. Especies encontradas en las tres parcelas

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Forma de crecimiento</b>
Achariaceae	<i>Lindackeria paludosa</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Guatteria ferruginea</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Guatteria metensis</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Oxandra mediocris</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Rollinia exsucca</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Xylopia amazónica</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i>	Árbol
Annonaceae	<i>Xylopia polyantha</i>	Árbol
Apocynaceae	<i>Aspidosperma excelsa</i>	Árbol
Apocynaceae	<i>Couma macrocarpa</i>	Árbol
Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i>	Árbol
Apocynaceae	<i>Lacmellea speciosa</i>	Árbol
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Árbol
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Attalea maripa</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Euterpe precatória</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Oenocarpus vacaba</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Oenocarpus bataua</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Oenocarpus mapora</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i>	Árbol
Arecaceae	<i>Syagrus orinocensis</i>	Árbol
Bignoniaceae	<i>Arrabidaea nigrescens</i>	Trepadora (liana)
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i>	Árbol
Bignoniaceae	<i>Jacaranda obtusifolia</i>	Árbol
	<i>Cochlospermum</i>	
Bixaceae	<i>orinocense</i>	Árbol
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	Árbol
Burseraceae	<i>Protium llanorum</i>	Árbol
Burseraceae	<i>Protium polybotryum</i>	Árbol
	<i>Tetragastris</i>	
Burseraceae	<i>panamensis</i>	Árbol
Burseraceae	<i>Trattinnickia rhoifolia</i>	Árbol
	<i>Maytenus</i>	
Celastraceae	<i>schumanniana</i>	Árbol
Chrysobalanaceae	<i>Couepia glabra</i>	Árbol
Chrysobalanaceae	<i>Licania parvifruca</i>	Árbol
	<i>Licania</i>	
Chrysobalanaceae	<i>subarachnophylla</i>	Árbol
Chrysobalanaceae	<i>Licania wurdackii</i>	Árbol
Chrysobalanaceae	<i>Parinari excelsa</i>	Árbol

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Forma de crecimiento</b>
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Árbol
Clusiaceae	<i>Clusia</i> sp.	Hemiepífita (leñosa)
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i>	Árbol
Combretaceae	<i>Buchenavia tetraphylla</i>	Árbol
Dilleniaceae	<i>Dolioscarpus dentatus</i>	Trepadora (liana)
Euphorbiaceae	<i>Alchornea discolor</i>	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i>	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Conceveiba tristigmata</i>	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Mabea nitida</i>	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Pera arbórea</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Albizia bijugata</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Albizia</i> sp.	Árbol
Fabaceae	<i>Cassia moschata</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Hymenolobium velutinum</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Inga alba</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Inga hayesii</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Inga heterophylla</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Inga thibaudiana</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Lonchorpus negrensis</i>	Trepadora (liana)
Fabaceae	<i>Tachigali guianensis</i>	Árbol
Fabaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	Árbol
Humiriaceae	<i>Sacoglottis ceratocarpa</i>	Árbol
Humiriaceae	<i>Sacoglottis trichogina</i>	Árbol
Indet.	Indet. 1	Árbol
Indet.	Indet. 2	Árbol
Indet.	Indet. 3	Árbol
Indet.	Indet. 4	Árbol
Indet.	Indet. 5	Árbol
Lauraceae	<i>Endlicheria bracteolata</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Nectandra pichurim</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Nectandra umbrosa</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Ocotea amazónica</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Ocotea floribunda</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Ocotea longifolia</i>	Árbol
Lauraceae	<i>Ocotea schomburgkiana</i>	Árbol
Lecythidaceae	<i>Eschweilera decolorans</i>	Árbol
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Árbol

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Forma de crecimiento</b>
Malvaceae	<i>Pachira sessilis</i>	Árbol
Melastomataceae	<i>Belucia grossularioides</i>	Árbol
Melastomataceae	<i>Miconia elata</i>	Árbol
Melastomataceae	<i>Miconia minutiflora</i>	Árbol
Melastomataceae	<i>Miconia punctata</i>	Árbol
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.	Árbol
Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i>	Árbol
Moraceae	<i>Clarisia racemosa</i>	Árbol
Moraceae	<i>Ficus americana</i>	Hemiepífita (estranguladora)
Moraceae	<i>Pseudolmedia laevis</i>	Árbol
Moraceae	<i>Pseudolmedia rigida</i>	Árbol
Myristicaceae	<i>Iryanthera laevis</i>	Árbol
Myristicaceae	<i>Virola elongata</i>	Árbol
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i>	Árbol
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>	Árbol
Myrtaceae	<i>Myrcia sylvatica</i>	Árbol
Nyctaginaceae	Indet.	Árbol
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i>	Árbol
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Árbol
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima oblonga</i>	Árbol
Polygonaceae	<i>Coccoloba excelsa</i>	Árbol
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	Árbol
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i>	Árbol
Rubiaceae	<i>Amaioua</i> sp.	Árbol
Rubiaceae	<i>Capirona decorticans</i>	Árbol
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Árbol
Rubiaceae	<i>Macrocnemum</i> sp.	Árbol
Rubiaceae	Indet.	Árbol
Rubiaceae	<i>Rudgea crassiloba</i>	Árbol
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Árbol
Salicaceae	<i>Casearia rhoifolia</i>	Árbol
Salicaceae	<i>Laetia procera</i>	Árbol
Sapindaceae	<i>Cupania scrobiculata</i>	Árbol
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i>	Árbol
Sapindaceae	<i>Vouarana guianensis</i>	Árbol
Sapotaceae	<i>Pouteria multiflora</i>	Árbol
Urticaceae	<i>Cecropia distachya</i>	Árbol
Urticaceae	<i>Pourouma aurea</i>	Árbol
Urticaceae	<i>Pourouma bicolor</i>	Árbol
Violaceae	<i>Rinorea falcata</i>	Árbol
Vochysiaceae	<i>Erisma uncinatum</i>	Árbol
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferruginea</i>	Árbol

# **Caracterización fitoquímica y bromatológica de *Dichapetalum spruceanum vell.affinis* planta silvestre de la Orinoquia Colombiana y sus potencialidades de uso**

## **Phytochemical and Bromatologic characterization of *Dichapetalum spruceanumvell.affinis* silvester plant of the Colombian Orinoquia and use potentiality**

Caroll E. Cortés-Castillo<sup>1</sup>, Luz M. Quiñones-Méndez<sup>2</sup>, Catalina Hernández C<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Química, Esp. Profesora Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos.  
E-mail: carolledith@hotmail.com

<sup>2</sup> Bióloga, Msc. Profesora Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos.  
E-mail: luzquime@gmail.com

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniera Agronómica. Universidad de los Llanos, E-mail: caterinhr@hotmail.es

Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos. Grupo de Investigación Biorinoquia, Línea de Investigación Recurso Florístico. Universidad de los Llanos, Km 12 vía Puerto López, Villavicencio, Colombia.

### **RESUMEN**

*Dichapetalum spruceanum vell.affinis* (DICHAPETALACEAE), es una especie espontánea del departamento del Casanare en la Orinoquia Colombiana, la cual ha sido poco estudiada y considerada una maleza para los cultivos que se desarrollan en esa zona; dentro del marco del proyecto Caracterización fitoquímica y bromatológica de *Dichapetalum spruceanum*, planta silvestre subexplotada de la Orinoquia Colombiana, financiado por el Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana (IIOC), se desarrollo un estudio acerca de la composición fitoquímica y bromatológica de la raíz o xilopodio con miras a determinar su potencialidad de uso, teniendo en cuenta su amplia distribución y su gran tamaño másico (12kg promedio). Esta especie está asociada a suelos húmedos ubicados en terrazas medias y bajas y en zonas de vega principalmente; dentro de los metabolitos secundarios característicos se encontraron alcaloides, compuestos cardiotónicos y cumarinas, así como su alto contenido de nutrientes digestibles totales



(87,65 %), que sumado a los resultados del análisis bromatológico permiten vislumbrar la potencialidad que esta especie tiene como recurso para biocombustibles y para alimentación animal.

**Palabras clave:** Recurso florístico, Orinoquía, fitoquímica, bromatología, metabolitos secundarios.

## ABSTRACT

*Dichapetalum cf. spruceanum* (DICHAPETALACEAE), is a spontaneous specie of Casanare department at colombian Orinoquia, which has been few studied and it has been considered weeds in the crops developed in this area; in the frame of project *Characterization phytochemical and bromatologic of Dichapetalum cf. spruceanum wild plant underexploited* at colombian Orinoquia, sponsor for Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana (IIOC), was developed a study about phytochemical and bromatologic composition of root to determine its use potentiality, having on count its wide distribution and big mass size (12kg average).

Was found that this specimen is associated to humid soils placed in middle and lower terraces and floodplains mainly; within the characteristic secondary metabolites were found alkaloids, cardiotonics compounds and cumarines, as well as, a high content of total digestible nutrients (87.65 %), added to the other results of bromatologic analysis allowed to think in the potentiality that this plant has as biofuel and animal feeding resource.

**Key Words:** Floristic resource, Orinoquia, phytochemical, bromatology, secondary metabolites.

## INTRODUCCION

Según la FAO, 1992, "El descubrimiento de América, que puso en contacto dos mundos diversos, con historias, culturas y tradiciones propias, tendió al mismo tiempo un puente entre dos macrocosmos ecológicos radicalmente diferentes. Los primeros llegados llevaron a América, junto con su lengua, su religión y sus costumbres, algunas de las plantas cultivadas que en los milenios anteriores se habían extendido por el continente euroasiático. Y de regreso trajeron consigo, además de relatos de riquezas asombrosas, misteriosas culturas y costumbres exóticas, productos de la tierra desconocidos en el Viejo Mundo. Se inició así un vivaz intercambio de plantas y animales que en los siglos siguientes transformó profundamente los sistemas de explotación agrícola y los hábitos alimentarios a ambos lados del Atlántico."

En el curso de ese intercambio, productos que en el pasado habían ocupado un lugar destacado en la economía y la alimentación de vastas regiones de

América Latina desaparecieron o quedaron marginados, cediendo su lugar a cultivos provenientes del viejo continente. Con el tiempo, el cambio de los hábitos alimentarios determinado por la introducción de esas plantas, y los bajos rendimientos de muchas de ellas en condiciones agro meteorológicas muy distintas de las de sus lugares de origen, crearon en algunos países del centro y sur de América una situación de dependencia económica y alimentaria que constituye hoy día un serio obstáculo para su desarrollo.

En un momento en que el mundo conoce un aumento exponencial de su población y se pregunta con ansia si será posible poner fin a las situaciones de grave escasez de alimentos hoy existentes en muchas regiones, y producir en el futuro alimentos suficientes para todos sin causar nuevos daños a nuestro entorno natural, siendo lógico volver la vista hacia el pasado y ver si algunos de esos cultivos tradicionales podrían contribuir a mitigar el grave problema alimentario que la humanidad tiene planteado (FAO 1992).

En la actualidad, investigadores de países como Perú, Ecuador, Chile, Costa Rica y México se encuentran realizando numerosos estudios sobre la caracterización nutricional de raíces y tubérculos de usos conocidos o potenciales para ser incluidos como cultivos comerciales, tal es el caso de Espín *et al* (2004) quienes determinaron las potencialidades nutricionales y características fitoquímicas de diferentes especies de Perú y Ecuador. En Colombia, Rincón (2001) realizó la caracterización nutricional de leguminosas arbóreas y Bermúdez (2002) estudio el potencial forrajero de diferentes especies de leguminosas.

Estudios específicos en la familia Dichapetalaceae fueron desarrollados por Bello-Pérez *et al* (2001) con la especie *Okenia hypogaea* en México y Fasuy (2006) con las especies *Talium triangulare*, *Amaranthus cruentus* y *Telfairia occidentalis* en Nigeria. No se encontraron registros para la especie *Dichapetalum spruceanum*.

*Dichapetalum spruceanum* es una especie que forma densas poblaciones distribuidas en suelos húmedos ubicados en terrazas medias y bajas y en zonas de vega del departamento del Casanare, donde es considerada una planta indeseable y de difícil erradicación por agricultores y ganaderos pues compite con cultivos como el arroz e invade los potreros. Un análisis morfológico de la planta permite determinar que posee una raíz o xilopodio, como órgano de reserva que puede llegar a pesar hasta 16 kg. Esta característica nos indujo a presentar al IIOC un proyecto para determinar mediante análisis fitoquímicos y bromatológico su potencialidad de uso alimenticio o industrial y ofrecer este recurso nativo como una alternativa de ingreso a las comunidades de la región.

Las posibilidades de fomentar el uso y consumo del Cedrón, así como de raíces y tubérculos de la Orinoquía va a depender del conocimiento que se posea respecto a sus componentes químicos, junto con sus características físicas, nutricionales y funcionales que produzcan orientación de su posible uso y aplicación.

La especie estudiada pertenece a la familia de las Dichapetalaceae compuestas por arbustos y lianas, menos frecuentemente árboles, incluye tres géneros y cerca de 250 especies, según Prance (2007) se encuentran distribuidas en las zonas tropicales del mundo (excepto en Polinesia y Micronesia), con algunas extensiones en las regiones subtropicales de África e India. En Colombia se conocen 24 especies representantes de los tres géneros (*Dichapetalum*, *Stephanopodium* y *Tapura*). La familia se distribuye principalmente en las zonas bajas y húmedas del país, con una gran concentración de especies en la región del Pacífico, solo dos especies (*Stephanopodium aptotum* y *Tapura colombiana*) se extienden también al bosque subandino, alcanzando hasta 2400 m de altitud (Martínez & Galeano 2001).

Es una familia de la que se conocen pocos usos; no obstante, algunas especies como *Tapura colombiana* y *T. costata* ("costillo") son maderables, mientras que otras especies son empleadas por comunidades locales para diversas labores.

Algunas especies australianas y Sudáfricanas como *Dichapetalum cymosum* y *D. toxicorum* han sido reportadas como tóxicas, debido a la presencia del ácido monofluoroacético; el fluoracetato de sodio ( $\text{CF}_3\text{COONa}$ ) y la fluoroacetamida ( $\text{CF}_3\text{CONH}_2$ ) se usa principalmente como rodenticidas, los fluoracetatos bloquean el ciclo del ácido tricarbóxico y es sumamente tóxico. La dosis letal oral aproximada para adultos es de 30mg.

Respecto a estudios similares realizados a raíces y tubérculos andinos se encuentran investigaciones realizadas por Espín *et al* (2004) en el Perú y Ecuador, en las cuales se determinaron las potencialidades nutricionales y características fitoquímicas, para las especies, oca (*Oxalis tuberosa*), melloco (*Ullucus tuberosus*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), miso (*Glycine max*), jícama (*Pachyrhizus erosus*) y para achira (*Canna* sp.), y encontraron que la mayoría de estas raíces y tubérculos, son buenas fuentes de almidón y de metabolitos secundarios con potencial de aplicación en diferentes áreas de la industria.

Al explorar el estado actual del tema referente a estudios realizados en la especie *Dichapetalum spruceanum* no se encuentran reportes debido a que se trata de una especie poco conocida y con uso localizado. Sin embargo, en países como México, Bello-Perez *et al* (2001) estudiaron el potencial nutritivo de la especie *Okenia hypogaea*; en Nigeria, Fasuy (2006), hizo un estudio sobre el potencial nutricional de tres especies arbóreas *Talium triangulare*, *Amaranthus cruentus* and *Telfairia occidentalis*; León *et al* (1993), hicieron en Venezuela la caracterización química y el valor nutricional de granos de leguminosas tropicales para la alimentación de aves; en Chile, Torres *et al* (1999) determinaron las propiedades físico-química de frutos de murta (murtilla) *Ugni molinae turcz*.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo de campo se realizó en suelos húmedos ubicados en terrazas medias y bajas y en zonas de vega del departamento de Casanare en los municipios de Maní, Yopal, Nunchia, Pore y Paz de Ariporo, ubicados a una altitud entre los 200 y los 380 msnm.

La identificación de especímenes y los análisis fitoquímicos y bromatológicos, se llevaron a cabo en las instalaciones del herbario, en los Laboratorios de Química y Nutrición Animal, de la Universidad de los Llanos, ubicada en el km 12 vía Puerto López, vereda Barcelona del municipio de Villavicencio, Departamento del Meta.

### Tratamiento de las muestras

Los especímenes colectados en campo fueron remitidos al Herbario de la Universidad de los Llanos para su completa identificación y las raíces o xilopodios se pesaron en balanza romana debido a su gran tamaño, posteriormente se sometieron al proceso de molienda para su caracterización fitoquímica y bromatológica; adicionalmente se realizaron cortes transversales de la muestra para ser analizados en el microscopio y detectar la posible presencia de almidón.

Otros estudios en Colombia se encuentran dirigidos hacia el aprovechamiento de especies vegetales en la nutrición animal, en particular, la Universidad de los Llanos ha realizado aportes significativos en este tema liderados por la profesora María Ligia Roa y colaboradores (1999; 2003), además se han realizado trabajos de grado, tales como el de Rincón, (2001), sobre caracterización nutricional de leguminosas arbóreas. En el contexto nacional encontramos los trabajos realizados por Giraldo (1996) de la Universidad Nacional sobre calidad, potencial forrajero y producción animal de las *Acacias decurrens* y *A. mearnsii* entre otros.

### Caracterización Bromatológica

Un total de cinco especímenes fueron pesados, se lavaron con agua y se realizaron cortes transversales de los mismos haciendo rodajas de cerca de 2cm de espesor y 15cm de diámetro, luego se pusieron a secar en horno.

El material seco fue sometido a análisis proximal, para determinar la humedad final, la cantidad de cenizas, el extracto etéreo, proteína, fibra cruda, extracto no nitrogenado, nutrientes digestibles totales, energía bruta, energía digestible y energía metabolizable de acuerdo con los protocolos de la AOAC (1990) en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de los Llanos.

### Caracterización fitoquímica

Las muestras secas y molidas se sometieron a proceso de maceración en etanol durante un periodo de 24 horas a temperatura ambiente en una proporción de 20g de muestra y 100ml de etanol (Dominguez, 1973), una vez pasado el tiempo de maceración se procedió a filtrar y almacenar en recipientes ámbar para ser sometidos a las correspondientes pruebas de coloración cualitativa para identificación de los componentes fitoquímicos tales como alcaloides, terpenoides, sapogeninas, cardiotónicos, flavonoides, cumarinas y taninos.

## RESULTADOS

### Descripción morfológica

La bibliografía pertinente a la familia, en especial la monografía de Flora de Colombia hecha por Prance (2001), permitió determinar que la especie a estudiar corresponde al Género *Dichapetalum*, representado en Colombia por 10 especies. Mediante el uso de la clave del género hecha por el mismo autor y por comparación con especímenes depositados en el herbario COL de la Universidad Nacional, permitió determinar que la especie es afín a *Dichapetalum spruceanum*.

Esta especie se caracteriza por ser arbusto escandente o bejuco con raíz o xilopodio de hasta 16 Kg de peso, ramas jóvenes tomentulosas, glabras con la edad. Hojas alternas, ovadas a elípticas, coriáceas, redondeadas a cuneadas y ligeramente desiguales en la base, acuminadas en el ápice, planas, vena media mas o menos plana en el haz, pubescente cuando joven; pecíolo 7-15mm de largo, esparcidamente corto-tomentuloso, estípulas caducas. Inflorescencia en panículas axilares

expandidas, raquis y ramas cortamente pubérulas (véase foto 1); brácteas y bractéolas triangulares, ca. 2 mm de largo, persistentes, tomentosos. Flores hermafroditas; pedicelos ca. 0,5mm de largo; cáliz ca. 2mm de largo, tomentosos, lóbulos iguales; corola con 5 lóbulos iguales, libres hasta la base. Estambres 5, fértiles, alternos con los lóbulos de la corola. Disco de 5 glándulas, ápices lobulados; ovario bilocular o trilocular, con 2 óvulos en cada lóculo, lanoso por fuera; fruto elipsoide, de color amarillo pálido cuando inmaduro y color marrón oscuro cuando maduro; epicarpo con pubescencia adpresa, corta y densa; mesocarpo delgado, endocarpo delgado, duro, glabro por dentro.

Esta especie se distribuye en los bosques de las laderas orientales del los Andes de Colombia, Ecuador y Perú, en Colombia se reporta para Antioquia, Meta, Putumayo y según datos de las colecciones registradas florece entre los meses de febrero y agosto.



Foto 1. *Dichapetalum* cf. *Spruceanum*. A. Raíz; B. Frutos ; C. Flores

### Caracterización fitoquímica y bromatológica

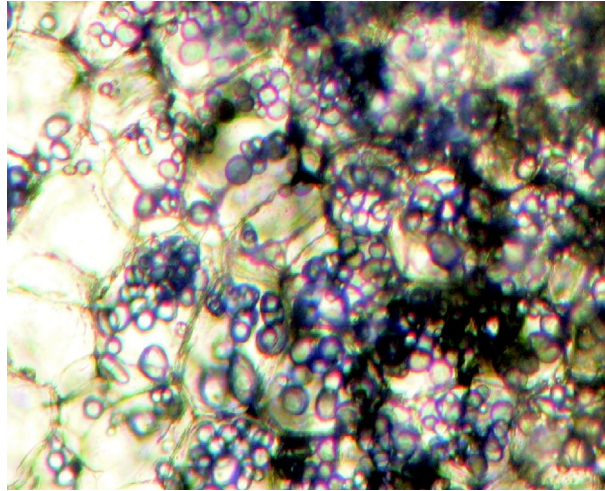
A continuación se presenta los resultados obtenidos durante este estudio, indicando las cantidades másicas de las muestras colectadas (véase tabla 1),

los resultados de las pruebas fitoquímicas preliminares (véase tabla 2) y los análisis bromatológicos sobre las muestras de interés (véase tabla 3).



Los cortes transversales de la raíz, sometidos a tinción con yodo fueron observados al microscopio permitiendo

evidenciar la presencia abundante de amiloplastos (foto 2).



**Foto 2.** Vista al microscopio de corte transversal de raíz. Objetivo 10X

Los rangos máxicos para la raíz en estudio, fueron reportados entre las 9 y las 33 libras aproximadamente (véase tabla 1), si adicionalmente se tiene en cuenta la abundancia de gránulos de

almidón, se puede intuir el potencial de uso y aplicación que se le podría dar a esta especie para la producción de harinas, o para su uso en pruebas de fermentación con fines de uso industrial.

**Tabla 1.** Cantidades máxicas de las raíces colectadas de *Dichapetalum cf. Spruceanum*

Muestra	Masa (lb)
Nunchia	21.3 ± 0.5
Diamante	14.0 ± 0.5
Uri 1	9.5 ± 0.5
Pore	20.5 ± 0.5
Garceró	32.8 ± 0.5
Jamaica	26.1 ± 0.5
Uri2	19.5 ± 0.5

Durante el trabajo de campo se encontró una densidad poblacional correspondiente a una planta por metro cuadrado (véase foto 3), en terrazas medias y bajas y en zonas de vega principalmente; la presencia de *Dichapetalum spruceanum*, en grandes extensiones de tierra y la información suministrada

por los habitantes de la región, acerca de la amplia resistencia ante los diversos métodos de erradicación empleados, como son el uso de guadaña y de herbicidas sistémicos tales como Paraquat o Glifosato, permiten establecer que esta especie se propaga fácilmente y tiene alto poder de regeneración.



**Foto 3.** Densidad poblacional de *Dichapetalum spruceanum*. Tomada por autores

Respecto al estudio fitoquímico preliminar los resultados muestran que *Dichapetalum spruceanum* (tabla 2), presenta entre sus metabolitos secundarios alcaloides, compuestos cardiotónicos y cumarinas, detectados por pruebas específicas de coloración, realizadas sobre el extracto etanólico, estos resultados coinciden con algunas de las observaciones recogidas

en campo pues los habitantes de la zona reportan pérdida de animales (cerdos y aves) por intoxicación cuando se les suministro esta raíz en su alimentación; sin embargo, también algunas personas informaron que al cocinar estas raíces y botarles el agua de cocción, no se producía daño alguno sobre los animales que fueron expuestos al consumo de esta raíz.

**Tabla 2.** Estudio fitoquímico *Dichapetalum spruceanum*

Metabolito Secundario	Ensayos	Resultados
Alcaloides	Dragendorff	+
	Mayer	+
	Wagner	+
Compuestos cardiotónicos	Baljet	+
	Keller	-
	Lieberman	-
	Salkowski	+
Saponinas	Espuma	-
Flavonoides	Reacción con HCl	-
Cumarinas volátiles	Florescencia UV	+
Taninos	Gelatina	-
	Solución salina	-
Triterpenos y/o esteroides	Liebermann-Burchard	-
	Salkowski	-

En cuanto al análisis bromatológico (véase tabla 3), se estableció un contenido de humedad final correspondiente al 1.3 %, sin embargo, es importante mencionar que la determinación de humedad se

realizó en la muestra después de haber sido sometida previamente a un proceso de secado en donde las muestras perdieron aproximadamente el 50 % del peso preliminar al análisis bromatológico.



**Tabla 3.** Análisis bromatológico de *Dichapetalum spruceanum*

Parámetro	Cantidad promedio en raíz	Cantidad promedio en frutos
Humedad final (g/100g muestra)	1.30 ± 0.83	1.12
Cenizas (g/100g muestra)	6.64 ± 3.93	7.03
Extracto etéreo (g/100g muestra)	0.91 ± 0.19	1.17
Proteína (g/100g muestra)	7.34 ± 1.21	16.16
Fibra cruda (g/100g muestra)	5.99 ± 2.58	20.3
Extracto no nitrogenado (g/100g muestra)	77.82 ± 5.44	54.22
Nutrientes digestibles totales (g/100g muestra)	87.65 ± 7.58	71.7
Energía bruta (cal/g)	3.72 ± 0.19	3.73
Energía digestible (cal/g)	3.86 ± 0.34	3.16
Energía metabolizable (cal/g)	3.17 ± 0.27	2.59

El contenido de cenizas en la raíz presentó un valor promedio 6,64 g de cenizas por cada 100 gramos de muestra y en frutos fue de 7 g, indicando la posible presencia de un alto contenido de minerales comparado con otras harinas como la de trigo que posee entre el 1 y 2 % de minerales (Fernandez, 1985); en cuanto al extracto etéreo se encontró una baja cantidad, dando indicios de que esta raíz es pobre en contenido de lípidos o esteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres.

La proteína presente en la raíz es cercana al 7 %, y mayor al contenido de proteína reportado para otras raíces y tubérculos como la yuca con 3 %, o la papa

con el 2 % de contenido de proteína (Montilla *et al*, 1983). La fibra cruda considerada la porción no digerible de los alimentos presenta valores bajos para la raíz (6 %) y considerablemente altos para los frutos (20 %), el extracto no nitrogenado es el que muestra la mayor proporción en raíz cercano al 70 % y en fruto cercano al 54 %, resultados que evidencian el alto contenido de carbohidratos presentes en esta especie.

El alto porcentaje de nutrientes digestibles, permite deducir que tanto la raíz como los frutos presentan potencialidad de uso como fuentes de carbohidratos, lípidos y proteína digestible, no obstante, se requiere el análisis detallado de digestibilidad en caso de que se pretenda emplear como fuente alimenticia.

## CONCLUSIONES

Los estudios realizados sugieren que la especie *Dichapetalum spruceanum* podría ser una fuente importante de alcaloides, compuestos cardiotónicos y cumarinas, adicionalmente, presenta potencialidad de uso como posible fuente de producción de

bioetanol, por su volumen másico y la presencia de almidón en la raíz, sin embargo, es necesario continuar con su estudio y evaluación con el propósito de cuantificar la cantidad de almidón presente y realizar las pruebas de fermentación necesarias.

## REFERENCIAS

AOAC, Official methods of analysis. 16<sup>th</sup>. Ed. AOAC International USA 1995. 1141.

Bello-Pérez L.A., Solorza-Feria J., Arenas-Ocampo M.L., Jiménez-Aparicio A. & Velásquez del Valle, M.

- Composición química de la semilla de *Okenia hypogaea* (Schl. & Cham) Agrocencia 2001; 35: 459-468.
- Bermúdez L. Leguminosas espontáneas de posible valor forrajero en Colombia. Universidad Nacional. Colombia. Produmedios. 2002; 1-196.
- Espín S., Villacrés E & Brito B. Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In Barrera, B. *et al.* (editores). Raíces y tubérculos andinos, alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. 2004; Cap. IV: 91-116.
- FAO: Producción y protección vegetal N° 26. en Hernández Bermejo J.E. & Leon J. (editores). Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492. Jardín botánico de Córdoba. Roma. 1999. Pp.1.
- Fasuy A.O. Nutritional potentials of some tropical vegetable leaf meals: chemical characterization and functional properties, African Journal of Biotechnology. 2006 January 2; 5 (1): 49-53.
- Giraldo L.A., Calidad, potencial forrajero y producción animal de las *Acacias decurrens* y *mearnsii* en Santa Elena (Paysandú), Universidad Nacional de Colombia, CINDEC. Informe de avance número 7. 1996.
- Martínez X.A & Galeano M. P, Plantas vasculares del municipio de Mitú-Vaupés, Colombia. Biota colombiana. 2001; 2 (2): 151-180.
- Montilla J.J. Montaldo A. Angulo I. León H, Vargas R, Wielenhofer H. & Risco J. Harinas de raíz y follaje de yuca en raciones para ponedoras Zootecnia Trop. 1983; 1 (1-2):82-98.
- Prance G. Dichapetalaceae. In Bernal, R. & E. Forero (eds.) Flora de Colombia 2001; 20: 1-62.
- Prance G. Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Dichapetalaceae *Rodriguésia* 2007; 58 (3): 487-492.
- Rincón R. Leguminosas arbóreas del Municipio de Villavicencio, reconocimiento y caracterización nutricional. Revista Orinoquia 2001; 5 (1): 75-92.
- Roa Vega M.L, Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en bovinos fistulados. Revista Acovez. 1999; 24 Serie 2: 14-18.
- Roa Vega M.L, Determinación de algunos compuestos químicos en cuatro plantas arbóreas forrajeras. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria 2003; 16 (2): 155-160.
- Torres P.A, Seguel B.I, Contreras J.G, Castro E.M. Caracterización físico-química de frutos de murta (*murtilla*) *Ugni molinae* Turcz. Agricultura Técnica. 1999; 59(4): 260-270.

# Avance del conocimiento de la flora del Andén Orinoqués en el departamento del Vichada, Colombia

## Advances in the knowledege of the flora of Orinoquia´s platform in the Departament of Vichada

Francisco Castro-Lima

Ing. Agrónomo. Investigador y Caracterizador de Biodiversidad, Fundación Horizonte Verde. Integrante del grupo de investigación "Sistemas sostenibles de producción con énfasis en palmas tropicales", Código Colciencias: COL0052801. bojonawi@gmail.com

### RESUMEN

En este artículo se presenta un estudio general sobre la flora del Andén Orinoqués en el departamento del Vichada, Colombia. Se incluyen descripciones de los ecosistemas, de la vegetación y hábitats presentes en la zona de estudio, así como datos fenológicos. Se menciona para cada formación vegetal, las especies dominantes y su abundancia cualitativa. Se identificaron 19 ecosistemas y 1010 especies de plantas, agrupadas en 129 familias y 473 géneros. Las familias con mayor número de especies, en orden descendente, fueron: Fabaceae-Faboideae, Rubiaceae, Fabaceae-Caesalpinioidea, Myrtaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae, Apocynaceae, Fabaceae-Mimosoideae y Arecaceae. Los géneros más representativos fueron: *Eugenia*, *Licania*, *Ouratea*, *Chamaecrista*, *Myrcia*, *Guatteria*, *Senna*, *Erythroxylum*, *Protium*, *Securidaca*, *Swartzia* y *Tabebuia*. Se destaca la presencia de géneros como: *Cavanillesia*, *Lasiadenia*, *Chaunochiton*, *Thurnia*, *Turnera*, *Cynometra*, *Peltogyne*, *Vellozia*, *Vatairea*, *Etaballia*, *Diplostropis*, *Roupala* y *Panopsis*. Algunos animales fueron observados consumiendo frutos de 845 especies de plantas.

**Palabras clave:** diversidad, ecología, flora, interacción, fenología, orinoquia.

### ABSTRACT

A general study of the flora of the Andén Orinoqués in the department of Vichada, Colombia is presented in this article. Including descriptions of the ecosystems found on the study area, the plants, their growing behaviour, phenology and consumption by the animals. For each vegetal formation dominant species and qualitative abundance is mentioned. 1010 species, grouped in 129 families and 473 genres were identified. The families with highest number of species, in descendent order, were: Fabaceae-Faboideae, Rubiaceae, Fabaceae-Caesalpinioidea, Myrtaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae, Apocynaceae, Fabaceae-Mimosoideae and Arecaceae. The most representative genres were: *Eugenia*, *Licania*, *Ouratea*, *Chamaecrista*, *Myrcia*, *Guatteria*, *Senna*, *Erythroxylum*, *Protium*, *Securidaca*, *Swartzia* y *Tabebuia*. It's worth highlighting the

presence of genres such as: *Cavanillesia*, *Lasiadenia*, *Chaunochiton*, *Thurnia*, *Turnera*, *Cynometra*, *Peltogyne*, *Vellozia*, *Vatairea*, *Etaballia*, *Diploptropis*, *Roupala* and *Panopsis*. Additionally 19 ecosystems were identified within the study area. Animals were observed eating 845 different species of flora.

**Key words:** diversity, ecology, flora, phenology, Orinoquia, flooded savanna.

## INTRODUCCIÓN

El Andén Orinoqués en el departamento del Vichada representa uno de los paisajes más complejos de la Orinoquia por la gran variedad de ecosistemas y la presencia de especies únicas, por estas razones, es importante conocer su biodiversidad a fin de diseñar estrategias apropiadas para su conservación. La flora presente en este paisaje, ha sido poco estudiada; sin embargo, se destacan las investigaciones de Vincelli (1981) y Barbosa (1992) en el Parque Nacional Natural El Tuparro; García et al. (1997), Parra (2006), Villarreal & Ocampo (2007) en Puerto Carreño; Además, existen otros trabajos sobre flora de paisajes similares, como Flora del Escudo Guayanés en Inírida, Guainía (Cárdenas 2007); La Ceiba en Guainía (Rudas *et al.* 2002); las Reservas Naturales Nukak y Puinawai en Guaviare y Guainía, respectivamente (Etter 2001); la Serranía de Taraira en Vaupés (Rodríguez 1998); la Serranía de Nakén en Guainía (Córdoba 1995); y el Chiribiquete entre Caquetá y Guaviare (Cortés *et al.* 1998).

En la parte norte del Andén Orinoqués se destaca la presencia de sabanas planas con algunos afloramientos esporádicos del Escudo Guayanés; mientras que en la zona sur predominan las selvas tipo amazónico con afloramientos esporádicos o continuos llamadas localmente Tepuyes, éstos corresponden a antiguas formaciones de roca que

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Andén Orinoqués está ubicado al oriente del departamento del Vichada, en una franja de aproximadamente 5 a 25 km de ancho, que bordea el río Orinoco de norte a sur en los municipios de Puerto Carreño y Cumaribo. Está situado entre 50-200msnm

datan del precámbrico, su edad oscila entre 500-1600 millones de años (Etter 2001).

Este paisaje presenta alta diversidad florística debido a la presencia de numerosos ecosistemas tales como, Los Tepuyes con tres formaciones vegetales únicas, los bosques de la base del Tepuy, bosques de la cima del Tepuy y vegetación casmófitas; sabanas bajas y altas, bosques de galería, morichales, matas de monte, saladillales y bosques inundables del río Orinoco.

Los afloramientos rocosos se encuentran dispersos por toda la zona, bordeando el río Orinoco. De norte a sur se encuentran, el Cerro banderas y el Cerro el Bitá en puerto Carreño; en la reserva Bojonawí, la piedra de la laguna, Caricare, cerro Morrocoy y Campana; en el resguardo Guacamaya, los cerros Canavallo, Guacamaya y el tigre. En la reserva ventanas los cerros Ventanas, luego siguen los cerros de Guáripa, Dagua, Casuarito, Mesetas, Tuparro, Santa Rita y Mataven.

El presente trabajo incluye una descripción general de las formaciones vegetales importantes que constituyen la flora del Andén Orinoqués, inventario y diversidad de especies, diversidad de hábitos de crecimiento, datos fenológicos y oferta alimenticia para la fauna silvestre.

y abarca desde la confluencia de los ríos Meta y Orinoco (6°12'31.40"N, 67° 29' 45.00"O) hasta la confluencia de los ríos Guaviare y Orinoco al sur (3°46'17.19"N, 63°46'37.25"O). La temperatura promedio es 28°C y la precipitación promedio anual es 2176mm (IGAC 1996).

**Métodos de campo**

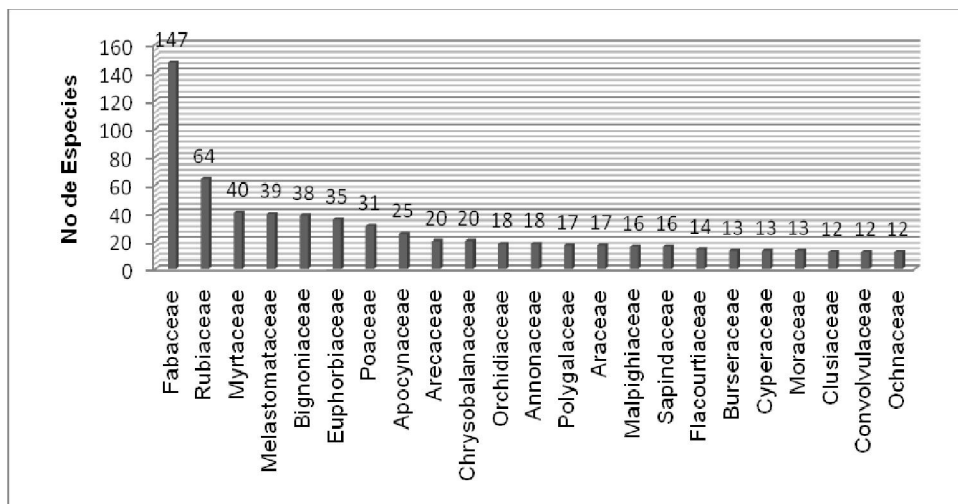
El trabajo de campo fue realizado entre Junio de 2006 y Julio de 2009, mediante recorridos terrestres y fluviales en diferentes épocas del año. Inicialmente se programaron visitas de reconocimiento a los principales ecosistemas presentes en el área de estudio; posteriormente, se procedió a realizar los inventarios y colección de material en cada uno de los ecosistemas, se registraron datos fenológicos y se efectuaron observaciones acerca de la oferta alimenticia de algunas especies para consumo por

parte de animales. Se colectaron más de 3500 especímenes de plantas que reposan en el Herbario de la Universidad de los Llanos, La identificación de los especímenes se realizó mediante el uso de claves taxonómicas, páginas de Internet y colecciones de referencia depositados en los Herbarios LLANOS y COAH. Los nombres científicos aquí presentados siguen los tratamientos taxonómicos propuestos por Steyermark et al. (1995, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004).

**RESULTADOS**

En lo referente al inventario florístico, se identificaron 1010 especies, pertenecientes a 123 familias y 473 géneros. *Passiflora sclerophylla* Harms y *Combretum cf. Illewelynii* Macbr. pueden ser consideradas como nuevos registros para Colombia y el género

*Cavanillesia* es un nuevo registro para la Orinoquia. En la Figura 1, se registran las familias con más de 10 especies; la familia Fabaceae presenta el mayor número de especies 147, seguida por Rubiaceae con 64 y Myrtaceae 40 especies.



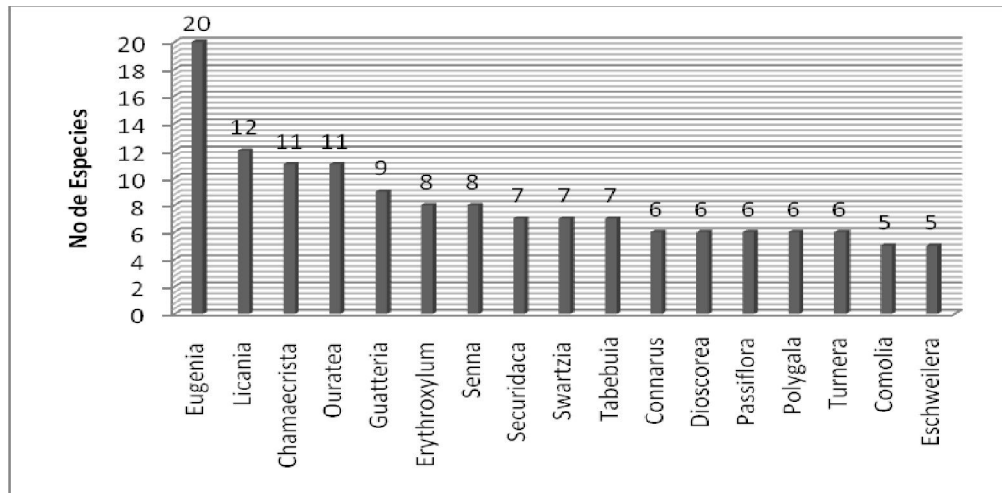
**Figura 1.** Familias con más de 10 especies

El género con mayor numero de especies es *Eugenia*, seguido por *Licania* con 12 y *Chamaecrista* y *Ourotea* con 11 especies cada una. (Figura 2).

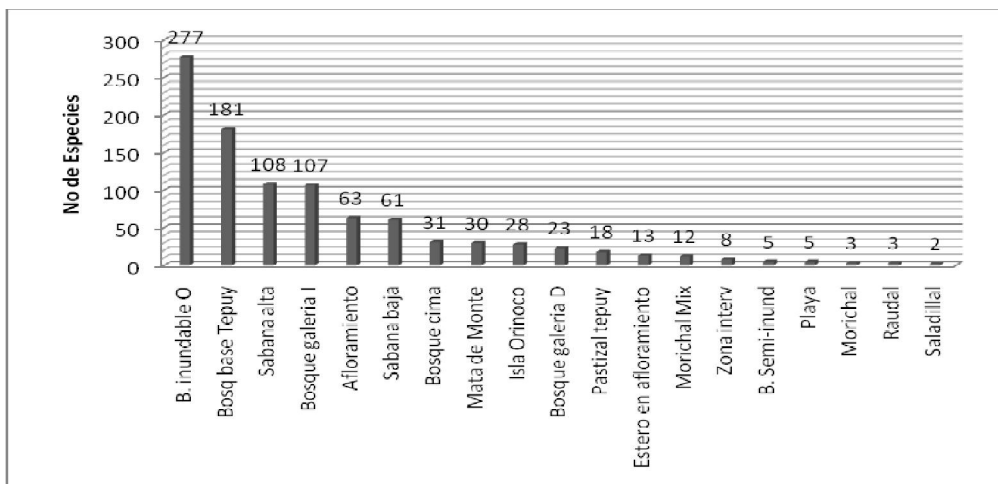
Los ecosistemas son estructuralmente similares, pero su composición evidencia claras diferencias en cuanto a especies únicas.

En el área de estudio se identificaron 19 ecosistemas, de los cuales, teniendo en cuenta la riqueza de especies, los más importantes son, bosque inundable del rio Orinoco, bosques en la base del Tepuy, sabanas bien drenadas, bosques de galería, afloramientos rocosos y bosques de galería inundable (Figura 3).

**Sabanas del andén Orinoqués:** se caracterizan por presentar un relieve plano, con suelos arenosos y franco arenosos, con influencia eólica, desde muy bien drenadas y húmedas hasta ligeramente inundables.



**Figura 2.** Familias y géneros de plantas con mayor número de especies en el Andén Orinoqués en el Vichada, Colombia



**Figura 3.** Número de especies de plantas encontradas en cada uno de los 19 ecosistemas identificados en el Andén Orinoqués en Vichada, Colombia

**Bosque inundable del río Orinoco:** bosque típico de río de aguas mixtas, localmente llamado “rebalse”. Su diversidad florística depende del gradiente de sedimentos que le puedan ingresar, los orillares y diques reciben mayor descarga de sedimentos, por tanto la vegetación es distinta de la que crece en las cubetas y en la franja de bosque que limita con la sabana, donde la cantidad de sedimentos es mínima.

**Bosques en la base del Tepuy:** se encuentran en la base de los afloramientos rocosos, exclusivamente en el área de erosión del mismo. Son bosques únicos

con una composición florística particularmente diversa, debido a la composición química y física del suelo; algunos presentan dominancia de especies como *Attalea maripa*, *Syagrus inajai*, y *Anadenanthera peregrina*.

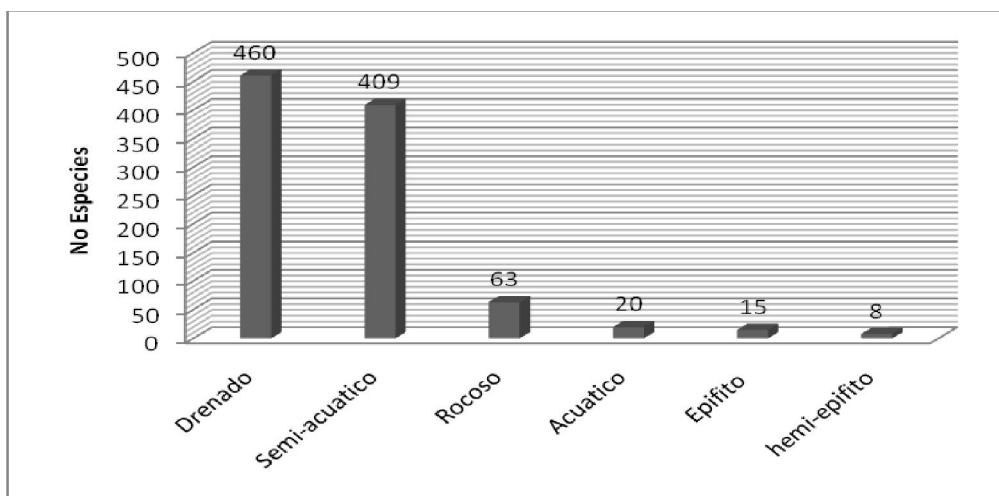
**Bosques de galería:** es la franja de vegetación boscosa al borde de cuerpos de agua corriente. Se dividen en bosques de galería inundables y bosques de galería bien drenados, los cuales se encuentran en suelos arenosos y los caños que bordean son principalmente de aguas claras.



Una vez realizados los inventarios florísticos en los diferentes ecosistemas se observa que algunas especies pueden ocupar uno o más ecosistemas, tal es el caso de *Copaifera pubiflora*, que está presente en los bosques inundables del Orinoco y en los bosques de la cima de los Tepuyes; *Calophyllum brasiliense*, se encuentra en los bosques de galería y en los morichales mixtos; *Attalea maripa* y *Syagrus inajai*, se encuentran únicamente en los bosques asociados a los afloramientos rocosos, mientras que la presencia de *Cavanillesia* sp, es exclusiva en los

bosque de la base del Tepuy. La especie más común es *Tapirira guianensis*, pues se encuentra en las sabanas, bosques de galería y matas de monte, hasta en los bordes de los morichales.

En la figura 4, se puede observar que en las áreas bien drenadas crecen el mayor número de especies (460), seguido de las zonas semiacuáticas con 409 especies, por ser estos ambientes los que ocupan la mayor extensión del paisaje.



**Figura 4.** número de especies de flora por ambiente de crecimiento en el Andén Orinoqués en Vichada, Colombia

Aunque algunas especies presentan un hábito de crecimiento definido, existen especies que dependiendo del hábitat pueden cambiar adaptándose a las condiciones del ecosistema, Es el caso *Bursera simaruba*, *Cochlospermum orinocense* y *Copaifera pubiflora*, que se comportan como árboles, en los ecosistemas terrestres, crecen como arbustos, cuando se encuentran en la cima del afloramiento rocoso. Así mismo, *Simaba cedron*, tiene hábito arbóreo en los bosques de la base del Tepuy y en sabanas abiertas crece como una planta subfrutice.

La Tabla 1, muestra el número de familias con mayor número de especies para cada uno de los hábitos de crecimiento, los cuales no son mutuamente excluyentes, situación que se presenta en otros bosques tropicales (Jorgensen & León-Yañez 1999; Vásquez 1997).

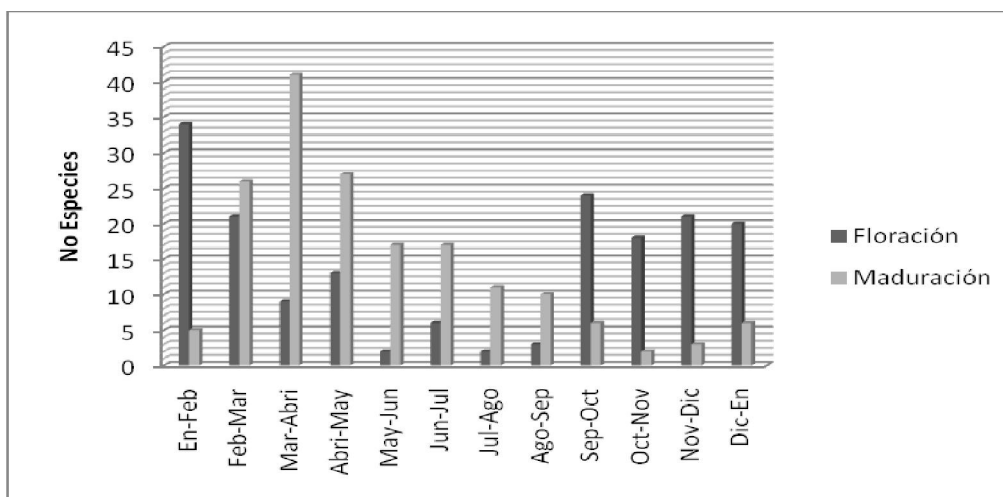
En cuanto a la fenología, las épocas de floración y maduración de frutos son inversamente proporcionales, (Figura 5). Aunque se presentan ligeras diferencias en el ciclo fenológico de las especies, se evidencia una época de mayor floración entre los meses de Septiembre y Febrero, mientras que la máxima maduración de frutos ocurre entre Marzo y Julio. Las especies casmófitas o litófitas presentan un comportamiento fenológico más prolongado, su floración inicia en Septiembre y finaliza en Junio del año siguiente.

De las especies encontradas, 845 son de importancia para la dieta de la fauna silvestre, tales como aves, mamíferos, peces y reptiles (Figura 6).

En la Figura 5. Se muestra el número de especies de flora consumidas por la fauna silvestre en el Andén Orinoqués en Vichada, Colombia.

**Tabla 1.** Número de familias y de especies para cada uno de los hábitos de crecimiento

Hábito*	Número de especies	Familias con mayor número de especies
<b>Árbol</b>	290	Fabaceae-Faboideae (26) Fabaceae-Caesalpinioideae (25) Chrysobalanaceae (16) Euphorbiaceae (16) Annonaceae (13) Burseraceae (12) Moraceae (12) Rubiaceae (37) Myrtaceae (30)
<b>Arbusto</b>	258	Melastomataceae (17) Flacourtiaceae (14) Fabaceae (14) Ochnaceae (9)
<b>Liana</b>	226	Fabaceae-Faboideae (29) Bignoniaceae (25) Malpighiaceae (10) Apocynaceae (9) Poaceae (31) Araceae (17)
<b>Hierba</b>	172	Orchidaceae (16) Fabaceae-Faboideae (15) Cyperaceae (13)
<b>Sufrútice</b>	62	Rubiaceae (10) Melastomataceae (8) Turneraceae (4)



**Figura 5.** Fenología de las especies de flora del Andén Orinoqués en Vichada, Colombia

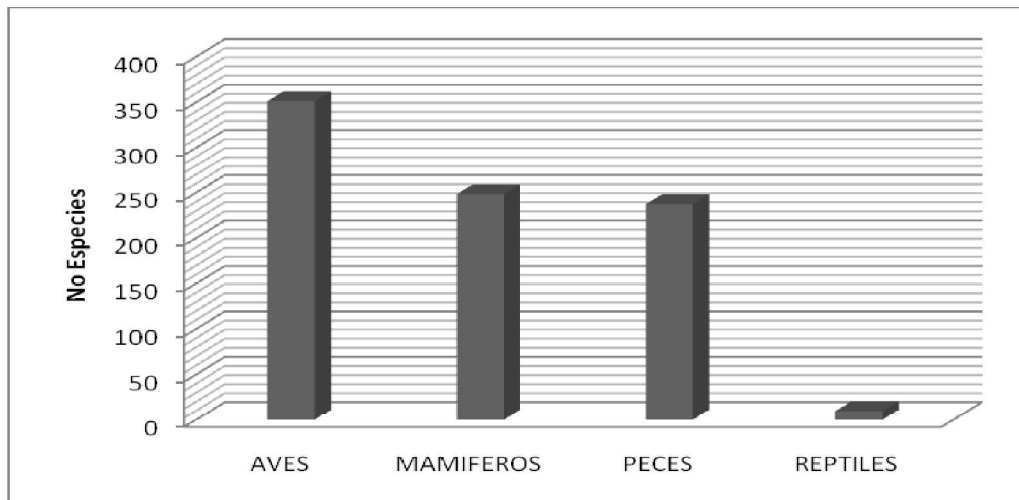


Figura 6. Especies de la fauna Silvestre

## DISCUSIÓN

El presente trabajo confirma lo señalado por Gentry (1988) que la familia Fabaceae es la más diversa en los bosques neotropicales. En los distintos bosques inundables de la Orinoquia y Amazonia, las Fabaceae aparecen como las de mayor importancia (Díaz & Rosales 2006). Los resultados evidenciaron también la importancia de las Euphorbiaceae; la dominancia de ambas familias en bosques inundables del río Orinoco y Amazonas ha sido reportada anteriormente (Campbell *et al.* 1986; Prance 1990; Ferreira 1997; Rosales *et al.* 1999; Rosales *et al.* 2003b). Aunque a nivel de paisaje las familias Fabaceae y Euphorbiaceae se presentan como las más importantes, a nivel de ecosistemas, existen algunas diferencias pues en los bosques inundables del río Orinoco las familias dominantes son Fabaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae y Myrtaceae; para los bosques de la base del Tepuy: Fabaceae, Bignoniaceae y Rubiaceae; y en bosques de galería inundables: Fabaceae, Rubiaceae, Myrtaceae y Melastomataceae. Incluso en los ecosistemas de sabana, se mantiene la dominancia de la familia Fabaceae, seguida de Poaceae y Cyperaceae, (Parra 2006), con una presencia importante de la Familia Eriocaulaceae.

Según Parra (2006), la composición florística a nivel de familia en la zona de Puerto Carreño es dominada por Fabaceae, la cual está presente en casi todas

las formaciones vegetales del área. Poaceae, por el contrario, está casi ausente en los bosques de galería y en los bosques inundables, con excepción de *Eriochloa punctata*, *Guadua* sp., *Paspalum fasciculatum* y *Paspalum repens*, pero domina en las sabanas; situación que coincide con lo encontrado en este trabajo, aun teniendo en cuenta que la colecta de especies de Poaceae no fue muy detallada.

En los bosques de la base del Tepuy se encontraron como especies endémicas a *Cavanillesia* sp, *Cedrela* cf. *fissilis*, *Tetragastris mucronata*, *Chrysothemis dichroa*, *Dorstenia brasiliensis*, *Allophylus racemosus*, y *Peltogyne floribunda*; en los bosques inundables del río Orinoco, son endémicas, *Etaballia dubia*, *Toulicia pulvinata*, *Microplumeria anomala*, *Corynostylis carthagenensis*, *Tachigali davidsei*, *Buchenavia macrophylla*, *Pterocarpus amazonum*, *Pristimera nervosa* y *Diclidanthera bolivarensis*; además *Bulbostylis leucostachya*, *Maranta linearis*, *Desmodium orinocense*, *Plumeria inodora*, *Eugenia emarginata*, *Commiphora leptophloeos*, *Ficus mollicula*, *Melocactus neryi*, *Mandevilla caurensis*, *Mandevilla lancifolia*, *Cleome guianensis*, *Manihot tristis*, *Pitcairnia pruinosa*, *Pseudobombax croizatii*, *Erythroxylum williamsii*, *Tabebuia orinocensis*, *Spathelia giralddiana*, *Tabebuia pilosa*, *Vellozia tubiflora* y *Chamaecrista ramosa*, son especies endémicas de los 'inselbergs'

o afloramientos (Gröger & Barthlott 1996, Parra 2006); estas especies también se encuentran en los 'inselbergs' presentes en la Guayana venezolana (Gröger & Barthlott 1996).

Con relación a la vegetación de los afloramientos rocosos del Andén Orinoqués, es interesante observar que allí se presentan varias de las especies mencionadas por Vincelli (1981) como propias de la sucesión vegetal de las áreas guayanesas. Sin embargo, cada afloramiento presenta una o varias especies que no se encuentran en los demás Tepuyes. La vegetación de los afloramientos se encuentra sometida al mismo régimen climático y los mantos rocosos presentes son del mismo tipo ('inselbergs') Parra (2006), sin embargo la vegetación presente en este ecosistema varía a medida que se viaja de Norte a Sur, presentando mayor diversidad al Sur, debido a que hay mayor precipitación y existe una mayor influencia de la Guyana Venezolana y la Amazonia Colombiana. Las especies comunes en los afloramientos estudiados desde Puerto Carreño hasta el Parque Nacional Natural El Tuparro, son, *Acanthella sprucei*, *Tabebuia orinocensis*, *Pitcairnia pruinosa*, *Mandevilla lancifolia*, *Mandevilla caurensis*, *Melocactus mazelianus* y *Pseudobombax croizatii*. Sin embargo a medida que se avanza más al Sur, específicamente a partir del Cerro Morrocoy, además de las especies mencionadas, se encuentran; *Vellozia tubiflora*, *Manihot tristis*, *Erythroxylum williamsii*, *Graffenrieda* sp y *Commiphora leptophloeos*; mientras que *Plumeria inodora*, *Simira* cf. *cordifolia*, *Epidendrum calanthum* y *Mandevilla steyermarkii*, se encuentran a partir del cerro Canavallo; y *Waltheria berteroi*,

## CONCLUSIONES

Esta zona demostró ser florísticamente diversa, con marcada influencia del escudo Guayanés y de la Amazonía. Se recomienda hacer inventarios de flora, tomando datos de la ecología de las plantas y poniendo

*Turnera* sp, *Clitoria dendrina*, *Bernardia amazonica*, *Bursera simaruba* y *Peltogyne floribunda*, a partir del cerro de Ventanas; por otro lado *Platycarpum orinocense*, *Spathelia giraldiana*, *Mandevilla annularifolia*, se encuentran a partir de los afloramientos de Casuarito.

La presencia de especies propias de los bosques tampoco muestra un patrón continuo, están presentes desde un punto específico, de Norte a Sur. Especies como *Attalea maripa*, *Apuleia leiocarpa*, *Tabebuia serratifolia* y *Rinorea* sp, *Macfadyena unguis-cati*, se encuentran a partir del cerro Agua linda; *Syagrus inajai*, *Parinari excelsa*, *Aristolochia nummularifolia*, *Tetragastris* cf. *mucronata*, *Roupala* cf. *montana*, *Qualea* sp *Hymenolobium petraeum* y *Enterolobium schomburgkii*, aparecen a partir del cerro Morrocoy; mientras que *Pterocarpus acapulcensis*, *Pterocarpus* cf. *oficinalis*, *Anadenanthera peregrina* y *Canavalia brasiliensis*, se encuentran a partir del cerro Canavallo y *Tachigali guianensis*, *Astrocaryum gynacanthum* y *Mollia* sp. desde el cerro de Casuarito.

La diferencia de especies en los diferentes ecosistemas se debe principalmente al tipo de suelo presente, en bosque de galería y las matas de monte, predominan suelos arenosos, fuertemente ácidos, con contenidos muy bajos de P, Ca, K y materia orgánica, alta concentración de Al y Fe; en la base de los Tepuyes, se encuentra un suelo derivado de rocas ígneas, pedregoso, pero con contenidos de Ca y P, un poco mayor que en el suelo de sabana, por esta razón estos son mas exuberantes y no tienden a invadir la sabana.

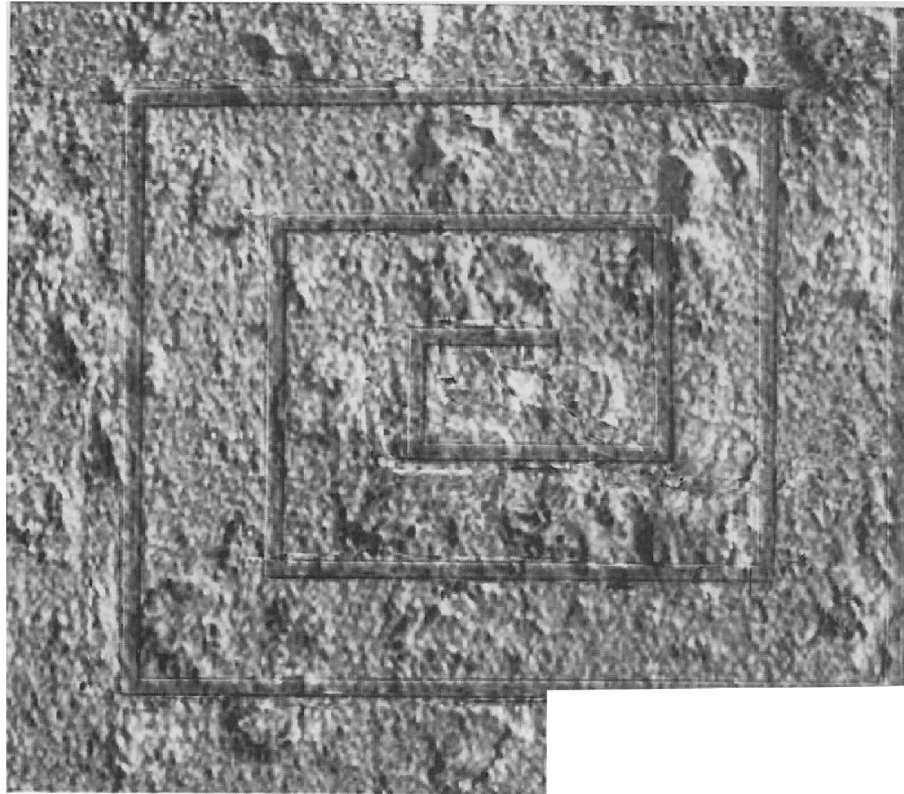
especial atención a la distribución local de las plantas, pues es evidente que éstas responden a factores de índole específica.

## REFERENCIAS

- Barbosa C. Contribución al conocimiento de la flórida del Parque Nacional Natural El Tuparro. Serie de publicaciones especiales delINDERENA, Biblioteca Andrés Posada Arango, 1992. Libro No. 3. Bogotá.
- Díaz W. & Rosales J. Análisis florístico y descripción de la vegetación inundable de Várzeas orinoquenses en el bajo río Orinoco, Venezuela *Acta. Bot. Venez.* 2006; 29(1): 39-68.
- Campbell D.G, D.C. Daly, G.T. Prance & Maciel U.N. Quantitative ecological inventory of terra firme and várzea tropical forest on the Rio Xinhu, Brazilian Amazon. *Brittonia* 1986; 38: 369-393.
- Cárdenas J. Flora del Escudo Guayanés en Inírida (Guainía, Colombia), Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2007. Bogotá, Colombia.
- Córdoba M. P. Caracterización florística-estructural y biotipológica de la vegetación en dos tipos de bosque de la parte central de la Serranía de Naquén (Departamento de Guainía). Tesis de grado en Biología. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología. 1995. Bogotá, Colombia.
- Cortés RP, Franco & O. Rangel. La flora vascular de la Sierra de Chiribiquete, Colombia. *Caldasia* 1998; 20 (2): 103-141.
- Ferreira LV. Effects of the duration of flooding on species richness and floristic in three hectares in the Jaú National Park in floodplain in central Amazonia. *Biodiv. Conserv.* 1997; 6: 1353-1363.
- Etter A. El Escudo de Guayana, en A. Etter (ed.) Puinawai y Nukak. Caracterización Ecológica General de dos Reservas Nacionales Naturales de la Amazonía Colombiana. Serie Investigación 2. Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo – IDEADE. Bogotá. 2001pp. 31-42.
- García H, Maldonado J & C. Parra-O. Estudio preliminar de la vegetación del Jardín Botánico Cerro El Bitá (Puerto Carreño, Vichada). 1997. (manuscrito inédito).
- Gentry A. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 1998; 75: 1-34.
- Gröger A, Barthlott W. Biogeography and diversity of the inselberg (Laja) vegetation of southern Venezuela. *Biodiversity Letters* 1996; 3: 165-179.
- Jorgensen PM, & S. León-Yáñez (eds.) Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monograph. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 1999. 75: i-vii, 1-1181.
- Parra C. Estudio general de la vegetación nativa de Puerto Carreño (Vichada, Colombia). *Caldasia* 2006; 28(2): 165-177.
- Prance GT. The floristic composition of the forests of Central Amazonian Brazil. In Gentry, A.H. ed. *Four neotropical rainforests* Yale University Press, New Haven. 1990 pp 112- 140.
- Rodríguez J. Caracterización florística y estructural de los principales tipos de bosques en la Serranía de la Taraira (Departamento del Vaupés). Tesis de grado en Ingeniería Forestal. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1998 pp 182.
- Rosales J, Briceño E, Ramos B, Picón G. Los bosques ribereños en el Área de influencia del Embalse Guri. *Pantepui* 1993; 5: 3-23.

- Rosales J, Petts G, Salo J. Riparian flooded forests of the Orinoco and Amazon basins: a comparative review. *Biodiv. Conserv.* 1999; 8: 551-586.
- Rosales JN, Maxted L, Rico A, Petts G. Ecohydrological and ecohydrographical methodologies applied to conservation of riparian vegetation: the Caura River as an example. In Chernoff B. A. Machado-Allison, K. Riseng & J.R. Montambault, (eds.). A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Caura River Basin, Bolivar State, Venezuela. *RAP Bulletin of Biological Assessment* 2006; 28: 75- 85. Conservation International, Washington DC.
- Rudas A, Prieto A, Rangel O. Principales tipos de vegetación de "la Ceiba" (Guainía), Guayana colombiana. *Caldasia* 2002; 24(2): 343-365
- Vincelli P. Estudio de la Vegetación del Territorio Faunístico El Tuparro. *Cespedesia* 1981; 10(37-38): 7-54.





DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

# **Aspectos sobre la historia natural de macroinvertebrados en esteros semipermanentes de la altillanura en el departamento de Casanare**

## **Aspects of the natural history of macroinvertebrates in the high plains semi-permanent wetlands in the Department of Casanare**

Jairo A. Camacho-Reyes<sup>1</sup>, Claudia P. Camacho-Rozo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Docente Asociado Escuela de Ciencias Biológicas- Grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad -"Xiua", Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- Tunja  
E-mail: jairoa.camacho@uptc.edu.co

<sup>2</sup> Bióloga UPTC- Grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad- "Xiua". Estudiante de Posgrado en Zoología, Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela  
E-mail: claopatty07@gmail.com

Grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad -"Xiua", Escuela de Ciencias Biológicas- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC. Tunja

### **RESUMEN**

Se realiza aportes al conocimiento sobre los ciclos vitales de los macroinvertebrados y se caracterizan sus microhábitats, en tres cuerpos de agua semipermanentes en sabana inundable y de desborde en la altillanura del municipio de Yopal-Casanare (Esteros San Martín (SM), el Trompillo (T) y la Ilusión (LI): 05° 21' 31"N 072° 13' 16"W; ubicados a 214 m.s.n.m.). Resultado del análisis cualitativo del material colectado en muestreos multianuales (1998, 1999, 2002 y 2008) en tres (I, II y III) épocas diferentes de lluvias en los meses de mayo a diciembre, se registraron 19 familias con 29 morfoespecies (24 sp SM, 20 T, 18 LI) para la etapa I; 28 familias y 47 morfoespecies (35 SM, 27 T, 32 LI) en la etapa II y 35 familias, 57 morfoespecies (52 SM, 40 T, 35 LI) en la III.

Las comunidades de macroinvertebrados en estos ecosistemas evidencian varias etapas del ciclo vital: adultos; adultos y larvas; adultos, larvas y pupas; larvas y pupas; larvas. El Estero San Martín registro la mayor diversidad de especies seguido por el Trompillo y la Ilusión. El Estero San Martín presentó la mayor diversidad en el mes de diciembre, seguido de julio y el menor registro se obtuvo en mayo, época que coincide con el inicio de inundación de las sabanas.

En estos ambientes de la llanura y la altillanura de la Orinoquía, los macroinvertebrados acuáticos desarrollan estrategias reproductivas y de supervivencia especiales para sobreponerse a los cambios drásticos impuestos

por el medio, como se interpreta la valoración físico-química "In situ" del agua de los esteros estudiados, cuyos valores promedio multianuales son: Temperatura 29.4°C, Conductividad Eléctrica 263  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , pH 6.0 y OD 4.4  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

**Palabras clave:** Esteros, macroinvertebrados, semipermanentes, Yopal.

## ABSTRACT

It makes contributions to knowledge about the life cycles of macroinvertebrates and their microhabitats are characterized in three semi-permanent water bodies in flooded savannah and overflow in the high plains of the municipality of Yopal-Casanare (tropical ponds San Martín (SM), the Trompillo (T) and Illusion (LI): 05° 21' 31"N 072° 13' 16"W, located at 214 meters). Result of qualitative analysis of material samples collected from multi-year (1998, 1999, 2002 and 2008) in three (I, II and III) different periods of rainfall in the months from May to December, there were 19 families with 29 morphospecies (24 sp SM, 20 T, 18 LI) for stage I; 28 families and 47 morphospecies (35 SM, 27 T, 32 LI) in stage II; and 35 families, 57 morphospecies (52 SM, 40 T, 35 LI) in the stage III. Macroinvertebrate communities in these ecosystems show various stages of life cycle: adult, adults and larvae, adults, larvae and pupae, larvae and pupae, larvae. The San Martín pond recorded the highest species diversity followed by Trompillo and Illusion. The San Martín pond presented the greatest diversity in the month of December, followed by July and the lowest reading was obtained in May, coinciding with the onset of flooding of the plains.

In these environments the plain and the high plains of the Orinoco, aquatic macroinvertebrates develop reproductive and survival strategies to overcome special drastic changes imposed by the environment, as interpreted physical-chemical assessment in situ of water ponds studied, whose multi-year average values are: temperature 29.4 °C, Electrical Conductivity 263  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , pH 6.0 and OD 4.4  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

**Key words:** macroinvertebrates, tropical ponds, semipermanent, Yopal.

## INTRODUCCIÓN

La fauna de humedales permanentes, semipermanentes y temporales es dependiente de éstos en grado diverso y en correspondencia con la variación del nivel hídrico. Las características ambientales del ecosistema y del entorno, el tiempo de permanencia de los cuerpos de agua y de los ciclos vitales de la biota allí establecida, la cual puede ser totalmente acuática o anfibiótica.

Entre la biota de los ecosistemas lénticos, grupos de macroinvertebrados como Turbellaria, Gasterópoda, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudínea, Hidracárida, Amphipoda, Cladocera, Conchostracea, Ostrácoda, Copépoda y algunos hemípteros, tienen como hábitat el medio acuático durante sus ciclos vitales y reproductivos. Otros macroinvertebrados como Odonata, Díptera y algunos del orden Coleóptera, entre otros, son anfibióticos. Los invertebrados anfibióticos

presentan algún grado de metamorfosis y en la mayoría de los casos hacen la ovoposición en el medio acuático, donde se desarrollan las etapas larvales y pupales. Para algunas especies las etapas de larva y pupa duran solo días o semanas, en tanto que para otras pueden requerir meses y hasta años para su desarrollo y emergencia (Merritt & Cummins, 1978; Roldán 1988, 2003).

La vida de los invertebrados en los ecosistemas lénticos semipermanentes y temporales depende de factores tales como la variación en la concentración de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua, el pH, la temperatura, la cantidad de luz que penetra, la concentración de iones disueltos, los sedimentos y otros materiales alóctonos y autóctonos del sistema y por el crecimiento del fitoplancton. La temperatura cambia tanto estacionalmente como con el perfil de

la profundidad, y la disponibilidad de oxígeno puede ser limitada, principalmente en los períodos secos, ya que únicamente la capa superficial del espejo de agua está en contacto directo con el aire, mientras que el oxígeno es consumido por la descomposición de materia orgánica en las capas más profundas. Dichas variaciones en oxígeno, temperatura y radiación solar determinan la distribución y adaptaciones de los seres vivos en aguas quietas (Odum, 1986; Camacho & Ruíz, 1994; Margalef, 1995; Ramírez & Viña, 1998; Smith & Smith, 2001).

Los humedales experimentan cambios ambientales como el calentamiento y enfriamiento de las aguas superficiales, cambios de la temperatura y las concentraciones de oxígeno en todo el ecosistema acuático (Odum, 1986), afectando las poblaciones de organismos que los habitan dependiendo del lugar donde vivan en la columna de agua.

Muchos ecosistemas lénticos de sabanas de la Orinoquía, son conocidos como lagunas tropicales o "esteros", los cuales se caracterizan por ser permanentes, semipermanentes o temporales (Camacho 1988, 1995). Algunos esteros se localizan cerca de los márgenes de ríos y caños, siendo subsidiados por éstos durante las épocas de lluvias e inundaciones. Otras lagunas tropicales se localizan en sabana abierta aisladas de caños y cañadas (Camacho, 1995) y se mantienen con las aguas lluvias de la zona y del nivel freático. Los esteros presentan profundidades que oscilan en promedio entre 20 y 100 centímetros, generalmente cubiertos por vegetación acuática enraizada sumergente y emergente que termina su ciclo biológico en épocas de sequía.

Desde el punto de vista ecológico y de la Biología de la Conservación, las comunidades de macroinvertebrados en los esteros generan especial interés para su estudio, en razón a que estos ecosistemas presentan desecación total durante una época del año (diciembre hasta abril) y los ciclos de vida de la biota que los habita depende de las características ambientales y físico-químicas del agua.

Por otro lado, la comunidad de macroinvertebrados de estos hábitats, evidencia un limitado registro de información.

A partir de lo anterior, se genera la iniciativa de estudiar los macroinvertebrados acuáticos de las lagunas tropicales, para lo cual se plantearon las siguientes preguntas: 1) ¿Que ocurre con los macroinvertebrados cuando los esteros entran en proceso de desecación?, 2) ¿Que particularidades adaptativas presentan los diferentes grupos de macroinvertebrados de vida acuática en estos ecosistemas semipermanentes y temporales?, 3) ¿Cual es el comportamiento de las principales variables físico-químicas en estos cuerpos de agua durante cada ciclo hidrológico anual?. 4) ¿Se establece alguna dependencia de los macroinvertebrados en sus ciclos reproductivos y vitales en relación con los cambios ambientales de los esteros?

## ÁREA DE ESTUDIO

Los muestreos se llevaron a cabo en esteros semipermanentes conocidos localmente con los nombres de San Martín, el Trompillo y la Ilusión, en sabana inundable y de desborde en la altillanura en jurisdicción del municipio de Yopal, vereda Tacarimena, a 25 kilómetros del casco urbano sobre la margen derecha del Río Cravo Sur, afluente del río Meta (Figuras 1 y 2). Se ubica a una altitud de 320 msnm y una temperatura promedio de 26 °C. Presenta un paisaje de sabana y algunos relictos de bosque de galería (con alta, media y baja intervención antrópica), los cuales en la época de mayor precipitación se inundan, por fuentes hídricas cercanas tales como caños permanentes, esteros y cañadas semipermanentes y temporales.

Para la identificación del régimen pluviométrico fueron tenidos en cuenta los reportes hidrológicos del IDEAM mediante promedios multianuales de los años 1975 a 2005 de la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Yopal, localizada a una distancia de 27 kilómetros del área de estudio.

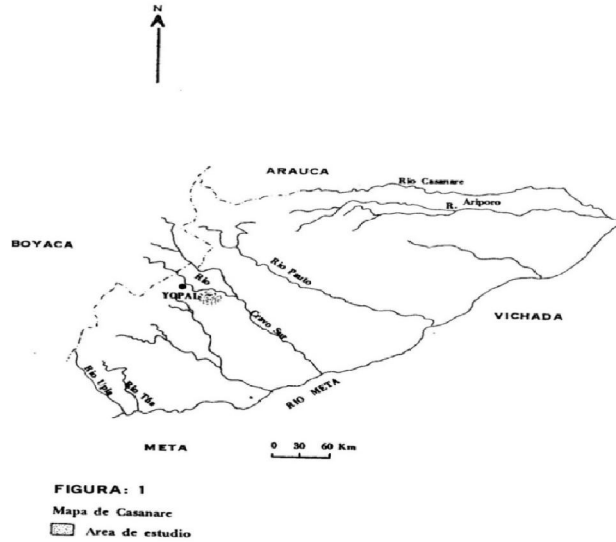


Figura 1. Ubicación geográfica del departamento de Casanare, Colombia

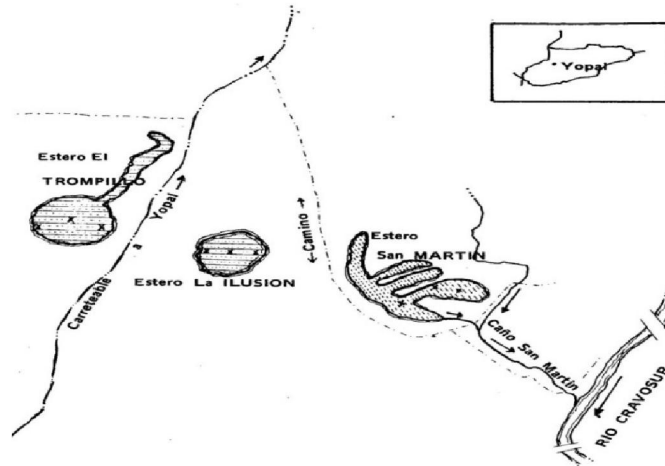


Figura 2. Ubicación local de los esteros muestreados. (Tomado de Camacho 1995)

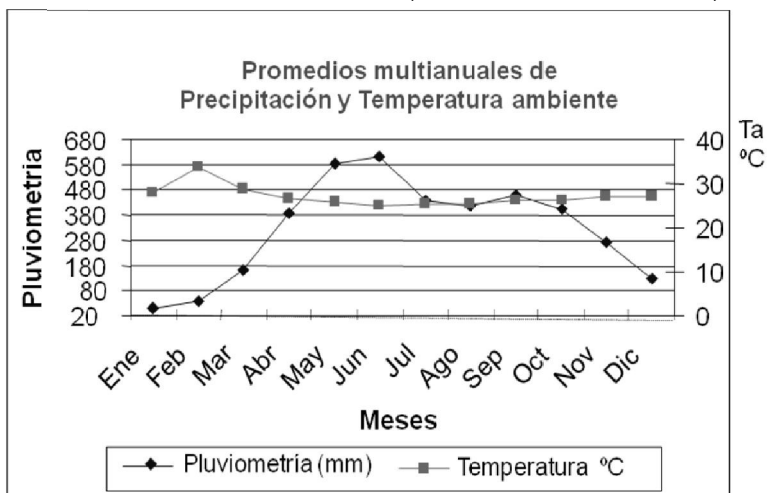


Figura 3. Diagrama Ombrotérmico (°C) y Pluviométrico (mm/mensuales) con promedios multianuales, registrado en la Estación del Aeropuerto de Yopal- Casanare, desde 1975 al 2005

A partir de esta información se evidencia que durante cada ciclo anual se presenta una época de mayor

precipitación, entre los meses Mayo y Junio, con valores que oscilan entre 413.9 y 411 mm (Figura 3).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En los microhábitats de bentos y perifiton de vegetación enraizada y flotante, de cada uno de los tres esteros se realizó colectas integrales cualitativas, en la zona litoral y el centro del espejo de agua, empleando redes de pantalla y tipo D-net (Roldán, 1988 y 2003) y bandejas de fondo blanco. Los muestreos se iniciaron entre 15 y 30 días posteriores al inicio de llenado de los esteros por inicio de las lluvias en los meses de abril o mayo de cada año (colecta multianual I). Otros muestreos multianuales fueron efectuados en los meses de julio o agosto (colecta multianual II) y en noviembre o diciembre (colecta multianual III), teniendo como referencia el comportamiento pluviométrico multianual observado en el diagrama Ombrotérmico para la región (Figura 3).

En los muestreos del año 2008 y algunos de años anteriores, fueron registrados datos Físicos y Químicos de cada cuerpo de agua: Temperatura del agua (°C), pH, Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) con equipos

digitales previamente calibrados y Oxígeno Disuelto (OD en  $\text{mg}/\text{l}$ ) mediante el método Winkler. El material biológico fue fijado con una solución de formalina al 10 % o alcohol al 70 % según las características morfológicas de cada grupo de los organismos colectados.

El material colectado de macroinvertebrados en cada muestreo fue organizado y separado para su posterior separación y determinación taxonómica de larvas, pupas o adultos con ayuda de Claves y material bibliográfico, como: Michaelsen, 1914; Piaget, 1914; Balwin & Chandler, 1959; Merrit & Cummins, 1978; Roessler, 1985 y 1986; Roldán, 1988 y 2003; Brinkhurst y Marchese 1991; Pennak, 1991; Gaviria, 1993; en el Laboratorio de Hidrobiología- Grupo de Investigación Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

## RESULTADOS

A partir de los trabajos de Camacho (1988 y 1995), se continúan los muestreos biológicos y se complementan con mediciones de parámetros fisicoquímicos "in situ", dependiendo de la disponibilidad de equipos y reactivos, en los años 1998, 1999, 2000 y 2008, haciendo seguimiento e identificando la presencia- ausencia y las etapas de ciclos de vida de los grupos de macroinvertebrados acuáticos en los esteros objeto de estudio.

Las variables físico- químicas reportan los siguientes valores promedios: Temperatura del agua entre 27.5 °C y 29.9 °C, pH entre 5.5 y 6.9, Conductividad Eléctrica con rangos entre 145 y 420  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , y Oxígeno Disuelto (OD) con valores entre 2.0  $\text{mg}/\text{l}$  y 6.9  $\text{mg}/\text{l}$  con el método Winkler, (Tabla 1)

La presencia- ausencia de los macroinvertebrados colectados en los muestreos multianuales I, II y III, con sus correspondientes etapas del ciclo vital durante los tiempos de permanencia de los esteros se presentan en las tablas 2, 3 y 4.

En la primera colecta multianual I (Tabla 2) se registraron 19 familias con 29 morfoespecies, distribuidas así: 24 en el estero San Martín (SM), 20 en el Trompillo (T) y 18 en el estero La Ilusión (LI). En la etapa de colecta II se obtuvieron 28 registros de familias representadas en un total de 47 morfoespecies (35 SM, 27 T, 32 LI) (Tabla 3). Por último en la colecta multianual III se registraron 35 familias con 57 morfoespecies (52 SM, 40 T, 35 LI) (Tabla 4).



**Tabla 1.** Datos Físicoquímicos en promedios multianuales de Temperatura del agua (°C), Conductividad Eléctrica (µs/cm), pH y Oxígeno Disuelto (mg/l)

ESTERO	Temperatura Agua °C			Conductividad Eléctrica µs/cm			pH			Oxígeno Disuelto mg / l		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Muestras *												
SAN MARTÍN	29.4	27.5	28.5	250	145	420	5.7	6.6	5.9	3.6	6.0	2.0
TROMPILLO	29.6	28.3	29.9	240	180	410	5.4	6.9	5.8	3.9	6.5	3.8
LA ILUSION	29.7	28.6	29.8	190	160	380	5.5	6.5	5.9	3.5	6.9	3.9
PROMEDIOS	29.5	28.1	29.4	226	161	403	5.5	6.6	5.9	3.6	6.4	3.2

\* Períodos promedio multianuales de muestreo: I = abril / mayo; II = junio / julio / agosto; III = noviembre / diciembre

**Tabla 2.** Relación de macroinvertebrados colectados en los esteros semipermanentes San Martín (SM), El Trompillo (T) y La Ilusión (LI) en muestreos multianuales en los meses de abril o mayo. Se enfatizan las etapas de los ciclos vitales

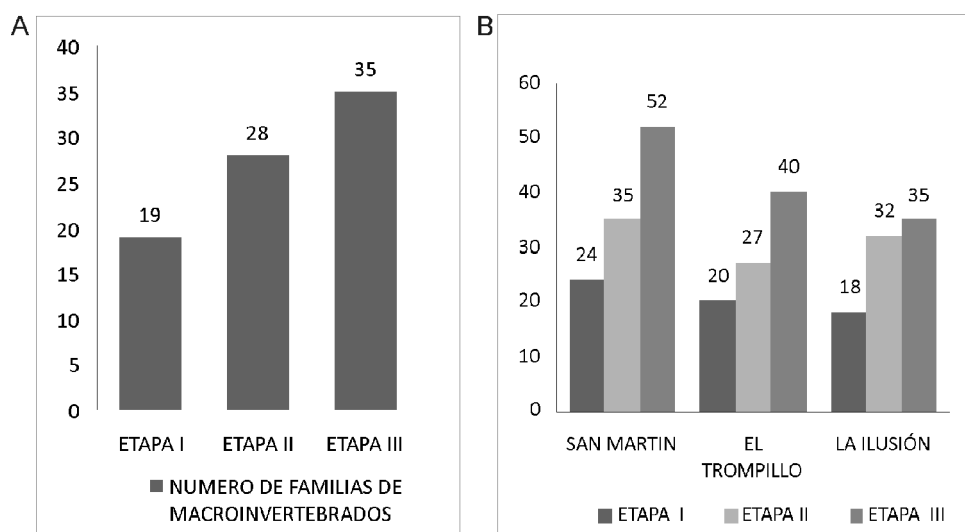
PHYLUM	CLASE	ORDEN / FAMILIA	GÉNERO / ESPECIE	ESTERO	ETAPAS DEL CICLO VITAL
Mollusca	Gasterópoda	Pilidae	<i>Pomácea</i>	SM, LI	Juveniles, Conchas y opérculos
		Planorbidae	<i>Helisoma</i>	SM, LI	Conchas
	Bivalva	Unionidae	<i>Anodontites sp</i>	SM, LI	Valvas
Anelida	Oligochaeta	Naididae	<i>Dero digitata</i>	SM, T	Adultos?
			<i>Dero furcatus</i>	SM, LI	Adultos?
		Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	SM, T	Adultos?
Arthropoda					
SubPhylum Crustácea	Branchopoda		<i>Chydorus sp</i>	SM, T, LI	Adultos, Juveniles
		Chydoridae	<i>Alona sp</i>	SM, T, LI	Adultos, Juveniles
	Copépoda	Cyclopoida	<i>Alloccyclops sp?</i>	SM, T, LI	Adultos, Juveniles
	Ostrácoda	Cyprididae	<i>Candona sp</i>	SM, T, LI	Adultos
		Odonata / Aeshnidae	<i>Aeshna sp</i>	SM, T	
SubPhylum Unirramia	Insecta	Coenagrionidae	<i>Ischnura sp</i>	LI, T	
		Hemiptera / Naucoridae	<i>Pelocoris sp</i>	SM	Ninfas temprana
		Notonectidae	<i>Buenoa sp</i>	SM, T	Ninfa temprana
			<i>Belostoma sp</i>	SM	Ninfa temprana
		Belostomatidae	<i>Lethocerus sp</i>	SM	Ninfa temprana
		Corixidae	<i>Hesperocorixa sp</i>	T	Ninfa temprana
				T	Adultos
		Coleóptera / Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp</i>		Adultos
			<i>Berosus sp</i>	T, SM, LI	Adultos
			<i>Acilius sp</i>	T, SM, LI	Adultos
Dytiscidae	<i>Dytiscus sp</i>	T, SM, LI	Adultos		
	<i>Agabus sp</i>	T, SM, LI	Adultos		
Curculionidae	<i>Sp 1</i>	T, SM, LI	Adultos		
Diptera / Chironomidae	<i>sp1, sp2, sp3</i>	T, SM, LI	Larvas		
	<i>Culex sp</i>	T, SM, LI	Larvas		
Culicidae	<i>Anopheles sp?</i>	T, SM, LI	Larvas		
	<i>Aedes sp</i>	T, SM, LI	Larvas		

**Tabla 3.** Relación de macroinvertebrados colectados en los esteros semipermanentes San Martín (SM), El Trompillo (T) y La Ilusión (LI) en muestreos multianuales en los meses de junio, julio y agosto. Se enfatizan las etapas de los ciclos vitales

PHYLUM	CLASE	ORDEN / FAMILIA	GÉNERO / ESPECIE	ESTERO	ETAPAS DEL CICLO VITAL	
Mollusca	Gasterópoda	Pilidae	<i>Pomácea</i>	SM, LI	Adultos y juveniles	
		Planorbidae	<i>Helisoma</i>	LI, SM, T	Adultos.	
	Bivalva	Unionidae	<i>Anodontites sp</i>	LI, SM, T	adultos	
Anelida	Oligochaeta	Naididae	<i>Dero digitata</i>	SM, T, LI	Adultos, capullos	
			<i>Dero furcatus</i>	SM, T, LI	Adultos	
			<i>Pristina sp</i>	SM	Adultos	
		Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	SM, T, LI	Adultos, capullos	
Arthropoda						
SubPhylum Chelicerata	Arachnida	Hydracarina	<i>Sp 1</i>	SM	Adultos	
SubPhylum Crustácea	Branchiopoda	Chydoridae	<i>Chydorus sp</i>	SM, T, LI	Adultos.	
			<i>Alonella sp</i>	SM, T, LI	Adultos.	
		Moinidae	<i>Moina sp</i>	SM	Adultos	
		Sididae	<i>Pseudosida cf bidentata</i>	SM	Adultos	
		Macrothricidae	<i>Hylicriptus sp</i>	SM	Adultos	
	Copépoda	Cyclopoida	<i>Alloccyclops sp?</i>	SM, T, LI	Adultos, Nauplios	
		Calanoida	<i>Sp 1</i>	SM, LI	Adultos	
			<i>Candona sp</i>	SM, T, LI	Adultos	
			<i>Chlamidotheca deformis</i>	SM, LI	Adultos	
	Ostrácoda	Podocopa/ Cyprididae	<i>Strandesia bicuspis</i>	LI	Adultos	
		Odonata / Aeshnidae	<i>Aeshna sp</i>	SM, T	Ninfas varias etapas	
		Coenagrionidae	<i>Ischnura sp</i>	LI, T, SM	Ninfas varias etapas	
		Libellulidae	<i>Acanthagrion sp</i>	LI	Ninfas	
			<i>Dythemis sp</i>	SM, LI	Ninfas varias etapas	
		Ephemeroptera/ Baetidae	<i>Baetis sp</i>	SM	Ninfa	
Tricorythidae		<i>Tricorythodes sp</i>	LI, SM			
Hemiptera / Naucoridae		<i>Pelocoris sp</i>	SM	Ninfa temprana		
Notonectidae		<i>Buenoa sp</i>	SM, T	Adultos, ninfas		
Belostomatidae		<i>Belostoma sp</i>	SM	Adultos, ninfas		
		<i>Lethocerus sp</i>	SM, T, LI	Adultos		
Corixidae		<i>Hesperocorixa sp</i>	T, SM	Adultos, ninfas		
Nepidae		<i>Sp 1</i>	LI, SM, T	Ninfas, adultos		
SubPhylum Unirramia		Insecta	Coleóptera / Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp</i>	T, SM	Larvas y adultos
				<i>Berosus sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos
			<i>Acilius sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
	Dytiscidae		<i>Dytiscus sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
			<i>Agabus sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
	Curculionidae		<i>Sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
	Elmidae		<i>Zaitzevia sp</i>	SM	Larvas y adultos	
			<i>Stenelmis sp</i>	SM	Adultos	
	Diptera / Chironomidae		<i>sp1, sp2</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas	
	Chironominae		<i>sp1</i>	T, SM, LI	Larvas	
	Tanypodinae		<i>sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas	
	Orthoclaadiinae		<i>sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas	
	Ceratopogonidae		<i>sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas	
	Culicidae		<i>Culex sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas	
			<i>Anopheles sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas	
	<i>Aedes sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas			
Tabanidae	<i>Crysops sp</i>	SM,	Larvas			

**Tabla 4.** Relación de macroinvertebrados colectados en los esteros semipermanentes San Martín (SM), El Trompillo (T) y La Ilusión (LI) en muestreos multianuales en los meses de noviembre o diciembre. Se enfatizan las etapas de los ciclos vitales

PHYLUM	CLASE	ORDEN / FAMILIA	GÉNERO / ESPECIE	ESTERO	ETAPAS DEL CICLO VITAL	
Mollusca	Gasterópoda	Pilidae	<i>Pomácea</i>	SM, LI	Adultos.	
		Planorbidae	<i>Helisoma</i>	LI, SM, T	Adultos.	
		Unionidae	<i>Tropicorbis sp</i>	SM, T	Adultos	
	Bivalva	Sphaeriidae	<i>Anodontites sp</i>	LI, SM, T	Adultos, valvas	
			<i>Sp 1</i>	SM	Adultos	
	Anelida	Oligochaeta		<i>Dero digitata</i>	SM, T, LI	Adultos, capullos
			Naididae	<i>Dero furcatus</i>	SM, T, LI	Adultos, capullos
				<i>Pristina sp</i>	SM	Adultos, capullos
		Tubificidae		<i>Tubifex sp</i>	SM, T, LI	Adultos, capullos
				<i>Glossiphonia sp</i>	SM, T	Adultos
Hirudinea		Glossiphoniidae		<i>Helobdella sp 1</i>	SM	Adultos, juveniles
				<i>Helobdella sp2</i>	SM, T	Adultos, juveniles
Arthropoda						
SubPhylum						
Chelicerata	Arachnida	Hydracarina	<i>Sp 1</i>	SM	Adultos	
			<i>Sp 2</i>	SM	Adultos	
			<i>Chydorus sp</i>	SM, T, LI	Adultos, Efiptos	
		Chydoridae	<i>Alonella sp</i>	SM, T, LI	Adultos, Efiptos	
			<i>Eurialona sp?</i>	SM	Adultos	
	Branchiopoda	Daphniidae	<i>Ceriodaphnia sp</i>	SM	Adultos, Efiptos	
		Sididae	<i>Pseudosida cf bidentata</i>	LI, SM	Adultos, Efiptos	
		Macrothricidae	<i>Hyliocriptus sp</i>	LI	Adultos, Efiptos	
		Conchostraca	<i>Cyclestheria hislopi</i>	T	Adultos	
SubPhylum	Copépoda	Cyclopoidea	<i>Allocyclops sp?</i>	SM, T, LI	Adultos	
		Calanoida	<i>Sp 1</i>	SM, LI	Adultos	
	Malacostraca	<b>Decapoda</b>	<i>Dilocarsinus sp.</i>	SM	Adultos	
		Brachyura				
		<b>Podocopa</b> / Cyprididae	<i>Candona sp</i>	SM, T	Adultos	
	Ostrácoda			<i>Chlamidotheca deformis</i>	SM	Adultos
				<i>Chlamidotheca Sp2</i>	SM	Adultos
				<i>Strandesia bicuspsis</i>	LI, SM, T	Adultos
			<b>Odonata / Aeshnidae</b>	<i>Aeshna sp</i>	SM, T	Ninfas
			<b>Coenagrionidae</b>	<i>Argia sp</i>	T, LI	Ninfas
		<i>Acanthagrion sp</i>	LI, SM	Ninfas		
		Libellulidae	<i>Dythemis sp</i>	SM, LI	Ninfas	
		Neuroptera / Corydalidae	<i>Neohermes sp</i>	T	Larvas	
		Hemiptera / Naucoridae	<i>Pelocoris sp</i>	SM, LI, T	Adultos	
		Notonectidae	<i>Buena sp</i>	SM, LI, T	Adultos	
		Belostomatidae	<i>Belostoma sp</i>	SM, LI, T	Adultos	
			<i>Lethocerus sp</i>	SM, T, LI	Adultos	
		Corixidae	<i>Hesperocorixa sp</i>	T	Adultos	
		Nepidae	<i>Sp 1</i>	LI, SM, T	Adultos, ninfas	
		Coleóptera / Hydrophilidae	<i>Berosus sp</i>	T, SM, LI	Larvas	
			<i>Acilius sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
SubPhylum	Insecta	Dytiscidae	<i>Dytiscus sp</i>	T, SM, LI	Adultos	
			<i>Lacophilus sp</i>	SM	Adultos	
			<i>Agabus sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
		Curculionidae	<i>Sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
			<i>Zaitzevia sp</i>	T, SM, LI	Larvas y adultos	
			<i>Stenelmis sp</i>	T, SM, LI	Adultos	
		Diptera / Chironomidae	Chironominae	<i>sp1</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
				<i>sp2</i>	SM, T	Larvas y pupas
			Tanypodinae	<i>sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
			Orthoclauiinae	<i>sp 1</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
			Ceratopogonidae	<i>Alluaudomya sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
				<i>Culex sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
			Culicidae	<i>Anopheles sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
				<i>Aedes sp</i>	T, SM, LI	Larvas y pupas
			Tabanidae	<i>Crysops sp</i>	SM, LI, T	Larvas
Tipulidae	<i>Tipula sp</i>		SM, LI, T	Larvas		



**Figura 4.** Abundancia de macroinvertebrados. A: Número de familias por etapa de muestreo. B: Número de géneros por etapa de muestreo en los esteros San Martín, El Trompillo y La Ilusión

## DISCUSIÓN

A partir de la interpretación de la información de las Tablas 2, 3 y 4, se identifica cómo las comunidades de macroinvertebrados de los esteros semipermanentes de sabana inundable y de desborde en la altillanura casanareña, desarrollan procesos de sucesiones ecológicas secundarias, dependientes y acorde con la presencia- ausencia, el nivel y la variación de las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua durante cada ciclo hidrológico anual. Es de resaltar que la investigación biológica y fisicoquímica en pequeñas lagunas tropicales temporales y semipermanentes es insipiente, lo que limita una discusión confrontada en la mayoría de los tópicos analizados en el presente trabajo.

Dependientes de la variación pluviométrica en la zona de estudio (Figura 3) en el transcurso de cada ciclo hidrológico anual, los registros de cada una de las cuatro variables fisicoquímicas (Tabla 1), indican comportamientos importantes tales como: La temperatura del agua (Promedio 29 °C) presenta una fluctuación moderada, pero que dependiendo del nivel, el volumen del agua y la exposición lumínica, influye significativamente en la ecofisiología y los procesos reproductivos de los macroinvertebrados allí establecidos y en la tasa de evaporación.

La conductividad eléctrica (CE) indica de manera indirecta la salinidad o cantidad de iones disueltos en el agua y está determinada entre otras, por la producción primaria, el grado de descomposición de materia orgánica, la geoquímica de la cuenca circundante (Roldán, 1992; Ramírez & Viña 1998; Montoya y Aguirre 2009), la evaporación y el uso antrópico dado al suelo. El estudio registra una Conductividad Eléctrica con promedio de 264  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , el cual es significativamente alto frente a los reportes para aguas continentales naturales que en promedio son inferiores a 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Roldán, 1992) El menor valor registrado en el presente estudio (145  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) corresponde a los meses de julio - agosto, en tanto que el más alto (420  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) es del mes de diciembre (Tabla 1) cuando el estero entro en etapa final de desecación. Para la elevada CE en los puntos de muestreo, es determinante la abundante necromasa vegetal en descomposición y el aporte de residuos orgánicos de animales bovinos al hacer uso como abrevaderos en los pequeños charcos de los esteros semanas o días antes de su desecación total. La CE tiene efectos ecofisiológicos sobre la osmoregulación y la supervivencia de los organismos y es evidente en el caso particular de los macroinvertebrados de ecosistemas acuáticos semipermanentes y temporales de la Orinoquía. La CE está directamente

relacionada con el aumento de la temperatura y la tasa de evaporación e inversamente con la disminución del volumen de estos cuerpos de aguas lénticas al disminuir las precipitaciones y comenzar la época de sequía. El pH (Promedio 6.0), depende de la relación existente entre los mecanismos de amortiguación o sistemas "Tampon" en el medio acuático, la liberación de CO<sub>2</sub> por la degradación de biomasa y los procesos respiratorios. Complementa procesos ecofisiológicos en los organismos acuáticos. El Oxígeno Disuelto (OD), con valores promedio 4.4 mg/l en el presente estudio, como gas vital es necesario por todas las formas de vida para sus procesos respiratorios. Su concentración varía con la Presión Atmosférica, la Temperatura del medio y la CE. En los esteros, compiten por OD las diferentes formas de vida y los procesos de biodegradación de materia orgánica. La menor concentración de OD en los esteros se registra en noviembre- diciembre (Promedio 3.2 mg/l con algunos registros menores de 1.0 mg/l), cuando los esteros están en etapa final de secado, aumenta la degradación de necromasa de origen animal y vegetal, aunado al aumento de la Temperatura y la CE. El OD presenta un valor intermedio a inicios del llenado de los esteros (Promedio 3.6 mg/l) y su mayor concentración se registra en los meses de junio, julio y agosto (Promedio 6.4 mg/l).

Se evidencia variación importante en la abundancia de macroinvertebrados para cada una de las tres épocas establecidas de muestreo en el ciclo hidrológico anual (figura 4: A y B) representada integralmente en 19 familias con 29 morfoespecies para los meses de abril- mayo, 29 familias con 47 morfoespecies para junio- julio- agosto y de 35 familias con 57 morfoespecies para noviembre - diciembre; así como el aumento y diversificación de etapas de los ciclos vitales en las diferentes formas de los ciclos de vida. Con excepción de la mayoría de los insectos anfibióticos, los demás grupos tienen ciclos reproductivos cortos, razón por la cual hubo presencia significativa de larvas, pupas y ninfas o estados juveniles en las etapas II y III de muestreos.

La presencia temprana de larvas de los microcrustáceos Cladocera, Copepoda y Ostrácoda, así como larvas, pupas y ninfas, de insectos en los

esteros durante los meses de abril y mayo, indica la existencia de huevos fecundados y embriones en etapa de vida latente enquistados en el sedimento desecado, formas de vida que han quedado allí desde los meses de noviembre o diciembre y que se activan con las primeras inundaciones de sabana y el proceso de llenado de las lagunas tropicales semipermanentes. En los muestreos de la época III (noviembre y diciembre) se colectó abundante número de efipios de cladóceros, los cuales alojan huevos embrionados en vida latente que sobreviven a la desecación. Los efipios son estructuras formadas por el exoesqueleto liberado en el proceso de ecdisis, cuando las condiciones del medio acuático son desfavorables para el establecimiento de nuevas cohortes de una especie de cladóceros en particular.

Llama la atención la estrategia de supervivencia del microcrustáceo bentónico *Cyclestheria hislopi* (Baird 1859) del Orden Conchostraca, el cual solo se colectó en el estero el Trompillo, únicamente durante los meses de septiembre a noviembre, época coincidente con el inicio de secado del cuerpo de agua. Ello permite identificar una estrecha relación entre las condiciones ambientales específicas del medio con la presencia - ausencia de *Cyclestheria hislopi*, pues debe permanecer en el estero en forma de vida embrionaria latente durante la mayor parte del ciclo anual. Esta fue reportada para la zona por vez primera por Camacho (1988), en desarrollo de su Trabajo de Maestría.

Otros grupos presentes en los esteros, tales como Gasterópoda, Bivalva, Oligochaeta, Hirudínea, Hydracárida, son de hábitat acuático con ciclos de vida de meses y hasta años. Su presencia y permanencia en estos ecosistemas semipermanentes, en el periodo de secado puede deberse a que como adultos entren en un proceso de estivación o dejan huevos y embriones en vida latente protegidos por envolturas estructurales secretadas por ellos mismos, en ambas situaciones se activan una vez los esteros inician su nuevo proceso de llenado.

Es de interés particular conocer la presencia de coleópteros adultos de las familias Hydrophilidae, Dytiscidae y Curculionidae en las primeras semanas de acumulación de agua en los esteros (abril y mayo).

Estos son buceadores - voladores y podrían abandonar el ecosistema acuático al final del proceso de desecación y temporalmente establecerse en ecosistemas acuáticos permanentes cercanos o en depósitos de agua de las bromelias tipo tanque, o bien permanecer como adultos en estado de latencia en los sedimentos de los esteros durante el periodo desecado.

Cada especie en particular desarrolla estrategias de supervivencia, de forma dependiente de la

presencia - ausencia y características fluctuantes de los ecosistemas acuáticos semipermanentes y temporales de sabana y de desborde en la Orinoquía. Por lo anterior es necesario profundizar en los estudios ecofisiológicos específicos para generar nuevos aportes al conocimiento de la Historia Natural de los macroinvertebrados y de línea base como soporte para los programas de conservación de los ecosistemas de la Orinoquía y la diversidad biológica asociada.

## REFERENCIAS

BALDWIN H, CHANDLER G. Fresh Water Biology. Second edition. By S.T. Edmondson. New York 1959. 780 p.

BRINKHURST RO, MARCHESE MR. Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centro América. Segunda edición, Colección Climax N° 6 Asociación Ciencias Naturales del Litoral. Santo Tomé Argentina 1991. 207 p.

CAMACHO JA. Estudio comparativo de la espermatogénesis en tres especies de conchostráceos colombianos: *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859), *Eulimnadia magdalenensis* Roessler, 1988 y *Lynceus* sp (Arthropoda, Crustácea, Branchiopoda, Conchostraca). Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia 1988.

CAMACHO JA. Contribución al estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el Departamento de Casanare (Colombia). Rev. Ciencia en Desarrollo 1995; 2 (2)36- 49.

CAMACHO JA, RUÍZ JE. Evaluación Limnológica del Embalse La Copa (Boyacá Colombia). Primera Etapa. En Memorias Segundo Seminario Nacional de Limnología. Medellín 1994. 77- 84.

GAVIRIA E. Claves para las especies colombianas de las familias Naididae y Tubificidae (Oligochaeta, Annelida). Caldasia 1993. 17 (2): 237- 248.

MARGALEF R. Ecología. Edit. Omega 1995. 951 p.  
MERRITT R, CUMINS K. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. USA 1978. 441p.

MICHAELSEN W. Die Oligochaeten Columbias: In Mem. Soc. Neaucht. Sci. Nat. 1914; 5: 201- 252.

MONTOYA Y, AGUIRRE N. Cambios nictemerales de variables físicas y químicas en la Ciénaga de Patícos, complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. Rev. Biol. Trop, sep. 2009; 57(3)635-646.

ODUM E. Ecología. Edit. Interamericana 1986. 639 p.

PENNAK R. Fresh Water Invertebrates of the United States. Edit. Jhon Wiley. New York 1991. 650p.

PIAGET J. Quelques Mollusques de Colombie. Mem. Soc. Neaucht.. Sci. Nat. 1914. 5: 253- 269.

RAMÍREZ A, VIÑA G. Limnología colombiana. BP Exploration Company (Colombia) Ltd. 1998. 293 p.



ROESSLER E. Estudios Taxonómicos, Ontogénicos, Ecológicos y Etológicos sobre los ostrácodos de agua dulce en Colombia. V Estudio Taxonómico del género *Chlamidotheca* Saussure 1858 (Ostrácoda, Podocopa, Cyprididae). Rev. Caldasia 1985; 24(67) 329 - 354.

ROESSLER E. Estudio Taxonómico del género *Strandesia* Stuhlmann 1888 (Ostrácoda, Podocopa, Cyprididae). Rev. Caldasia 1986: 25(71- 72) 577- 598.

ROLDÁN PÉREZ G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados en el Departamento de Antioquia.

Fondo FEN Colombia, Colciencias- Universidad de Antioquia, Bogotá. Editorial Presencia Ltda, 217 p. 1988.

ROLDÁN PÉREZ G. Fundamentos de Limnología neotropical. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia 1992. 529 p.

ROLDÁN PÉREZ G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/ Col. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia 2003. 170p.

SMITH RL, SMITH TM. Ecología. 4º edición. Addison Wesley, Madrid 2001. 642p.

# **Listado preliminar de larvas de anuros presentes en lagunas tropicales semipermanente y charcos temporales de sabana en época de altas lluvias, Yopal- Casanare**

## **Preliminary list of anuran larvae in ponds and temporary pools of tropical savanna in times high rainfall season, Yopal, Casanare**

Claudia P. Camacho-Rozo<sup>1</sup>, Jairo A. Camacho-Reyes<sup>2</sup>

Escuela de Ciencias Biológicas, Grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad "XIUA"-  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- UPTC- Tunja

<sup>1</sup> Bióloga egresada de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad "XIUA" - UPTC. Estudiante de Posgrado del Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Universidad Central de Venezuela. claopatty07@gmail.com

<sup>2</sup> Docente Asociado- Escuela de Ciencias Biológicas, Grupo Manejo Integrado de Ecosistemas y Biodiversidad "XIUA" - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia- UPTC- Tunja

### **RESUMEN**

Se realizó el inventario preliminar de anuros en estado larval, sobre 144 lotes colectados en dos esteros semipermanentes y cuatro charcos temporarios, en sabana inundable y de desborde de la altillanura en el municipio de Yopal, Casanare (05° 21' 31"N 072° 13' 16"W, 214 msnm), durante la época de alta precipitación (mayo, junio y julio) de 2008. Se registraron cinco Familias de anuros con diez Géneros y trece Especies. La Familia Hylidae, presento siete especies que corresponden al 53,84 % de la riqueza con preferencias de hábitat acuático; junto a la Familia Leptodactylidae con tres especies (23,07 %), siendo estos los grupos dominantes en los esteros semipermanente y charcos temporales, respectivamente. La riqueza registrada en el estudio representa el 59,09 % del total de la herpeto-fauna con desarrollo indirecto conocida para Casanare y el 28,26 % de la Orinoquia colombiana. En los dos esteros tropicales se registro el mayor número de especies de anuros en etapa larval, comparado con lo observado en los charcos de lluvia temporarios (a excepción de uno de estos).

**Palabras clave:** Anuro fauna, renacuajos, esteros semipermanentes, charcos, Orinoquía.

## ABSTRACT

A preliminary report of tadpoles of anura, on the 144 lot in the two semipermanent tropical ponds and four rain temporally pond, in flooded savanna and overflow in the high plains of the municipality of Yopal-Casanare municipality, department of Casanare (05° 21' 31"N 072° 13' 16"W, 214 msnm). This collect was in temporally high rain (may, june and july) of 2008. The fauna consisted of five family of frogs reported with ten genus and thirteen species. The Hylidae family, preset seven species, this is correponded the 53,84 % of abundance with preferece of habitat pond lentic; the family Leptodactylidae have three species (23,07 %). This are group are more dominate in semipermanent tropical ponds and temporally pond, respectively. This abundance report in this articule represent the 59,09 % of totaly of anura with indirect develop know from Casanare and the 28,26 % of Orinoquia colombian. In two tropical ponds are report the more number of species of tadpoles, with relation the tadpoles present in rain pond.

**Key words:** Anura, tadpoles, semipermanent tropical ponds, temporally pond, Orinoquía.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el departamento de Casanare es una zona del país donde son escasos los registros con aportes al conocimiento sobre la anuro-fauna, tanto de la forma larva como en los adultos. Ello se evidencia por el limitado número de inventarios sistemáticos, de publicaciones y divulgación de algunas investigaciones producto de trabajos de grado así como de evaluaciones ambientales de ONGs o de CORPORINOQUÍA, realizados sobre los anuros de la región.

Para la región de la Orinoquia se conoce un limitado número de trabajos sobre la anurofauna de la región entre los cuales es posible citar Cáceres-Andrade & Urbina-Cardona (2009), Suárez- Mayorga (1999), Camacho- Rozo (2008), Zorro (2007), López (2008), Lynch (2006), Acosta- Galvis (2000), Cochran & Goin (1970) y por ultimo Dunn (1944).

Es importante desarrollar trabajos de línea base como el presente, en donde se hacen nuevos aportes al conocimiento de la historia natural de la anuro-fauna en etapa larval dado que esta actúa como sensor, para comprender las particularidades del equilibrio ecosistémico y el comportamiento de la diversidad biológica en humedales (esteros) semipermanentes y charcos temporales en sabana inundable y de desborde en la altillanura Casanareña y Orinocense, frente al efecto de las actividades antrópicas en la región.

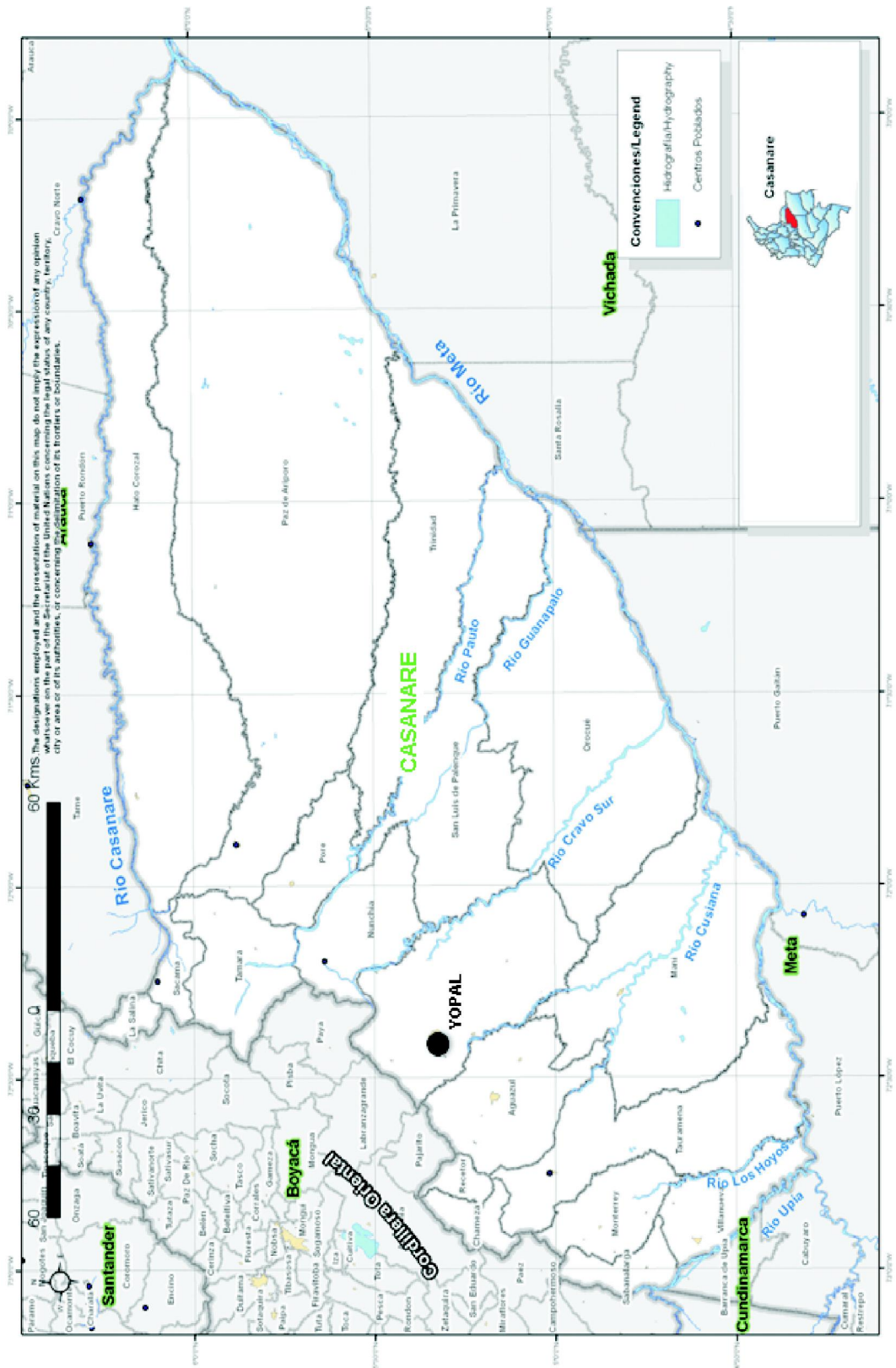
Por lo anterior, se puede considerar que este listado preliminar de anuros en etapa larval presentes en esteros semipermanentes y charcos temporales de sabana, contribuye significativamente a mediano y largo plazo en el establecimiento de líneas de investigación y de mecanismos para la valoración y la conservación de anfibios de la Orinoquia, identificando la relación con sus hábitats y en el contexto del equilibrio ecosistémico.

## MATERIALES Y METODOS

**Área de estudio:** los cuerpos de agua estudiados se localizan en jurisdicción del municipio de Yopal, en la vereda Tacarimena a 25 kilómetros del casco urbano, en la finca La Moravia (05° 21' 31"N 072° 13' 16"W, 214 msnm) sobre la margen derecha del Río Cravo Sur, afluente del río Meta (Figuras 1 y 2). Los dos esteros son naturales y se localizan en áreas definidas en el tiempo, en tanto que los charcos

temporarios fueron seleccionados al azar. El estero San Martín aloja volúmenes de agua con una permanencia de 10 a 11 meses al año y tiene una extensión de 4 hectáreas (Camacho, 1995), el cual en la época de altas lluvias drena al caño San Martín y en épocas de inundaciones es subsidiado por éste y por el Río Cravo Sur, alcanzando una profundidad máxima de 1,50 mts. Este está cubierto por

Figura 1. Mapa hidrográfico, ubicación geográfica del departamento de Casanare, Colombia. Tomado y modificado el 5 de junio de 2010, de [http://www.colombiashh.org/site/IMG/png/Casanare\\_A3\\_sin.png](http://www.colombiashh.org/site/IMG/png/Casanare_A3_sin.png)



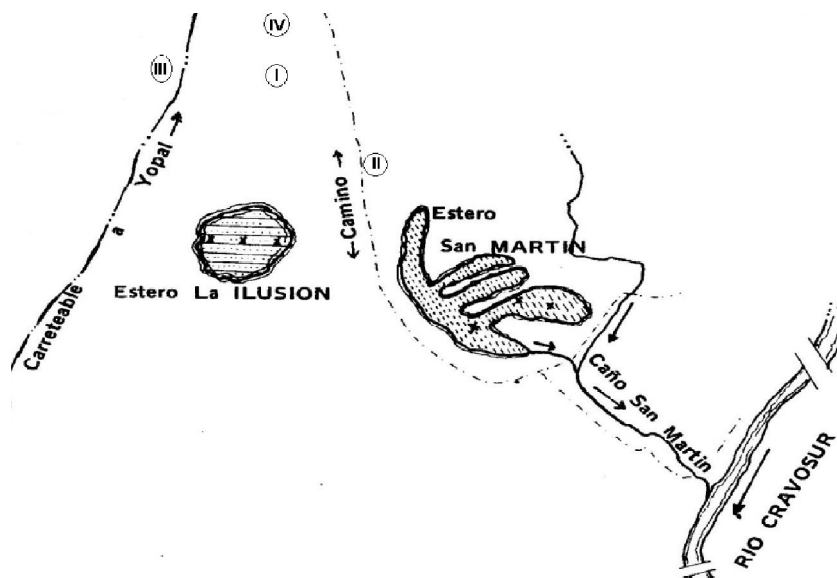
vegetación herbácea enraizada emergente y flotante que desaparece en época de sequía. El estero la Ilusión, es un cuerpo de agua semipermanente, con una extensión aproximada de 1.0 a 1.2 hectáreas, y localizado al sur del estero San Martín, a una distancia aproximada de un kilómetro con ubicación geográfica de 05° 21' 14.89"N 072° 13' 19.78"O. El volumen y el nivel de agua almacenado, dependen de las precipitaciones locales, el nivel freático y las inundaciones de sabana, por no presentar comunicación superficial con otros cuerpos de agua. Alcanza una profundidad máxima de 0.8 metros. Este ecosistema tiene una permanencia de 8,5 a 9 meses al año, con vegetación herbácea enraizada emergente y flotante que desaparece en época de sequía. Está bordeado de vegetación de sabana. Los cuatro charcos temporales (Figura 2) se seleccionaron en sabana abierta, con alta intervención de pastoreo y actividades agrícolas.

Acorde con los registros del IDEAM, el régimen de distribución de lluvias en el sector del municipio de Yopal y sus alrededores es de tipo unimodal, presenta una época de mayor precipitación, entre los meses mayo y junio, con valores que oscilan entre 413.9 y 411 mm, la temperatura ambiente promedio anual es de 26 °C.

**Muestreos:** las colectas se iniciaron desde la primera semana del mes de mayo del 2008, al comienzo de la época de lluvias para la zona y de las inundaciones en los esteros objeto de estudio. Se realizaron muestreos sistemáticos en los diferentes microhábitats durante el día, con una frecuencia semanal hasta finales del mes de julio del 2008 y con un esfuerzo de muestreo de 120 horas/hombre, empleando mallas manuales de anejo (ojo de malla de aproximadamente 1mm), planas para muestreos superficiales, ideadas para trabajar este tipo de hábitats y microhábitats en los que se encuentran estas formas larvales de anuros. Las colectas en los charcos temporales, fueron semanales y se tuvo en cuenta desde la formación de cada uno de estos, la duración y la periodicidad hasta su secado.

Se realizaron colectas de manera independiente en la zona litoral y en las zonas de mayor profundidad, identificándose preferencias de microhábitat.

**Preservación de especímenes:** el sacrificio y fijación se realizó con una solución de formalina en proporción de 2 partes de formol por 8 de agua, manteniendo las muestras en esta durante 4 a 12 horas y posteriormente se transfirieron a una solución preservante de formol al 10 % (Cortez *et al*, 2006). El



**Figura 2.** Ubicación de área de estudio. Tomado y modificado de Camacho (1995). I Charco muestreado 1, II Charco muestreado 2, III Charco muestreado 3 y Charco muestreado 4

material fue etiquetado y depositado en la Colección de Anfibios del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia.

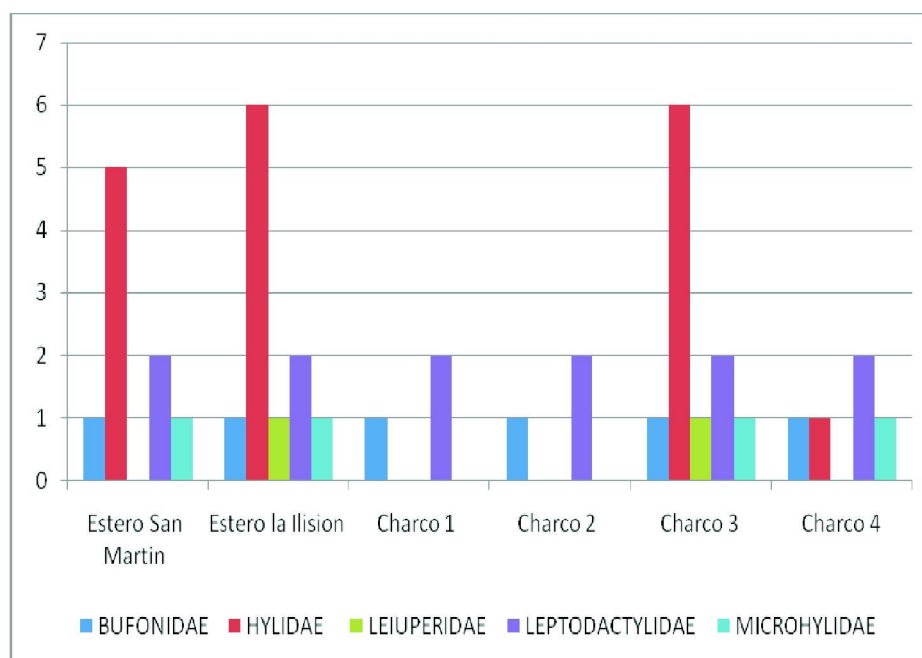
**Identificación taxonómica:** Con ayuda de un estereoscopio y material bibliográfico de Lips (2001), McDiarmid *et al* (1999), Lynch (1998) y los estadios de desarrollo larvarios a partir de la tabla Gosner

(1960); la identificación taxonómica se hizo acorde con el reconocimiento de series de desarrollo y colecciones de referencia de adultos y neonatos, comparando características como: posición de los ojos, espiráculos, tubos anales, posición y forma de las narinas, el número de hileras presentes, espacios, placas mandibulares, queratinización y papilas, así como la observación y descripción de la coloración.

## RESULTADOS

En el presente estudio se registraron 13 especies pertenecientes a 5 Familias y 10 Géneros (Figura 3

y Tabla 1) que utilizan los cuerpos de aguas lénticos semipermanentes y temporarios como parte de sus hábitats para el proceso reproductivo.



**Figura 3.** Abundancia de especies por familia para cada uno de los seis puntos de muestreo

## DISCUSIÓN

A partir de la composición taxonómica de las especies de anuros en etapa larval (figura 3 y Tabla 1), la riqueza registrada en el estudio representa el 59,09 % del total de la herpeto-fauna con desarrollo indirecto conocida para Casanare y un 28,26% de la Orinoquia colombiana.

Las larvas de anuros registradas en el presente estudio se caracterizan por sus preferencias a hábitats de aguas lenticas semipermanentes y temporales. Estas se encuentran representadas por las ranas arborícolas de la Familia Hylidae, con siete especies que corresponden al 53,84 % de la riqueza de las especies con preferencias de hábitat acuático



en esta etapa del ciclo vital. En segundo lugar están las ranas terrestres de la Familia Leptodactylidae, con 3 especies (23,07 %), siendo estos dos grupos los dominantes en los esteros San Martín y la Ilusión y charcos temporales, respectivamente.

En la familia Hylidae las ranas del género *Scinax* registra 2 especies, seguido *Dendropsophus*, *Hypsiboas*, *Phyllomedusa*, *Pseudis* y *Trachycephalus* con un representante cada uno. Por otra parte la familia Leptodactylidae está representada exclusivamente por 3 especies del género *Leptodactylus* (Tabla 1). Lo anterior es coincidente con lo propuesto por Duellman (1988) y Suárez- Mayorga (1999) quienes concluyen que en tierras bajas, por debajo de los 1000 msnm son más abundantes dichas familias.

Por otra parte, este estudio coincide con los patrones de distribución encontrados por Lynch (1998), en los cuales plantea que las especies de tierras bajas presentan amplias distribuciones, contrario a las especies presentes en tierras altas, las cuales son de distribuciones localizadas.

El presente estudio tuvo como objeto el registro de anuros en los cuerpos de aguas lénticos, acorde con Suárez- Mayorga (1999) quien plantea que las especies de tierras bajas hacen uso predominante de ambientes lénticos como sitios de crianza de larvas, que eclosionan de huevos ya colocados sobre el agua (modo más común) o sobre la vegetación emergente. Así mismo, se registró el mayor número de especies de anuros en etapa larval en las lagunas tropicales, comparado con lo observado en los charcos de lluvia temporarios (a excepción del charco 3), a razón de la complejidad ecosistémica y permanencia en el tiempo de estos cuerpos de agua, los cuales garantizan la supervivencia de gran parte de las posturas depositadas allí.

Por otro lado, la presencia de un mayor número de especies en los esteros, se podría relacionar con los diferentes modos y requerimientos reproductivos de las especies, como también al efecto y la respuesta adaptativa de estos animales a fuertes cambios en las características fisicoquímicas y ambientales de estos cuerpos de agua (Camacho- Roza 2008).

## Modos reproductivos

Los modos reproductivos corresponden a la clasificación de Duellman & Trueb (1986), los cuales pueden presentarse de diferentes formas dentro de una familia. En las especies colectadas en el presente trabajo fue posible observar:

Por un lado, la familia Bufonidae se caracterizó en el presente estudio por depositar sus huevos con forma cadenas gelatinosas espiraladas sobre la superficie de los cuerpos de agua, especialmente los charcos de lluvia con profundidades menores a 20 cm. Estas posturas usualmente se encontraron fijadas sobre la vegetación sumergida, de manera similar a lo descrito por López (2008).

Por su parte, la familia Hylidae presenta un gran número de modos reproductivos. Entre las estrategias más comunes dentro del grupo está depositar en el agua los huevos, los cuales pueden ser desde de unas pocas docenas hasta 2000. Dichas masas gelatinosas se adhieren a los vegetales sumergidos ó al azar en el fondo del charco (López 2008). Pero en el caso de tanto *Dendropsophus mathiassoni* y otras especies no reportadas en el presente estudio, como *Dendropsophus minutus* y *Scinax wandae*, se presentan ciclos de vida cortos, cuyas posturas no son muy numerosas y son colocadas junto a la vegetación sumergida de los cuerpos de agua.

Así mismo especies como *Hypsiboas crepitans* y *Dendropsophus mathiassoni* no presentan construcción de nidos, por lo cual podemos establecer que dichas especies requieren de cuerpos de agua lénticos para depositar sus huevos directamente en estos, donde se desarrollara el renacuajo, tal como lo plante Duellman & Trueb (1986). El género *Phyllomedusa*, depositan sus huevos en hojas de lámina grande, con las que construye un nido rústico en forma de "cucurucho", que la hembra cementa con las secreciones propias de la puesta. Cuando los huevos eclosionan las larvas caen al agua (Duellman & Trueb 1986). Lo cual explicaría las razones que este género solo fue encontrado en un solo charco de lluvia, el cual contiguo a él se presentaba un árbol de gran porte. Situación que no se repetía en los demás cuerpos de agua.

**Tabla 1.** Especies colectadas en el área de estudio. SM= Estero San Martín, LI= Estero la Ilusión, C1= Charco 1, C2= Charco 2, C3= Charco 3 y C4= Charco 4

FAMILIA	ESPECIE	HABITAT	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL	MODO REPRODUCTIVO (Duellman, 1986)
BUFONIDAE	<i>Rhinella granulosa</i>	SM, LI, C1, C2, C3, C4	0- 1500	1
	<i>Dendropsohus</i>			
	<i>mathiassoni</i>	SM, LI, C3	280- 800	18
	<i>Hypsiboas crepitans</i>	LI, C3, C4	0- 1700	1
	<i>Phyllomedusa</i>			
HYLIDAE	<i>hipochondrialis</i>	C3	100- 550	18
	<i>Pseudis paradoxa</i>	SM, LI, C3	100-500	8
	<i>Scinax rostratus</i>	SM, LI, C3	30- 1100	1
	<i>Scinax ruber</i>	SM, LI, C3	0- 1100	1
	<i>Trachycephalus</i>			
LEIUPERIDAE	<i>venulosus</i>	SM, LI	0- 800	1
	<i>Physalaemus</i>			
	<i>fischeri</i>	LI, C3	200- 900	21
	<i>Leptodactylus</i>	SM, C1, C2,		
	<i>fragilis</i>	C3, C4	0- 1100	21
LEPTODACTYLIDAE	<i>Leptodactylus</i>	SM, LI, C1,		
	<i>fuscus</i>	C2, C3, C4	0- 1500	21
	<i>insularum</i>	LI	80- 500	12
MICROHYLIDAE	<i>Elachistocleis ovalis</i>	SM, LI, C3, C4	200- 500	1

Por su parte, especies como *Pseudis paradoxa* colocan sus huevos en número de hasta 100 en masas apenas espumosas (López 2008), entre la vegetación de las márgenes del cuerpo de agua, generalmente permanentes o semipermanentes, ya que como se pudo observar en este estudio, esta especie tiene un ciclo de vida larval mucho más largo en relación con las otras especies colectadas en los mismos cuerpos de agua donde se registro la presencia de este.

La familia Leptodactylidae presenta la mayor diversidad de estrategias y estructuras para la puesta. Es posible observar especies que ponen sus huevos en masas gelatinosas en el cuerpo de agua. El género *Leptodactylus* hace nidos de espuma para su reproducción sobre charcos donde, una vez eclosionan los huevos, los renacuajos salen y están listos para alimentarse por sí solos. Las especies de estos géneros pueden colocar más de 400 huevos en una postura y eclosionan uno a uno a diferente tiempo (Duellman & Trueb 1986). Así mismo otras especies, construyen nidos de barro con cámara nupcial (López 2008).

En el caso particular de *Leptodactylus fuscus*, se observo que esta especie construye complejos nidos

de barro, donde deposita sus nidos de espuma. Evidenciando una adaptación de semiterrestrealidad, lo cual le permite la colonización de sus hábitats (Zorro 2007).

La familia Leiuperidae al igual que el género *Leptodactylus*, construyen nidos de espuma. Durante el desarrollo del presente estudio se observaron algunas parejas amplexantes en la superficie del cuerpo de agua, cerca de los márgenes. Lo cual podría explicar la formación del nido de espuma, donde la hembra libera los óvulos el macho hace un "batido" con sus extremidades traseras, formando una espuma con sustancias proteicas que salen de la hembra junto con los huevos. Dicha espuma contiene los huevos que quedan flotando y protege a los huevos de la desecación (Zorro 2007).

De esta manera, es posible observar en la tabla 1 como las especies utilizan diferentes estrategias reproductivas, las cuales son una combinación de factores de ovoposición y desarrollo, donde se incluyen: los sitios de ovoposición, las características del ovario y las posturas, la tasa y duración del desarrollo, el estadio y el tamaño de la postura (Camacho- Rozo 2008).

## REFERENCIAS

ACOSTA- GALVIS, A. R. Ranas, Salamandras y Cecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. Biota Colombiana. Colombia, 2000. 1(3) 289- 319.

CÁCERES-ANDRADE, S. P. & J. N. URBINA-CARDONA. Ensamblajes de anuros de sistemas productivos y bosques en el piedemonte llanero, departamento del Meta, Colombia. Caldasia 2009. 31(1) 175-194.

CAMACHO-ROZO, C. P. Composición larval de anuros y caracterización de microhábitats en lagunas tropicales semipermanentes y charcos temporales de sabana en la época de altas lluvias, municipio de Yopal-Casanare. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Básicas, Escuela de

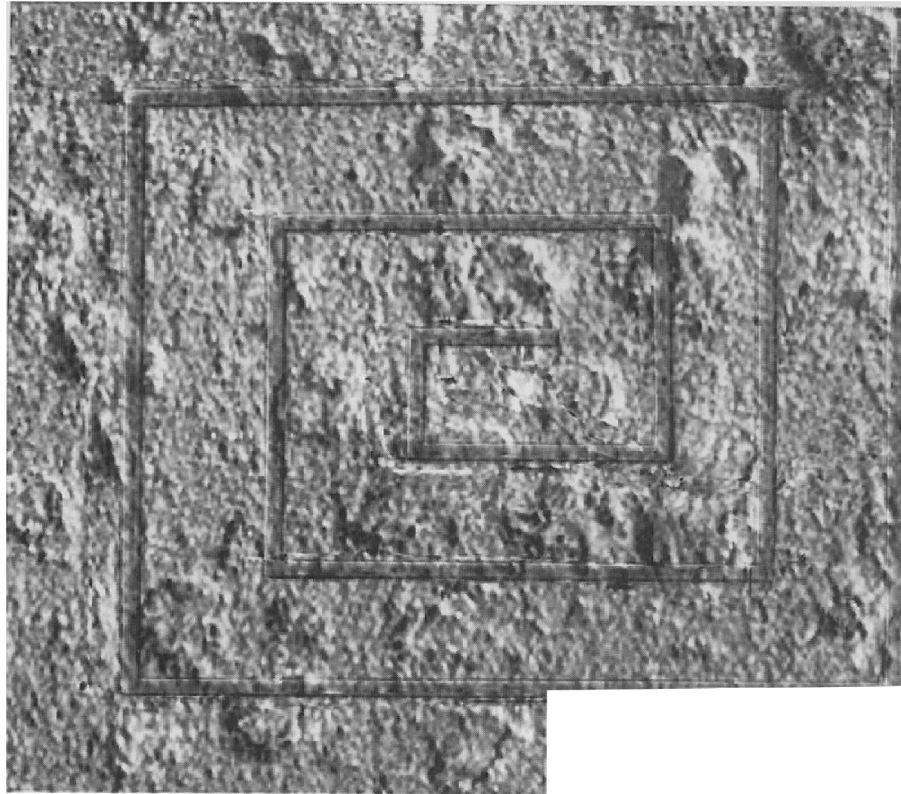
Ciencias Biológicas. Trabajo de grado. Modalidad investigación. Requisito para optar al título de Bióloga. 2008.

CAMACHO, J. Contribución al estudio de los macroinvertebrados acuáticos en tres esteros del departamento del Casanare (Colombia). Ciencia en Desarrollo 1995. 2(2) 36 - 49.

COCHRAN, D.M. & C. J. GOIN. Frogs of Colombia. Smithsonian Institution Press, USA. 1970.

CORTEZ, C.; Á. SUÁREZ- MAYORGA & F. LÓPEZ-LÓPEZ. Preparación y preservación de material científico en Técnicas de inventario y monitoreo para anfibios de la región tropical. Conservación Internacional Colombia 2006. 173 - 218 p.

- DUELLMAN, W. & L. TRUEB. Biology of amphibians. McGraw Hill. USA. 1986.
- DUELLMAN, W. Patterns of species diversity in anura amphibians in the American tropics. *Ann Mis. Bot. Gard*, 1988. 75(1) 79- 104.
- DUNN, E. R. Los géneros de anfibios y reptiles de Colombia. *Caldasia*, 1944. 2: 497 -529.
- GOSNER, K. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetological* 1960. Vol. 16.
- LIPS, K.; J. REHACER; B. YOUNG & R. IBÁÑEZ. Amphibian Manual. Society for study of amphibians and reptiles. *Herpetological circulars*. 2001.
- LÓPEZ, A. *Herpetografica*. En <http://www.yacare.net/saperoweb/index.htm>. Consultado el 7 de abril 2008.
- LYNCH, J. D. New species of *Eleutherodactylus* from in the Cordillera Occidental of western Colombia with synopsis of the distribution of species in western Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 1998. 22 (82) 117- 148.
- LYNCH, J. The Amphibian Fauna In The Villavicencio Region Of Eastern Colombia. *Caldasia* junio 30 de 2006. 28 (1) 135- 155.
- McDIARMID, R. & R. ALTIG. Tadpoles. The biology of anuran larvae. The University of Chicago Press. Chicago and London. 1999.
- SUÁREZ- MAYORGA, A. Lista preliminar de la fauna amphibia presente en el transecto la montaña- alto de Gabinete, Caquetá, Colombia. *Rev. Acad. Colomb.*, 1999. 23 (suplemento especial): 395- 405.
- ZORRO- CERON, J.P. Anuros de piedemonte llanero: Diversidad y Preferencias de Microhábitat. Trabajo de Pregrado Biólogo. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. 2007.



ASPECTOS MORFOFISIOLOGICOS Y MANEJO CLINICO  
DE ESPECIES SILVESTRES

# ESTUDIO DEL PERFIL HEMÁTICO Y METABÓLICO DE CHIGÜIROS (*Hydrochaeris hydrochaeris*) (LINNAEUS, 1766) EN CONFINAMIENTO

## Haematic and metabolic study of chiguiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*) in captivity

José R. Corredor-Matus<sup>1</sup>, José A. Rodríguez-Pulido<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Médico Veterinario Zootecnista, MSc, Profesor asistente Escuela de Ciencias Animales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia-Grupo de investigación sistemas de producción en especies silvestres GISPES, jcorredormatus@gmail.com

<sup>2</sup> Biólogo, Msc, Esp., Profesor Asistente, Facultad de Ciencias básicas, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia-Grupo investigación en genética y reproducción. GIRGA

### RESUMEN

El chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), es considerada actualmente una especie promisoría para la explotación zootécnica, razón por la cual es necesario realizar trabajos que contribuyan a aumentar y fortalecer el conocimiento de la especie en diferentes modelos de explotación *ex situ*, necesarios para conformar modelos de interrelación animal-medio ambiente-producción. Este estudio está dirigido a determinar valores de referencia de biometría hemática, química sanguínea, perfil mineral y enzimático, en los chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*), sometidos a cautiverio. Se corrieron muestras a 21 animales de diferentes edades, localizados en tres sitios distintos. Los valores eritrocíticos y leucocitarios fueron obtenidos mediante métodos clásicos de laboratorio. Se utilizó un analizador de Química sanguínea RA-50 para la determinación de proteínas plasmáticas totales, albúmina, creatinina, colesterol, triglicéridos, urea, ácido úrico, bilirrubina directa y total, alanina aminotransferasa (ALT), aspartato amino transferasa (AST), gamma glutamil transferasa (GGT), creatinín fosfoquinasa (CK) y análisis de electrolitos calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro. La determinación de glucosa se realizó mediante un glucómetro portátil. Los resultados mostraron, que de acuerdo al estado del desarrollo biológico se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para valores de proteínas plasmáticas totales, recuento de glóbulos blancos, creatinina, AST y BUN. Según el sitio de confinamiento las diferencias fueron significativas ( $p < 0.05$ ) para volumen corpuscular medio (V.M.C) entre sitio uno y dos. Para V.M.C, BUN, ácido úrico, AST y potasio, al comparar medias entre sitio uno y tres. Para calcio al comparar medias entre sitio tres y dos. Se concluye que las células predominantes en el recuento diferencial fueron los neutrófilos que presentan características pseudoeosinofílicas, por lo que algunos autores los han clasificado como



eosinófilos, seguido por los linfocitos. Se encontraron diferencias significativas entre algunos parámetros analizados de acuerdo al sitio de muestreo y al estado de desarrollo. Se encontró similitud con parámetros de hematología básica reportados para mamíferos roedores, como valores cercanos en el hematocrito a los del Cotiara (*Myoprocta sp*), la hemoglobina similar al Ñeque (*Dasyprocta sp*), Cuy (*Cricetus sp*), Paca (*Cricetus sp*) y Cutia (*Dasyprocta agouti*), V.M.C. cercano al de Cutia y Cuy, la concentración media de hemoglobina corpuscular (C.M.H.C) fue próximo al Hámster (*Cricetus sp*) y Cuy y cercano al recuento de eosinófilos en el Hámster.

**Palabras Clave:** Capibara, electrolitos, hematología, restricción química, roedor.

## ABSTRACT

Chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*), is a wild specie considered very important to animal products in captivity conditions. It is the reason to carry out studies to increase and become stronger the knowledge of it, in different stages of development in *ex situ* conditions. This is necessary to build models that include the interrelation between animal-environment-production. The goal of this study is to determine values of reference about hematology biometric, blood chemistry, enzymatic and mineral profiles in chigüiro *hydrochaeris hydrochaeris*, in captivity conditions. For this purpose 21 animals, of different ages and placed in three different locations, were bleeding. Red and white blood cells values were obtain according with traditional methods of laboratory. The blood chemistry was processed by the blood chemistry device RA-50, that reported values of total serum proteins, albumin, creatinin, cholesterol, triglycerides, Bun, uric acid, direct and total bilirubin, alanine aminotransferase (ALT), aspartate amino transferase (AST), gamma glutamil transferase (GGT), creatine phosphokinase (CK), and electrolytes analysis such as Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>+2</sup>, PO<sup>-2</sup>. Glucose determination was made by portable glucometro. Results show that according with physiological development stage of animals, significant differences (p < 0.05) were found to total serum proteins, white cells count, creatinin, AST and BUN. According with place of captivity, significant differences (p ≤ 0.05) were found to mean corpuscular volume (MCV), between site one and two; MCV, BUN, uric acid, AST y K<sup>+</sup>, between site one and three; Ca<sup>+</sup> between site three and two; The predominant cells in the differential white cells count were the neutrophils, which presented characteristics pseudoeosinophils, reason which some authors have classified these cells like eosinophiles; The second place of white cells count, were to lymphocytes. Some parameters of chigüiro's hematology were similar to others mammals rodent, for example: hematocrit values, with species like cotiara (*Myoprocta sp*), hemoglobin, like Ñeque (*Dasyprocta sp*), Cuy (*Cricetus sp*), Paca (*Cricetus sp*) and Cutia (*Dasyprocta agouti*), MCV close to Cuy (*Cricetus sp*) and Cutia (*Dasyprocta agouti*), mean hemoglobin concentration corpuscular (MHCC), close to Hámster (*Cricetus sp*) and Cuy (*Cricetus sp*). Eosinophiles count were close to Hámster (*Cricetus sp*).

**Key words:** Capibara, chemical restriction, electrolytes, Hematology, rodent.

## INTRODUCCIÓN

El chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) es el roedor más grande del mundo, adulto mide 1.5 metros de longitud y pesa entre 40 y 70 kg (León 1974), habita zonas bajas inundables (0-1.000 m) desde el canal de Panamá hasta el Norte de Argentina (Azcarate 1980, Emmons 1997). Se encuentran muy

adaptados a la vida semiacuática debido a que sus ojos, orejas y orificios nasales se encuentran ubicados proporcionalmente muy arriba en la cabeza, lo que le permite esconderse en el agua dejando afuera únicamente el extremo superior (Ojasti 1973). En Colombia existen dos subespecies:

La subespecie *Hydrochaeris isthmus* (Torres & Sanabria 1976, Trebbau 1980) distribuida en la Costa Atlántica y Choco y la *Hydrochaeris hydrochaeris* se distribuye en los llanos Orientales, Caquetá, Putumayo y Amazonas.

El *Hydrochaeris hydrochaeris* es especie promisoría para su explotación zootécnica por ser herbívoro, tener alta tasa de reproducción, rápido crecimiento, tolerancia a altas densidades y manejo fácil, lo que permitiría trabajar en su conservación y aprovechamiento económico, utilizando estrategias como la implementación de zocriaderos, que ofrezcan alternativas de producción sostenible (Quintanilla et al. 1994). Estas características de la especie y su potencial, ponen de presente la necesidad de realizar trabajos de investigación que contribuyan a aumentar y fortalecer el conocimiento de *Hydrochaeris hydrochaeris* en diferentes modelos de explotación *ex situ*, tales como la estandarización de valores de referencia en parámetros fisiológicos, necesarios para conformar bases de modelos bioclimáticos de interrelación del animal, medio ambiente y producción.

A pesar del potencial de la especie, en la Orinoquia colombiana son escasos los estudios fisiológicos que sirvan de base para el diagnóstico clínico, de gran utilidad para la comprensión de la especie en sistemas de producción. Diferentes autores han logrado establecer valores de referencia para algunos roedores (Fowler 1986, González 1995, Sousa 1996,

Mangrich 1996, Martínez 1997). Estudios hematológicos del *Hydrochaeris hydrochaeris*, se conocen los trabajos de Etzel 1931 y Hawkey & Dennet 1989, en morfología de eritrocitos; Colveé 1976, Jara y Sánchez 1998, Madella 2006, en valores de hematocrito y colesterol; González-Jiménez y Escobar 1975, Arouca et al. 2000, en recuento de eritrocitos; Arouca et al. 2000, Garavito 2000, Jara y Sánchez 1998, Madella 2006 y ISIS 2008, en valor de hemoglobina, determinación de índices eritrocíticos y recuento de leucocitos; Kaneko 1997, ISIS 2008, en determinación del recuento plaquetario; González 1995 y Arouca et al. 2000, en determinación de proteínas totales y albuminas; Colveé 1976, Rubiano 2000, ISIS 2008, reportaron datos sobre concentración de glucosa sanguínea, ácido úrico y triglicéridos; González-Jiménez y Escobar 1975, Jara y Sánchez 1998, ISIS 2008 reportan concentraciones de creatinina, bilirrubina, nitrógeno ureico sanguíneo y enzimas como AST, ALT, CK; los reportes de electrolitos como Na, K, Cl, Ca y P, han sido hechos por Colveé 1976, Jara y Sánchez 1998, ISIS 2008.

Este estudio está dirigido a realizar un aporte al conocimiento de todos los parámetros hemáticos, química sanguínea, perfiles enzimáticos y de minerales en chigüiros *ex situ*, en su conjunto, evaluando si el estado de desarrollo biológico y las características de los tres diferentes modelos de confinamiento podrían ser significativas en los resultados obtenidos.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Municipio de Villavicencio, ubicado a una altura de 420 m.s.n.m., temperatura promedio de 28 °C, precipitación anual de 4050 mm, humedad relativa del 75 %. Se utilizó un total de 21 chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*) así: Animales subadultos (n=10) 6 machos de 4.3 kilos y 4 hembras de 4.25. Animales adultos (n=11) 9 hembras de 39.2 kilos y 3 machos de 40 kilos. Estos animales estaban localizados en tres sitios: Bioparque los Ocarros (n=11), Hacienda San Carlos (n=4) y Finca Villa del Prado (n=6) en el Municipio de Villavicencio Meta mantenidos bajo un régimen

de cautiverio. La alimentación consistía en forrajes como Kinggrass y Cayeno; concentrado (coneja), maíz; yuca, zanahoria, plátano, lechuga, acelga, arracacha y diversas frutas de cosecha. Para poder afirmar cuáles individuos pertenecían a la categoría de adultos y cuáles a subadultos, se estableció para este trabajo, que los individuos con un peso corporal menor a 25 Kg debían ser considerados subadultos y adultos los individuos que pesaban 25 Kg o más, por no encontrarse registros de EDB en animales en cautiverio. Se incluyeron en el estudio únicamente animales que no presentaban

signos clínicos de enfermedad (descargas nasales, postración, ataxia, caquexia, emaciación, tos, entre otras).

La toma de muestras siempre se realizó entre las 0600 y las 1200 h. La restricción física de los animales se realizó mediante una malla (nasa) utilizando un protocolo de manejo modificado aprobado por la corporación ambiental CORMACARENA. La técnica de inmovilización fue la misma para todos los animales con el objeto de uniformizar el efecto sobre los análisis de sangre (Seal *et al.* 1972, Kock *et al.* 1987, Meyer & Harvey 1998). Para la obtención de sueros, los animales fueron muestreados con agujas vacutainer y equipos venocat calibre 18' o 21' basados en el eritrocito del capibara que tiene un diámetro que varía de 8,5 a 9,0 mm (Etzal, 1931; Hawkey & Dennet, 1989, Citado en Arouca, M.E. *et al.* 2000).

El protocolo para la restricción química utilizado en *Hydrochaeris* cautivos fue la combinación de Atropina 1mg, Xilazina 20 mg y ketamina 50 mg, en dosis de 0.044 mg/kg, 0.5 mg/kg y 3 mg/kg respectivamente modificado de Szabuniewicz *et al.* 1978, citado en González-Jiménez 1995. La mezcla anestésica se administró vía IM. Una vez inmovilizado, se realizaba restricción visual, se tomaban parámetros fisiológicos de frecuencia respiratoria, cardíaca y temperatura corporal. Se realizó el registro del sexo, el peso corporal (Kg) y la morfometría teniendo en cuenta; la longitud total (LT), desde la articulación atlantooccipital hasta la última vértebra caudal; el perímetro torácico y el perímetro abdominal para cada animal.

Se colectaron 15 ml de sangre de la vena cefálica o safena mediante equipo venocat y tubos vacutainer con EDTA para hematología básica y tubos con acelerador de coagulación para química sanguínea

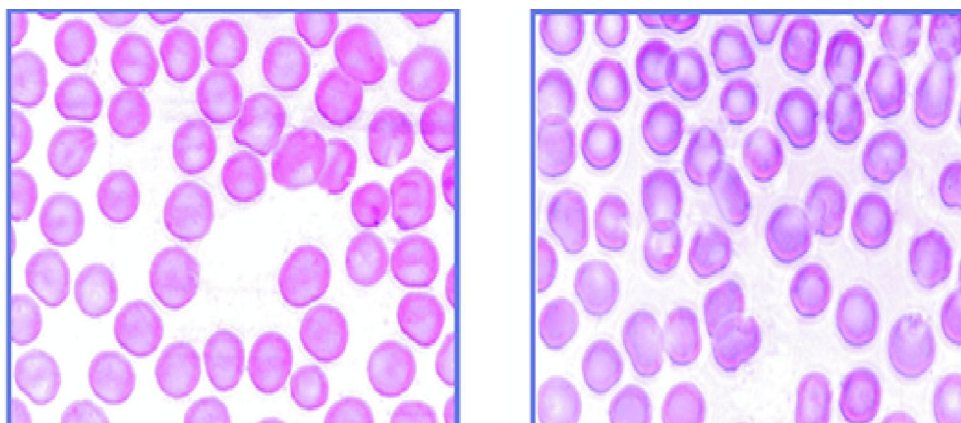
## RESULTADOS

Los eritrocitos del *Hydrochaeris hydrochaeris* son células de forma circular con un citoplasma basófilo. Poseen un diámetro que varía de 8,5 a 9,0 mm,

y perfiles enzimático y de minerales. Los tubos fueron debidamente rotulados e identificados. Inmediatamente fueron recolectadas todas las muestras se refrigeraron a 4° C. Los tubos fueron transportados al Laboratorio clínico de la Universidad de los Llanos para el análisis de hematología básica en donde se utilizaron las siguientes técnicas. Para el análisis de hematología básica se utilizaron las siguientes técnicas: determinación de hematocrito mediante la microcentrifugación; hemoglobina por la técnica de Cianometahemoglobina; Recuento total de células rojas y células blancas en cámara de Neubauer. Los cálculos de los índices eritrocíticos Volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración media de hemoglobina corpuscular (CMHC), se hicieron conforme al método de Wintrobe. La medición de glucosa fue realizada en sangre completa inmediatamente extraída, por medio de un glucómetro portátil marca OneTouch Ultra de Johnson & Johnson. Los sueros fueron enviados al laboratorio clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia para la determinación de creatinina, colesterol, triglicéridos, urea, ácido úrico y bilirrubina directa y total, el contenido de transaminasas sanguíneas (AST Y ALT) y (GGT), creatinin fosfoquinasa (CK) y el análisis de electrolitos Calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro. Los sueros se procesaron mediante un analizador automatizado para química sanguínea de referencia RA-50 utilizando sus respectivos kits SPINREACT

La información fue analizada mediante estadística descriptiva en el programa SPSS 12.0. Posteriormente se compararon las medias con una prueba "t" para las variables independientes, estado de desarrollo biológico teniendo en cuenta adultos, subadultos y sitio de confinamiento. Se estableció como nivel de significancia una  $p \leq 0.05$ .

similar al de un elefante. (Etzal 1931, Arouca *et al.* 2000). La figura 1, muestra los eritrocitos de la especie.



**Figura 1.** Foto Micrográfica 100x. Glóbulos rojos de chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) con coloración de Wright

Los resultados para biometría hemática para cada sitio de muestreo, se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Valores de la media estadística  $\pm$  DS para cada uno de los parámetros hematológicos medidos por sitio de muestreo, de chigüiros en condiciones de confinamiento

PARAMETRO HEMOGRAMA	SITIO 1 (n:22)	SITIO 2 (n:8)	SITIO 3 (n:12)
RCTO DE GLOBULOS ROJOS $\mu\text{l}\times 10^3$	4354.55 $\pm$ 703.87	3867 $\pm$ 829.11	3895.8 $\pm$ 945.50
RCTO DE GLOBULOS BLANCOS $\text{mm}^3$	8275.50 $\pm$ 3001.68	10155.0 $\pm$ 4053.49	8505.8 $\pm$ 2228.22
HEMOGLOBINA g/dl	13.84 $\pm$ 1.48	13.9 $\pm$ 1.66	14.4 $\pm$ 1.48
HEMATOCRITO %	41.14 $\pm$ 4.59	43.6 $\pm$ 4.03	44.0 $\pm$ 3.49
VOLUMEN CORPUSCULAR MEDIO U3fl	95.79 $\pm$ 12.76	116.3 $\pm$ 22.16 (*)	117.7 $\pm$ 22.68 (*)
HEMOGLOBINA CORPUSCULAR MEDIA U3 pg	32.33 $\pm$ 4.47	36.9 $\pm$ 6.74	38.4 $\pm$ 7.62
CONCENTRACIÓN MEDIA DE HB CORPUSCULAR %	33, 41 $\pm$ .30	31,6 $\pm$ .03	32,4 $\pm$ .02
TROMBOCITOS $\times 10^3$	264.86 $\pm$ 41.152	274.4 $\pm$ 44.76	256.1 $\pm$ 45.54
RECuento DIFERENCIAL	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3
NEUTROFILOS %	56.50 $\pm$ 7.11	52.6 $\pm$ 9.12	66.1 $\pm$ 9.32
LINFOCITOS %	36.00 $\pm$ 7.43	43.4 $\pm$ 9.49	29.0 $\pm$ 10.08
MONOCITOS %	4.82 $\pm$ 2.17	3.0 $\pm$ 3.78	2.8 $\pm$ 1.96
EOSINOFILOS %	1.59 $\pm$ 1.11	.50 $\pm$ .76	.92 $\pm$ .67
BASOFILOS%	1.00 $\pm$ 1.024	.5 $\pm$ .93	1.2 $\pm$ 1.19

Para esta variable, las diferencias fueron significativas únicamente para volumen corpuscular medio (VCM), mostrando los demás parámetros uniformidad en los resultados. Es importante tener en cuenta el valor relativamente bajo de los eosinófilos. La Tabla 2 muestra los parámetros hemáticos de acuerdo con el grado de desarrollo.

Se encontraron diferencias significativas para el recuento de eritrocitos, con una media mas baja para el caso de los adultos, aunque con una desviación estándar mucho mayor. El recuento de eosinófilos, también mostro diferencias significativas, siendo mayor el resultado en el grupo de los subadultos, que podría ser resultado de cuadros parasitarios.

**Tabla 2.** Parámetros hematológicos, expresados en media  $\pm$  DS, de acuerdo con el estado de desarrollo en chigüiros en condiciones de confinamiento

HEMOGRAMA	SUBADULTOS		ADULTOS	
	MEDIA	n	MEDIA	n
RCTO DE GLOBULOS ROJOS $\mu\text{l}\times 10^3$	4344.17 $\pm$ 717.88	12	4045.3 $\pm$ 849.62	30
RCTO DE GLOBULOS BLANCOS $\text{mm}^3$	10723.3 $\pm$ 546.88	12	7889.7 $\pm$ 3259.3(*)	30
HEMOGLOBINA g/dl	14.450 $\pm$ 1.038	12	13.830 $\pm$ 1.63	30
HEMATOCRITO %	42.32 $\pm$ 4.370	12	42.47 $\pm$ 4.4	30
VOLUMEN CORPUSCULAR MEDIO U3 fl	99.738 $\pm$ 21.708	12	108.44 $\pm$ 19.88	30
HEMOGLOBINA CORPUSCULAR MEDIA U3 pg	34.17 $\pm$ 6.5467	12	35.231 $\pm$ 6.468	30
CONCENTRACION MEDIA DE HB CORPUSCULAR %	34,04 $\pm$ 0.0372	12	32,26 $\pm$ .025	30
TROMBOCITOS $\times 10^9$	271.50 $\pm$ 38.974	12	261.23 $\pm$ 44.11	30
RECuento DIFERENCIAL	MEDIA	n	MEDIA	n
NEUTROFILOS %	56.42 $\pm$ 5.93	12	59.33 $\pm$ 10.5	30
LINFOCITOS %	35.50 $\pm$ 7.89	12	35.366 $\pm$ 10.6	30
MONOCITOS %	5.25 $\pm$ 2.26	12	3.33 $\pm$ 2.6	30
EOSINOFILOS %	2.00 $\pm$ 1.26	12	.87 $\pm$ .73 (*)	30
BASOFILOS%	.75 $\pm$ .754	12	1.03 $\pm$ 1.16	30

Con respecto a la química sanguínea, la Tabla 3, detalla los valores encontrados para estas variables, de acuerdo el sitio de confinamiento. Nueve de los diez parámetros analizados, mostraron uniformidad en su comportamiento, con excepción del nitrógeno ureico sanguíneo (BUN), que mostro diferencias significativas, en donde el sitio de confinamiento tres, los valores hallados fueron muy elevados, con respecto a los sitios uno y dos. Podría pensarse que el sitio tres, tuvo condiciones más desfavorables que los otros dos.

Sitio 1. Bioparque los Ocarros, 2- Hacienda San Carlos, 3- Villa del Prado. (Villavicencio: Meta).

De acuerdo con el estado de desarrollo, la Tabla 4 detalla los resultados encontrados para los parámetros de química sanguínea. Se observa que los valores de proteínas plasmáticas totales, creatinina y BUN, mostraron diferencias estadísticamente significativas, en donde el grupo poblacional de adultos, mostró los mayores registros. Esto podría ser un reflejo, de la mayor actividad muscular, correspondiente a una mayor actividad física precaptura, de estos ejemplares.

**Tabla 3.** Parámetros de química sanguínea, expresados en media  $\pm$  DS de acuerdo con el sitio de muestreo, en chigüiros en condiciones de confinamiento

PARAMETRO	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3
QUIMICA SANGUINEA	(n:10-19)	(n:4-8)	(n:6-12)
PROTEINAS PLASMATICAS TOTALES g/dl	5.89 $\pm$ .73	6.36 $\pm$ 1.22	6.40 $\pm$ .65
ALBÚMINA g/dl	3.15 $\pm$ .28	3.13 $\pm$ .35	3.22 $\pm$ .31
GLUCOSA mg/dl	118.53 $\pm$ 38.66	96.4 $\pm$ 15.13	128.0 $\pm$ 43.13
CREATININA mg/dl	1.62 $\pm$ .42	1.71 $\pm$ .43	1.99 $\pm$ .28
BUN mg/dl	4.53 $\pm$ 2.16	6.7 $\pm$ 2.81	10.3 $\pm$ 2.57 (*)
ÁCIDO ÚRICO mg/dl	2.58 $\pm$ 1.63	1.8 $\pm$ 1.65	.53 $\pm$ .25
COLESTEROL mg/dl	54.72 $\pm$ 27.88	58.4 $\pm$ 41.31	29.7 $\pm$ 11.59
TRIGLICÉRIDOS mg/dl	153.22 $\pm$ 153.24	147.4 $\pm$ 138.21	69.8 $\pm$ 34.36
BILIRRUBINA TOTAL mg/dl	.22 $\pm$ .11	.25 $\pm$ .11	.23 $\pm$ .09
BILIRRUBINA DIRECTA mg/dl	.20 $\pm$ .10	.12 $\pm$ .04	.11 $\pm$ .04

**Tabla 4.** Parámetros de química sanguínea, expresados en Medias  $\pm$  DS, de acuerdo con el grado de desarrollo, de chigüiros en confinamiento

QUIMICA SANGUINEA	SUBADULTOS		ADULTOS	
	MEDIA	n	MEDIA	N
PROTEINAS PLASMATICAS TOTALES g/dl	5.3750 $\pm$ .38	12	6.43 $\pm$ .78(*)	30
ALBÚMINA g/dl	3.133 $\pm$ .35	9	3.175 $\pm$ .28	16
GLUCOSA mg/dl	126.36 $\pm$ 36.71	14	111.60 $\pm$ 37.86	25
CREATININA mg/dl	1.433 $\pm$ .28	9	1.885 $\pm$ .38(*)	26
BUN mg/dl	3.89 $\pm$ 1.62	9	8.16 (*)	25
ÁCIDO ÚRICO mg/dl	2.744 $\pm$ 1.76	9	1.313 $\pm$ 1.32	16
COLESTEROL mg/dl	67.756 $\pm$ 29.2	9	39.781 $\pm$ 26.67	26
TRIGLICÉRIDOS mg/dl	207.70 $\pm$ 159.6	9	89.15 $\pm$ 89.24	24
BILIRRUBINA TOTAL mg/dl	.2571 $\pm$ .12	7	.2138 $\pm$ 0.86	13
BILIRRUBINA DIRECTA mg/dl	.2300 $\pm$ 0.99	7	.1192 $\pm$ .06	13

Los valores de electrolitos y enzimas séricas, de acuerdo con el sitio de muestreo, se detallan en la tabla 5, Se encontraron diferencias significativas en las mediciones de calcio y potasio, en el caso de

los primeros, registrándose en el sitio tres, los registros mas bajos, que de nuevo, puede ser reflejo de condiciones mas adversas para estos ejemplares, en su sitio de reclusión.



**Tabla 5.** Parámetros de electrolitos y perfil enzimático, expresado en Medias ± DS, de acuerdo con el sitio de muestreo, de chigüiros en condiciones de confinamiento

PARAMETRO	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3
<b>PERFIL MINERAL</b>			
	(n:10)	(n:8)	(n:6)
CALCIO mg/dl	9.48±2.32	10.7±.95	8.38±.91(*)
FÓSFORO mg/dl	6.65±2.83	6.8±2.21	3.92±.48
SODIO mmol/l	134.62±20.17	131.9±15.30	124.0±6.06
POTASIO mmol/l	4.06±.619	3.63±1.16	2.74±.40 (*)
COLORO mmol/l	90.81±9.45	89.7±12.15	96.2±3.80
<b>ENZIMOLOGIA CLINICA</b>			
	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3
ALANINA AMINOTRANSFERASA (ALT) UI/l	93.74±31.79	77.2±10.49	55.8±17.13
ASPARTATO AMINO TRANSFERASA (AST) UI/l	109.01±43.3	80.0±30.08	60.7±11.78 (*)
GAMMA GLUTAMILTRANSFERASA (GGT) UI/l	3.72±1.34	3.1±1.25	6.5±2.88
CREATININ KINASA (CK) UI/l	365 ± 317.73	363.4±570.83	185.0±25.88

De acuerdo con el grado de desarrollo, la Tabla 6 muestra los resultados de los valores de electrolitos y enzimas séricas. Como puede apreciarse, se encontraron diferencias significativas en los registros enzimáticos de AST y CK, en donde la población de adultos, mostro las concentraciones mas bajas, especialmente en la CK. La AST es considerada como un marcador de funcionamiento hepático y de lesión de

tejidos blandos como los músculos, que para el caso de los subadultos, podrían ser más sensibles a este daño en una captura. Los valores encontrados en los adultos, se acercan más a los reportados para la especie por otros autores (Jaouen 1981; Cohen y Loew 1984; Reis et al, 1996; Jara y Sánchez 1998, ISIS 2002). La CK tiene una consideración similar, lo que podría indicar una condición de estrés mayor en la población subadulta.

**Tabla 6.** Parámetros de electrolitos y perfil enzimático, expresado en Medias ± DS, de acuerdo con el grado de desarrollo, de chigüiros en condiciones de confinamiento

PERFIL MINERAL	SUBADULTOS		ADULTOS	
	MEDIA	n	MEDIA	n
CALCIO mg/dl	9.973 ± 2.69	8	9.453 ± 1.33	16
FÓSFORO mg/dl	7.882 ± 2.42	8	5.081 ± 3.99	16
SODIO mmol/l	144.82 ± 14.5	8	124.17 ± 12.04	16
POTASIO mmol/l	4.1412 ± .78	8	3.3131 ± .91	16
COLORO mmol/l	92.538 ± 9.81	8	91.406 ± 9.63	16
<b>ENZIMOLOGIA CLINICA</b>				
PARAMETRO	MEDIA	n	MEDIA	N
ALANINA AMINOTRANSAMINASA (ALT) UI/l	97.033 ± 33.97	9	69.394 ± 17.04	16
ASPARTATO AMINO TRANSAMINASA (AST) UI/l	123.38 ± 37.82	9	68.31 ± 21.12 (*)	16
GAMMA GLUTAMILTRANSAMINASA (GGT) UI/l	3.556 ± 1.33	9	4.563 ± 2.5	16
CREATININ KINASA (CK) UI/l	591.11 ± 540.4	9	169.50 ± 73.3(*)	16

## DISCUSIÓN

Al utilizar valores de referencia de parámetros hemáticos y séricos de cualquier especie, en especial de las silvestres, se debe considerar que los métodos de captura (físico, químico) y de obtención de muestras, tienen efectos sobre los valores de estos parámetros (Wesson *et al.* 1979, Mautz *et al.* 1980). Igual influencia pueden tener el tiempo de persecución, la temperatura ambiental, el comportamiento del animal, factores que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados.

En los animales capturados mediante restricción química, algunas variaciones observadas en los parámetros sanguíneos pueden ser debidas a la excitación previa a la anestesia más que a los efectos del fármaco. (Chapple *et al.* 1991). Otros factores que pueden influir en el resultado son: sexo, edad, (Jaoeuen 1981, Chapple *et al.* 1991), la condición general del animal, el estado de salud y el hábitat de los animales (Seal *et al.* 1972, Seal *et al.* 1978).

El aumento de estos valores se atribuye a la contracción esplénica, que proporciona a la masa muscular una gran cantidad de eritrocitos oxigenados que permiten al animal una huida rápida y sostenida durante un largo periodo de tiempo (Wesson *et al.* 1979), y en parte, a la disminución del volumen plasmático.

La captura química en cambio, provoca disminución en el recuento de eritrocitos, del valor del hematocrito y la concentración de hemoglobina. Esto se debe a un efecto de hemodilución por la expansión del volumen con líquido extracelular y por el secuestro de eritrocitos en el bazo (Seal *et al.* 1972, Wesson *et al.* 1979, Wilson y Pauli 1982). El efecto relajante de la acepromacina, clorpromacina, los barbitúricos y el halotano sobre el bazo, hace que los eritrocitos queden retenidos en este (Seal *et al.* 1972).

Los recuentos total y diferencial de leucocitos también se ven afectados por la respuesta al estrés. La secreción de adrenalina hace aumentar la

circulación de sangre y de linfa. Esto hace que los leucocitos retenidos en los vasos capilares (reserva marginal) y en los nódulos linfáticos, pasen a la sangre periférica, causando una leucocitosis con neutrofilia y/o linfocitosis. Su efecto es transitorio y normalmente dura menos de 30 minutos. Por otro lado, la secreción de corticosteroides provoca leucocitosis, neutrofilia, linfocitopenia y eosinopenia (Wesson *et al.* 1979).

Los niveles elevados de potasio sérico también se han relacionado con la respuesta al estrés (Kock *et al.* 1987, Peinado *et al.* 1993). Sin embargo, al interpretar los niveles de potasio hay que tener en cuenta posibles errores preanalíticos, debido a que la elevada concentración de potasio existente en el interior de los eritrocitos, puede provocar una falsa hiperpotasemia, si se presenta hemólisis (Wesson *et al.* 1979). Es importante resaltar estas consideraciones, para interpretar en su justa medida, los resultados que aquí se han presentado.

El Recuento de Glóbulos Rojos fue de  $4130.7 \mu\text{l} \times 10^3 \pm 817.0$  en el total de la población muestreada, este valor es similar a los reportados por Madella (2006)  $4500 \mu\text{l} \times 10^3$  y Colveé (1976)  $4670 \mu\text{l} \times 10^3$ , y ligeramente superior al reportado por ISIS (2008)  $3490 \mu\text{l} \times 10^3$ , Arouca (2000)  $3610 \mu\text{l} \times 10^3$ , y Garavito (2000)  $3200 \mu\text{l} \times 10^3$ .

Comparado con otros mamíferos roedores el dato obtenido es inferior a los reportados para el cuy (*Cavia porcellus*)  $5400 \mu\text{l} \times 10^3$ , cutia (*Dasyprocta agouti*)  $5500 \mu\text{l} \times 10^3$ , paca (*Agouti paca*)  $5900 \mu\text{l} \times 10^3$ , cotiara (*Myoprocta sp*)  $6650 \mu\text{l} \times 10^3$ , ñeque (*Dasyprocta sp*)  $7300 \mu\text{l} \times 10^3$ , hámster (*Cricetus sp*)  $7050 \mu\text{l} \times 10^3$  y rata (*Ratus ratus*)  $8270 \mu\text{l} \times 10^3$  (Cohem 1984, Proano & Reyes 1991, Mangrich 1996).

El porcentaje de hematocrito obtenido en el total de la población muestreada fue de  $42.4 \pm 4.27 \%$  presentando proximidad con los datos reportados por Madella (2006)  $40.4 \%$ , ISIS (2008)  $41.7 \%$  en confinamiento y Jara y Sánchez (1998)  $41.5 \%$  en

vida silvestre, pero más bajos que los obtenidos por Garavito (2000) de 47 % en confinamiento. Comparado con otros roedores es ligeramente cercano a lo reportado para la cotiara (*Myoprocta sp*) 41 % y menor al de la cutia (*Dassyprocta agouti*) 48 % y el ñeque (*Dassyprocta sp*) 45 %.

De acuerdo con el estado de desarrollo biológicos, los resultados obtenidos en subadultos y adultos fue de  $42.32 \pm 4.37$  % y  $42.47 \pm 4.38$  % respectivamente. Al comparar los resultados entre muestreos se nota un ligero incremento del hematocrito con respecto a la altura de los sitios, así: Bioparque Los Ocarros 41.14 % a 378 m.s.n.m., Hacienda San Carlos 43.6 % a 387 m.s.n.m. y Finca Villa del Prado 44.0 % a 435 m.s.n.m.

Este aumento relativo es proporcional al incremento altitudinal, debido a que el transporte de oxígeno a los pulmones es más difícil a medida que la altura se hace mayor y es necesario tener un mayor hematocrito para compensar este evento. Sin embargo, al realizar la prueba estadística las diferencias encontradas no son significativas, lo que indica que los cambios altitudinales no son estadísticamente importantes para este trabajo.

El valor de hemoglobina obtenido en el total de la población fue  $14.0 \pm 1.49$  mg/dl siendo próximo a lo reportado por Madella (2006) 13.5 mg/dl, ISIS (2008) 14.1 mg/dl, Arouca (2000) 15.0 mg/dl en confinamiento y Jara y Sánchez (1998) 13.8 mg/dl y Colveé (1976) 13,13 mg/dl en vida silvestre, pero ligeramente más bajos que los reportados por Garavito (2000) 6.5 mg/dl en cautiverio. Comparado con otros mamíferos roedores los valores obtenidos son cercanos a los reportados para el ñeque (*Dassyprocta sp*) 11.4 mg/dl, cuy (*Cavia porcellus*) 13.4 mg/dl, paca (*Agouti paca*) 13.5 mg/dl, cotiara (*Myoprocta sp*) 14.0 mg/dl, cutia (*Dassyprocta agouti*) 14.5 mg/dl e inferior a lo reportado para la rata (*Ratus ratus*) 16.0 mg/dl y el hámster (*Cricetus sp*) 16.8 mg/dl.

El Volumen Corpuscular Medio (V.C.M) obtenido en el total de la población fue de  $105.95 \pm 20.53$  U<sup>3</sup> fl

cercano a lo reportado por Madella (2006) 90.2 U<sup>3</sup> fl y a ISIS (2008) 123.2 U<sup>3</sup> fl, pero ligeramente menores a lo reportado por Arouca (2000) 131.9 U<sup>3</sup> fl y Garavito (2000) 149 U<sup>3</sup> fl y similar a los valores reportados para el cuy (*Cavia porcellus*) 81 U<sup>3</sup> fl y a la cutia (*Dassyprocta agouti*) 86.5 U<sup>3</sup> fl, y superior a los reportados para la rata (*Ratus ratus*) 40.5 U<sup>3</sup> fl, cotiara (*Myoprocta sp*) 61 U<sup>3</sup> fl y paca (*Agouti paca*) 75 U<sup>3</sup> fl.

La Hemoglobina Corpuscular Media (H.C.M) en la totalidad de la población muestreada fue  $34.93 \pm 6.42$  U<sup>3</sup> pg próximo a lo reportado por Madella (2006) 30.1 U<sup>3</sup> pg, ISIS (2008) 40.8 U<sup>3</sup> pg y Arouca (2000) 41.3 U<sup>3</sup> pg, ligeramente distante a lo obtenido por Garavito (2000) 49 U<sup>3</sup> pg, El dato obtenido es similar a los reportados para la cutia (*Dassyprocta agouti*) 31 U<sup>3</sup> pg y cotiara (*Myoprocta sp*) 36.5 U<sup>3</sup> pg, inferior al de la rata (*Ratus ratus*) 49.8 U<sup>3</sup> pg y superior a del cuy (*Cavia porcellus*) 25 U<sup>3</sup> pg y paca (*Agouti paca*) 24 U<sup>3</sup> pg.

Los valores obtenidos de Concentración Media de Hemoglobina Corpuscular (C.M.H.C) fue  $32.77 \pm 3.0$  % presentando proximidad con los datos reportados por Madella (2006) 33.3 %, ISIS (2008) 34.2 %, Arouca (2000) 31.3 %, Garavito (2000) 35 % y Jara y Sánchez (1998) 33.38 %.

El Recuento de Glóbulos Blancos fue  $8699.3 \pm 3045.1$  mm<sup>3</sup> en el total de la población siendo similar al dato reportado por ISIS (2000) 7582 mm<sup>3</sup> y Garavito (2000) 7000 mm<sup>3</sup> en confinamiento y a Jara y Sánchez (2000) 6784.86 mm<sup>3</sup> y Colveé 8638 mm<sup>3</sup> en vida silvestre, pero mayor a lo reportado por Madella (2006) 5300 mm<sup>3</sup> y Arouca (2000) 4630 mm<sup>3</sup> en vida silvestre.

Comparado con otros mamíferos roedores, los datos son similares a los reportados para el hámster (*Cricetus sp*) 7600 mm<sup>3</sup> y cuy (*Cavia porcellus*) 9900 mm<sup>3</sup> inferiores a los de la rata (*Ratus ratus*) 14900 mm<sup>3</sup> y paca (*Agouti paca*) 14100 mm<sup>3</sup> pero superiores a los reportados para ñeque (*Dassyprocta sp*) 6600 mm<sup>3</sup>, cutia (*Dassyprocta agouti*) 5897 mm<sup>3</sup> y cotiara (*Myoprocta sp*) 5500 mm<sup>3</sup>.

Los neutrófilos arrojaron un valor medio de  $58.50 \pm 9.43$  % en el total de la población, superior a los valores encontrados por ISIS (2008) 44.9 %; Arouca (2000) 43.1-48.6 %, Colveé (1976) 11.77-13.63 % en cautiverio, y se encuentran alejados de los valores obtenidos por Garavito (2000) 1%, en poblaciones en confinamiento para el municipio de Villavicencio, así como a los reportados por Madella (2006) 33.6 % y Jara y Sánchez (1998) 25.29 % en vida silvestre.

Al comprar este valor con otros roedores, el dato es inferior al de la cutia (*Dasyprocta agouti*) 70.5 % y superior al de la paca (*Agouti paca*) 41.55 %, ñeque (*Dasyprocta sp*) 35 %, cuy (*Cavia porcellus*) 31 %; hámster (*Cricetus sp*) 29 %, cotiara (*Myoprocta sp*) 49 % y rata (*Ratus ratus*) 14.9 %.

En linfocitos los valores medios encontrados fueron de  $35.40 \pm 9.77$  para el total de la población, superior a los reportados para esta especie por ISIS (2008) 30.45 % e inferiores en comparación a los reportados por Arouca (2000) 48.6-49.5 %, Garavito (2000) 58 % y Colveé (1976) 63.45-63.23 % en chigüiros en confinamiento y de los reportados para esta especie en vida silvestre Madella (2006) 58.9% y Jara y Sánchez (1998) 74.24 %.

El valor obtenido es superior con respecto a especies como la cutia (*Dasyprocta agouti*) 23 % e inferior a los reportados para paca (*Agouti paca*) 55 %, ñeque (*Dasyprocta sp*) 48 %, cuy (*Cavia porcellus*) 55 %; hámster (*Cricetus sp*) 73.5 %, cotiara (*Myoprocta sp*) 48 % y rata (*Ratus ratus*) 82.2 %.

El valor medio para monocitos fue de  $3.88 \pm 2.62$  para chigüiros en confinamiento en las tres poblaciones en Villavicencio, similares a los reportados por ISIS (2008) 3.6 % y por Arouca (2000) 3.8-4.8 %, pero superior a los reportados por Garavito (2000) 0.7 %, Colveé (1976) 0.91-1.54 % y de los reportados en vida silvestre por Madella (2006) 1.5 %.

En comparación con otros roedores es superior a especies como cutia (*Dasyprocta agouti*) 1.5 %; cuy (*Cavia porcellus*) 2.5 %; hámster (*Cricetus sp*)

2.5 %, cotiara (*Myoprocta sp*) 0.5 % y rata (*Ratus ratus*) 2.4 % e inferior al de la paca (*Agouti paca*) 6 % y el ñeque (*Dasyprocta sp*) 6 %.

Los valores obtenidos en eosinófilos en las tres poblaciones en confinamiento en Villavicencio – Meta fue en promedio  $1.19 \pm 1.04$  El estudio es inferior a los reportados por ISIS (2008) 7.6, Arouca (2000) 3-3.4 y están muy alejados de los reportados por Garavito (2000) 35 y Colveé 20.23-21.85 para esta especie en cautiverio. En vida silvestre inferiores reportados Madella (2006) 3.5 y superiores a reportados Jara y Sánchez (1998) 0.37.

Comparado con otras especies es similar al hámster (*Cricetus sp*) 1.1 %, y ligeramente superior al de la rata (*Ratus ratus*) 0.8 % pero inferior a lo reportado en ñeque (*Dasyprocta sp*) 8 %, paca (*Agouti paca*) 3.92 %, cuy (*Cavia porcellus*) 3.5 %, cutia (*Dasyprocta agouti*) 2 % y superior a cotiara (*Myoprocta sp*) 0.5 %.

Los Basófilos arrojaron en el total de la población un valor medio de  $0.95 \pm 1.05$ , inferior a lo reportado por ISIS (2008) 13.25 %, pero superior al reporte de Jara y Sánchez 0.1 % y similares a Arouca (2000) 0.4-0.5 %

El valor de trombocitos obtenido en el total de la población fue de  $264.17 \pm 42.49 \times 10^3$  siendo similar a reportado por el ISIS (2000)  $289 \times 10^3$  y comparado con otros roedores es inferior al de la paca (*Agouti paca*)  $314 \times 10^3$ , el cuy (*Cavia porcellus*)  $565 \times 10^3$  y el hámster (*Cricetus sp*)  $670 \times 10^3$ .

En química sanguínea, los valores medios obtenidos para proteínas plasmáticas totales (PPT) fue de  $6.12 \pm 0.83$  similares a los obtenidos en ISIS (2008) 6.3 y Arouca (2000) 6.4-6.5, e inferiores a lo reportado por Colveé (1976) 7.85-7.9.

Al comparar estos valores con los reportados para otros roedores es superior a lo citado para el cuy (*Cavia porcellus*) 5.4 g/dl y a la cutia (*Dasyprocta agouti*) 5.8 g/dl y similar al hámster (*Cricetus sp.*) y al cotiara (*Myoprocta sp*) 6.3 g/dl.

Para albumina (g/dl) el valor medio para el total de la población es  $3.16 \pm 0.30$  que coinciden a los reportados por ISIS (2008) 3.1 y Colveé (1976) 2.85-3.1. Al compararlos datos con los de otros roedores es inferior con respecto al cuy (*Cavia porcellus*) 4.3 g/dl, similar con respecto al ñeque (*Dasyprocta sp*) 2.85 g/dl y 3.0 g/dl de la paca (*Agouti paca*).

Los valores de glucosa son superiores con respecto a lo reportado por ISIS (2008) 71.04 mg/dl y Colveé (1976) 51.71-57.55 mg/dl, esta diferencia tan marcada en los reportes puede ser debido a la metodología, los reactivos empleados, el periodo de tiempo transcurrido, el procesamiento de las muestras o debido al tipo de alimentación. Al comparar los valores encontrados con los reportados para otras especies encontramos que es similar al del cuy (*Cavia porcellus*) 120 mg/dl e inferior al del hámster (*Cricetus sp*) 219 mg/dl.

Para creatinina los valores reportados coinciden con los de ISIS (2008) 1.59 mg/dl son superiores de los reportados en vida silvestre por Jara y Sánchez (1998) 0.89 mg/dl, comparado con otras especies de mamíferos roedores coincide con la rata (*Ratus ratus*) y la paca (*Agouti paca*) 1.4 mg/dl y superiores a lo reportado para el cuy (*Cavia porcellus*) 0.56 mg/dl.

Los valores medios obtenidos para el BUN son inferiores a los reportados por ISIS (2008) 53.55 mg/dl, Jara y Sánchez (1998) 18.38 mg/dl y Colveé (1976) 38.87 – 45.91 mg/dl. Comparado con otras especies el valor es inferior a lo reportado para ñeque (*Dasyprocta sp*) 21.45 mg/dl, cotiara (*Myoprocta sp*) 42.6 mg/dl, cuy (*Cavia porcellus*) 19 mg/dl y similar a lo reportado para el Hámster (*Cricetus sp*) 7 mg/dl y la paca (*Agouti paca*) 9 mg/dl.

Para el ácido úrico el valor obtenido es superior al reportado por ISIS (2008) 0.95 mg/dl. Por su parte, el valor medio reportado para colesterol es superior a lo reportado por ISIS (2008) 21.24 mg/dl y próximo al reportado por Colveé (1976) 69.73 – 73.00 mg/dl.

Para bilirrubina total y bilirrubina directa los valores obtenidos se encuentran dentro de los reportados ISIS (2008) 0.3 - 0.2 mg/dl y Jara y Sánchez 0.21-0.12 mg/dl respectivamente.

Para la alanina aminotransferasa (ALT) el valor obtenido se encuentra cercano al reportado por Jara y Sánchez (1998) 69.9 UI/l, pero superior al reportado por ISIS (2008) 44 UI/l. Los valores para el aspartato amino transferasa (AST) se encuentra próximo a lo reportado por Jara y Sánchez (1998) 63.97 UI/l pero superior a lo reportado por ISIS (2008) 40 UI/l. los valores para glutamil transferasa (GGT) esta próximo al reportado por ISIS (2008) 3 UI/l y la creatin kinasa es menor a la reportada por ISIS (2008) 817 UI/l.

El valor obtenido de calcio es similar al reportado por Jara y Sánchez (1998) 9.16 mg/dl e inferior al reportado por ISIS (2008) 2.83 mg/dl. El fosforo es ligeramente inferior a lo reportado por Jara y Sánchez (1998) 4.97mg/dl, e inferior al ISIS (2008) 2.10 mg/dl. El valor del sodio es similar al reportado por ISIS (2008) 137 mmol/l, el potasio es inferior a lo reportado por el ISIS (2008) 5.2 mmol/dl y el cloro es próximo al reportado por ISIS (2008) 98 mmol/l pero muy inferior al reportado por Colveé (1976) 301 mmol/l.

Analizados los datos podemos concluir, en primer lugar, que el uso de la ketamina y la xilacina, permitió una sedación rápida para una correcta toma de muestras, evitando los efectos indeseables de la restricción física. Se encontró que los leucocitos predominantes en el recuento diferencial fueron los neutrofilos y los linfocitos, planteando la necesidad de realizar mayores estudios para hacer una correcta identificación de los primeros, debido a que por sus características pseudoeosinofílicas, algunos autores han reportado recuentos diferenciales con un alto porcentaje de éstos. Para efectos de la diferenciación de los leucocitarios, es más efectivo el uso de la coloración Wright, debido a que esta permite realizar una mejor observación de los gránulos citoplasmáticos de los neutrofilos.



Los resultados obtenidos al realizar la prueba t para variables independientes según el sitio de confinamiento presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en: V.M.C entre el Bioparque Los Ocarros y Hacienda San Carlos: peso, V.M.C., neutrofilos, AST, BUN, ácido úrico y potasio entre el Bioparque Los Ocarros y Finca Villa del Prado; calcio, entre Finca Villa del Prado y Hacienda San Carlos.

Al realizar la prueba t para las variables independientes según el estado de desarrollo biológico, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre adultos y subadultos en: peso,

PPT, recuento de glóbulos blancos, BUN, creatinina, AST y sodio.

Se estableció similitud con algunos valores de hematología básica reportados para otros mamíferos roedores. Se obtuvieron valores cercanos en el hematocrito a los del cotiara (*Myoprocta sp*), la hemoglobina es similar a la del ñeque (*Dasyprocta sp*), cuy (*Cricetus sp*), paca (*Cricetus sp*) y Catia (*Dasyprocta agouti*), el V.M.C. fue cercano al de la cutia (*Dasyprocta agouti*) y el cuy (*Cavia porcellus*), la C.M.H.C fue próximo al del hámster (*Cricetus sp*) y cuy (*Cavia porcellus*) y cercano al recuento de eosinófilos en el hámster (*Cricetus sp*).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana

(IIOC), de la Universidad de los Llanos, entidad que financió la ejecución de este proyecto.

### REFERENCIAS

Alho R & J. Cleber. 1986. Criação e manejo de capibaras em pequenas propriedades rurais. EMBRAPA. Brasília, D.F., Brasil.

Archer RK, Jeffcott LB. 1977. Comparative clinical hematology. Austrália: Blackwell Scientific Publications. p 737

Arouca ME, Miranda LB, Lopes R, Takahira RK, Kohayawa A, Carlini PC, Oba E. Valores hematológicos de capivaras (*Hydrochoerus Hydrochaeris*) criadas em cativeiro no município de Botucatu, SP. Ciência Rural, Santa Maria. 2000; 30: 813-817.

Azcarate T. Sociobiología y manejo del capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Donana Acta Vertebrata, 1980; (7): 1-228.

Barret MW, Chalmers GA. Clinicochemical values for adults free-ranging pronghorns. Canadian Journal of Zoology. 1997; 55: 1252-1260.

Chapple RS, English AW, Mulley R.C., Lephherd E.E Haematology and serum biochemistry of captive unsexed chital deer (*Axisbb*) in Australia. Journal of Wildlife Diseases, 1991; 27: 396-406.

Cohem, Loew B., Loew F. 1984. Laboratory animal Medicine. Historical Perspectives, Academia press, United States of America, p 91-158.

Colveé, P. 1976. Parámetros sanguíneos en chigüiros (H.h.). Resumen en 2<sup>do</sup>. Seminario sobre chigüiro y babas. CONICIT I.P.A.. Facultad de Agronomía U.C.V. Maracay. Mimeo.p. 116.

Emmons, H.L. 1997. Neotropical Rainforest Mammals. The University of Chicago, Chicago.

Etzel E. Morfología dos elementos do sangue circulante dos cavídeos silvestres. São Paulo, SP 1931, 79p. Tese (Doutorado em Histologia e Embriologia) – Faculdade de Medicina de São Paulo.



- Fowler M. E. 1986. Restraint. Zoo and Wild animal medicine, 2 ed. W.B Saunder Company: Philadelphia, p 38-50.
- Garavito, M. 2000. Caracterización hematológica del chigüiro (*Hydrochoerus Hydrochaeris*), Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNILLANOS.
- González, E., 1995. El capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Estado actual de su producción, Estudio FAO Producción y sanidad animal, Roma, p 145-231.
- González-Jiménez, E. Y A. Escobar "Digestibilidad comparada en Chigüires (H.h.), conejos y ovinos, con raciones de diferentes proporciones de forrajes y concentrados" Agro. Trop. 1975; 25: 283–290.
- Hawkey C. M., Dennet T. B. 1989. Atlas de Hematología Veterinaria Comparada, GRASS Ediciones, Barcelona, p 38.
- ISIS. 2008. International Species Information System. © Copyright 2008. All right Reserved. [En línea: <http://www.isis.org/CMSHOME/>]
- Jaouen, M. 1981. Étude hematologique et biochimique diune population de chevreuils (*Capreolus capreolus*) .Tesis Doctoral. Ecola Nationale Vétérinaire d' Alfort. Cedex Francia.
- Jara, L.F & Sánchez J.M Estudio Clínico Patológico y de las células de Kurloff en el Chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris* Linnaeus) en vida silvestre. . Facultad de Medicina Veterinaria. Bogota, 1998. Universidad de la Salle.
- Kaneko J. 1997. Clinica biochemistry of domestic animals. 5<sup>th</sup> edition. Academic press. p 33-456.
- Kock M.D., Clark R.K., Franti C.E Jessup D.A., Wehausen J.D Effects of capture on Biological parameters in free-ranging bighord sheep (*Ovis canadensis*). Evaluation of normal, stressed and mortality outcomes and documentation of postcapture survival. Journal of Wildlife Diseases. 1987; 23: 652-662.
- León C.A. 1974. Zoonimia y distribución geográfica del Chigüiro en Colombia. Trabajo presentado en el primer simposio internacional sobre Chigüiro y Babilla. Santafé de Bogotá, Colombia. 9 p.
- Madella A.D. Felisberto E.M., Souza E. C. 2006. Valores hematologicos de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) rodentia: *Hydrochoeridae*) de vida livre na região de Campiñas – SP, Ciencia Rural, Universidad Federal de Santa Maria, Brasil v. 36, n. 004.
- Mangrich. Avalicao dos valores de hemograma de cutia (*Dasyprocta agouti*). Passeio Publico Curitiba, UFPR, inédito. 1996.
- Martínez, P. Establecimiento de algunos valores hemáticos de referencia en una población de agouti paca en cautiverio Medellín, Colombia. Tesis de grado, Medicina Veterinaria, UDCA.
- Mautz W.W., Seal U.S., Boardman C.B 1980 Blood serum análisis of chemical and physically restrained whithe- thailed deer. Journal of Wildlife Management, 1997; 44: 343-351.
- Meyer, D.J., Harvey, J.W. 1998. El Laboratorio en Medicina Veterinaria: interpretación y diagnostico, Segunda Edición, Intermedica, Argentina.
- Ojasti J. 1973. Estudio biológico del Chigüiro o capibara. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuaria. Editorial Sucre. Caracas, Venezuela. 275 pp.
- Peinado V.I., Fernandez A.A., Viscor G., Palomeque J Haematology of Spanish bies (*Capra pyrenaica hispanica*). Restrained by physical or chemical jeans. Veterinary records, 1993; 32: 580-583.
- Proano, Reyes C., Reyes M. 1991 Estudio de cría y manejo de la guatasa (*Dasyprocta* sp), comparación de tres dietas. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, p 92-101.

- Quintana, R., S. Monge & A. Malvárez. Feeding habits of capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) in afforestation areas of the Lower Delta of the Parana River, Argentina. *Mammalia* 1994; 58: 569-580.
- Rubiano, A. P. 2000. Hematología y química sanguínea comparativa entre especies en cautiverio de Agouti paca y Agouti taczanowkii. Facultad de Medicina Veterinaria. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- Seal U.S., Verme L.J. Ozoga J.J., Erickson A.W. Effects of immobilization on blood analyses of white-tailed deer. *Journal Wildlife Management*, 1972; 36: 1034-1040.
- Seal U.S., Hoskinson R.L. Metabolic indicators of habitat condition and capture stress in proghorns. *Journal Wildlife Management*, 1978; 42: 753-755.
- Sousa, K. A., 1996. "Determinação de proteínas e frações séricas em cutias (*Dasyprocta primnolopha*) mantidas em cativeiro." Departamento de Medicina Veterinária, Escola superior de agricultura de Mossoro, Inedito.
- Torres, C.E. & J. E. Sanabria. 1976. Aspectos ecológicos del Chigüiro y establecimiento de un zoológico. Tesis Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santafé de Bogotá. 89 p.
- Trebbau P. Some observation on the capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). *Zool. Garten N.F. Jena*. 1980; 1:40-44.
- Wesson J.A., Scalon P.F., Kirpatrick R.L., Mosby H.S. Influence of chemical immobilization and physical restraint on packed cell volume, total protein, glucose and blood urea nitrogen in blood of white-tailed deer. *Canadian Journal of Zoology*. 1979; 57: 756-767.
- Wilson W.D, Pauli J.V. Blood constituents of feral red deer (*Cervus elaphus*). *Haematological values. New Zealand Veterinary Journal*, 1982; 30: 174-176.

# ‘EVALUACIÓN DE CINCO PROTOCOLOS DE CONSERVACIÓN DE TEJIDOS EN CHIGÜIRO (*Hydrochaeris hydrochaeris*) (LINNAEUS, 1766)

## Evaluation of five protocols of conservation’s techniques in chigüiro *Hydrochaeris hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) tissues

José R. Corredor-Matus<sup>1</sup>, Carlos J. Sejín-Puche<sup>2</sup> y Mario A. González- G<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Medico Veterinario Zootecnista, MSc, Profesor asistente Escuela de Ciencias Animales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia-Grupo de investigación sistemas de producción en especies silvestres GISPES, jcorredormatus@gmail.com

<sup>2</sup> Medico Veterinario Zootecnista, Esp., Profesor asociado de la Escuela de Ciencias Animales de Unillanos, miembro del GISPES

<sup>3</sup> Medico Veterinario, Profesor asociado de la Escuela de Ciencias Animales de Unillanos, miembro del GISPES

### ABSTRACT

Bodies conservation is a technique that uses the formalin chemical almost exclusively. It’s use dehydrates the tissues, takes the tissues dissection very hard and volatilized contaminants fumes. With the purpose to carry out morphological studies in chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*) and minimize contaminants effects for exclusive use of formalin, tests were made with five conservations protocol’s, using compounds such: Formalin at 5, 12, 14, 16 y 18 %; Phenol at 3, 5, 7 and 8 %; glycerin at 1, 5 and 10 %; Ethanol at 5, 7, 10 y 12 %, using two experimental animals for each one. Specimens were anesthetized with a mixture of atropine, midazolam, ketamine and xylazine. Exsanguinations and application of conservation protocols, was made through the carotid artery, using an injection fluids pump. Volume applied was calculated according with ten per cent of corporal weight of each specimen. Dissection was begun ten days after conserving protocols applied. Muscle tissues were took to different times (30, 60, 90, 120 after protocols applications), to verified the actions of each protocol. Protocol 1 is behaving properly, because the corpses were preserved in good condition during the study period, allowing the realization of dissections and supported the manipulation of parts, protecting them from the climatic conditions prevailing in the area. The protocol two and three had similar behavior to one, the tissues were softer, but more dehydrated by the use of higher concentrations of formaldehyde. It is noteworthy that vapor contamination was significantly reduced. In protocol 4, the tissues of the head, neck, upper extremities and thoracic viscera, were kept well hydrated and better. Protocol 5, follows the same pattern of others. The preservation of

tissues was good, with no perceived excess volatility of gas, the dissection carried out more comfortably. Still need to analyze the histological studies relating to the last sampling (120 days) to determine the effect on the tissues. It is expected; the study is completed, and has protocols that ensure greater conservation, soft tissue and substantial decrease in gas pollution.

**Key words:** Corpses, capybara, pollution, formaldehyde, gas.

## RESUMEN

La conservación de cadáveres se ha realizado haciendo casi el uso exclusivo de formol. Esto deshidrata los tejidos, haciendo dificultosa la disección y provocando vapores contaminantes. Con el fin de adelantar estudios morfológicos en chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y de minimizar los efectos contaminantes por el uso exclusivo del formol, se hicieron ensayos con cinco protocolos de conservación, utilizando componentes como: Formol al 5, 12, 14, 16 y 18 %; Fenol al 3, 5, 7 y 8 %; Glicerina al 1, 5 y 10 %; Etanol al 5, 7, 10 y 12 %, usando dos ejemplares de chigüiro para cada uno de los procedimientos. Los animales experimentales fueron anestesiados con un coctel anestésico a base de Atropina, Midazolán, Ketamina y Xilazina. La exanguinación y aplicación de protocolos se hizo vía arteria carótida, con ayuda de una bomba de fluidos automatizada. El volumen aplicado se cálculo con base al 10 % del peso corporal del individuo experimental. La disección se inició a los diez días de aplicado el protocolo, se tomaron muestras de tejido muscular a diferentes tiempos para evaluar el efecto conservante. El protocolo uno se comporto en forma adecuada, dado que los cadáveres se conservaron en buen estado durante el tiempo de estudio, permitiendo la realización de disecciones y soportado la manipulación de las piezas, protegiéndolas de las condiciones climáticas imperantes en la zona. El protocolo dos y tres tuvieron un comportamiento similar al uno, los tejidos son más suaves, pero más deshidratados por el uso de concentraciones más altas de formol. Es de resaltar que la contaminación por vapores, se redujo considerablemente. Con el protocolo 4, los tejidos de cabeza, cuello, vísceras torácicas y miembros torácicos, se han conservado bien y mejor hidratados. El protocolo 5, siguió el mismo patrón de los demás. La conservación de los tejidos, fue buena, sin percibirse exceso de volatilidad de gases, realizándose la disección con mayor comodidad. Esta por analizar los estudios histológicos correspondientes a la última toma de muestras (120 días) para determinar el efecto en los tejidos. Se espera, finalizado el estudio, contar con protocolos que aseguren mayor conservación, suavidad de tejidos y disminución sustancial de contaminación por gases.

**Palabras Clave:** Cadáveres, capibara, contaminación, formol, gases.

## INTRODUCCIÓN

La preocupación por la conservación de los cuerpos ha sido constante, desde los albores de la humanidad, pues el ser humano se niega, al final de su vida, a ser convertido en una "nada", de ahí que la Teratología sea una ciencia cuya finalidad trata de la preservación de cadáveres.

El formaldehido (HCHO) se utiliza desde hace tiempo como fijador tisular, preservador,

desinfectante, embalsamador (Reverte 1999) y en la actualidad es usado en la industria para diversos fines. Además de ser un producto ampliamente empleado, es una sustancia con la que cada Medico Veterinario y humano ha tenido contacto temprano en sus días de permanencia en los laboratorios de anatomía normal o patológica (Batista 1986, Allegritti 1993, Allegritti 2003).

Existen numerosas propiedades del formaldehído en los procesos de preservación y conservación de tejidos. No obstante, se desconocía su alto potencial tóxico (Perkins y Kimbrough, 1986). Sin embargo las manifestaciones clínicas determinadas por la exposición al formaldehído dependen, por lo general, de concentraciones elevadas del compuesto (desde 50 ppm en adelante), con síntomas como vómitos, epifora, irritación de ojos, edema pulmonar, disnea, cáncer de piel y en ocasiones se observa la aparición de neumonía secundaria. En los casos graves, la muerte ocurre generalmente dentro de las primeras 10 horas de exposición. Moret (1990).

Moret (1990), señala que la exposición al formaldehído produce, además de irritación y constricción de la garganta, piel pegajosa, vértigo, dolor abdominal, diarrea, convulsiones, daño renal, hematuria, anuria y en casos extremos colapso cardiovascular, shock secundario, acidosis metabólica, coma y muerte, algunos cambios vegetativos y trastornos neurológicos caracterizados por indigestión, anorexia, pérdida de la memoria, irritabilidad, náuseas y cefaleas. Frigas *et al.* (1984), por su parte, sugieren que las personas sensibles al formaldehído presentan alergias como asma bronquial y dermatitis.

De acuerdo con Tomas (1998), el formaldehído es cancerígeno en ratas y ratones. Esto sugiere un comportamiento similar en humanos, especialmente si están expuestos por un tiempo suficientemente prolongado y a concentraciones altas. Además el formaldehído puede ser un facilitador para otros agentes oncogénicos. Opinión compartida por Moret (1990).

Lo anteriormente mencionado, deja claro que el formaldehído es un producto de riesgo, que pone en peligro la salud del usuario y que por tanto debe buscarse la forma de reemplazarlo por otros productos inocuos y que cumplan con la función de conservación y fijación de tejidos.

La glicerina es un reactivo inocuo para el ser vivo, que se utiliza en histopatología como medio para la

conservación de tejidos, que van a ser procesados Histotécnicamente. Universidades Como la de Antioquia, la utilizan habitualmente en el anfiteatro de Medicina Veterinaria, para la conservación de los cadáveres, lo que ha permitido disminuir la utilización del formaldehído, producto que por la vaporización que genera, es contaminante del ambiente.

De otro lado, el *Hydrochaeris hydrochaeris* es especie promisoría para su explotación zootécnica por ser herbívoro, tener alta tasa de reproducción, rápido crecimiento, tolerancia a altas densidades y manejo fácil (Assaf *et al* 1976, Gonzalez 1977, Azcarate 1980, Gonzalez 1985, Mones y Ojasti, 1986, Instituto Alexander von Humboldt 2004) lo que permitiría trabajar en su conservación y aprovechamiento económico, utilizando estrategias como la implementación de zoológico (Otero 1972), que ofrezcan alternativas de producción sostenible. Estas características de la especie y su potencial, ponen de presente la necesidad de realizar trabajos de investigación que contribuyan a aumentar y fortalecer el conocimiento de *Hydrochaeris hydrochaeris* en diferentes aspectos, como su anatomía y fisiología, conocimiento que es básico para intentar implementar modelos de explotación *ex situ*.

Con el fin de adelantar estudios morfológicos en chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y de minimizar los efectos contaminantes por el uso exclusivo del formol, se efectuaron ensayos con cinco protocolos de conservación, utilizando componentes como: Formol, Fenol, Glicerina y Etanol, a fin de determinar cual de ellos es más viable como preservante de cadáveres, ante las condiciones climáticas de la región del pie de monte llanero de la Orinoquia colombiana. De esta manera se pretende con este proyecto, desarrollar y evaluar técnicas de conservación y preservación de tejidos; esto con la finalidad de disminuir el riesgo a la salud por el uso continuado de formol, así como, disminuir el número de individuos sacrificados con fines académicos.

## METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en los laboratorios de anatomía e histopatología de la Escuela de Ciencias Animales, de la universidad de los Llanos en la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia, ubicado a una altura de 420 m.s.n.m., temperatura promedio de 28 °C, precipitación anual de 4050 mm y humedad relativa promedio del 85 %. Se utilizaron

diez chigüiros adultos hembras y machos. Cada dos ejemplares fueron perfundidos con una mezcla de Formol, etanol, fenol y glicerina, en las concentraciones que se observan en la tabla 1. La asignación del protocolo a cada animal, se hizo aleatoriamente.

**Tabla 1.** Concentración en porcentaje, de cada uno de los reactivos utilizados en cinco protocolos de conservación

Reactivo	PROTOCOLOS				
	1	2	3	4	5
Formol %	5	14	12	18	16
Etanol %	5	5	7	10	12
Fenol %	8	7	3	7	5
Glicerina %	5	5	10	1	1

La restricción física de los animales se realizó mediante una malla (nasa) utilizando un protocolo de manejo modificado aprobado por la corporación ambiental CORMACARENA. La inmovilización química, se efectuó utilizando el siguiente protocolo: Atropina: 0,04 mg/Kg IM, Midazolam: 0.3 mg/Kg, Ketamina: 5 mg/Kg, Xilazina: 0.2 mg/Kg. La mezcla anestésica se administro vía IM. Después de anestesiados los animales, se procedió al sacrificio por exanguinación. Los protocolos de restricción y de sacrificio, fueron aprobados por el comité de bioética de la Universidad de Los Llanos. Inmediatamente sacrificados, se cateterizó la vena yugular y la arteria carótida a fin de inocular los protocolos preservante. Para ello se utilizó una Bomba peristáltica de perfusión, la cual incorpora la mezcla preservante, regulando el caudal aplicado y controlando de presión de perfusión. El volumen aplicado se cálculo con base al 10 % del peso corporal del individuo experimental, por lo que siempre se pesaba al ejemplar, antes de su sacrificio.

Una vez aplicados las sustancias preservantes, a cada uno de los grupos de ejemplares se les hizo disección a partir del decimo día de aplicado el

protocolo de conservación. La disección fue completa en cada grupo de ejemplares, comenzando con la disección de piel, que avanzó en primer lugar por las regiones cefálica y cervical, hasta contactar con el lado opuesto. Posteriormente se inició la segunda fase de la disección de piel por las zonas torácicas y abdominales, bilateralmente. La tercera fase de disección de piel correspondió a la región glútea, perineo y miembro pelviano, para posteriormente seguir con la disección de los músculos, vasos, nervios, etc., de la región de la cabeza y cuello. Posteriormente se continuó con la disección de tórax, cavidad abdominal y pélvica, haciendo una descripción detallada de los órganos, que se conservaron en canecas plásticas, con tapa, en las mezclas propuestas. Igual tratamiento se hizo con los miembros torácicos y pelvianos. Cada procedimiento, tanto de perfusión de los reactivos, como de disección de cada animal experimental, fue debidamente documentada mediante fotografías.

Para la verificación de la preservación, se hicieron estudios histológicos de músculo, tomando muestras a los 30, 60, 90 y 120 días postratamiento. Este artículo muestra los avances hasta los 90 días. El procedimiento se realizó en el laboratorio de



histopatología, siguiendo los protocolos de muestreo, conservación y remisión de tejidos que el laboratorio de histología tiene protocolizado, para el manejo de tejidos, cortes y coloraciones que allí se maneja.

Para la lectura de las placas histológicas, de los estudios de preservación, se utilizó un microscopio triocular marca Carl Zeiss, modelo axiostar plus, diseñado para montaje de cámara fotográfica.

## RESULTADOS

### Ensayos preliminares

Antes de utilizar los protocolos en los ejemplares de chigüiro, se realizaron ensayos preliminares de cada uno de éstos en equinos y caninos, a fin de determinar su comportamiento en estas especies. El protocolo 1 se utilizó inicialmente en un equino de 170 kilos de peso, empleando los mismos procedimientos que en los ejemplares experimentales. La disección se inició a los 8 días del tratamiento. Para esta época se comenzó a observar algo de descomposición que inició por los ollares, labios y rodets coronarios de las cuatro extremidades. Al iniciar la disección de la región cervical, se comprobó que la descomposición estaba avanzada, por lo que se decidió eliminar el ejemplar.

El segundo ensayo de este protocolo se utilizó en dos caninos de aproximadamente 20 kilos de peso. Este protocolo se comportó en forma adecuada, dado que los cadáveres se conservaron en buen estado durante todo el semestre, sin sufrir descomposición.

El protocolo 2 empleó un ejemplar equino de 190 Kilos, con edad aproximada de 2.5 años. Al iniciar la disección se notó que el proceso de descomposición fue más lento, iniciándose por ollares, nariz y miembros. A este ejemplar se le practicó la disección completa de cuello, descartándose la cabeza y las vísceras abdominales, torácicas y pelvianas. Los miembros, tanto anteriores como posteriores, sufrieron descomposición a nivel del rodete coronario, conservándose las demás estructuras.

El seguimiento fotográfico de los protocolos y de los estudios histológicos se efectuó con una cámara digital marca canon, modelo G5, compatible con el microscopio arriba señalado.

Respecto al tratamiento que recibió la información emanada de los estudios histológicos de los protocolos de conservación, se hizo un tratamiento de estudio descriptivo, de las observaciones hechas.

En caninos también se ensayó este protocolo, en donde tuvo un comportamiento similar al protocolo 1 en esta especie, pero dado que el porcentaje de formol utilizado fue mayor, se percibió la presencia de mayor cantidad de vapores de formol y se observó que las piezas disecadas presentaban un mayor grado de deshidratación, tornándose más difícil su manipulación y disección.

El protocolo 3 se aplicó a un ejemplar equino de 100 kilos de peso, con una edad aproximada de 1.5 años. La disección se inició a los 8 días, notándose que la descomposición se inició igual que en los casos anteriores, comenzando por ollares, labios, cabeza y rodets coronarios. De este ejemplar se practicó disección de todas sus estructuras, sin descartar ninguna pieza.

El protocolo 4 se ensayó en un ejemplar equino, macho de 180 Kilos de peso. La disección de este ejemplar se comenzó a la semana de aplicarse la mezcla. Los tejidos correspondientes a cabeza, cuello, vísceras torácicas y miembros torácicos, se conservaron bien, no percibiéndose presencia de volatilidad de formol. Con respecto a vísceras de la cavidad abdominal y pélvica, así como los miembros pelvianos, se presentó un proceso de descomposición, que inició a partir del cuarto día de aplicación del protocolo, que hizo necesario eliminar estas piezas. La descomposición comenzó a nivel de la ijada y simultáneamente en la parte distal de los miembros pelvianos, proyectándose posteriormente a la región del perineo.

Uno de los grandes beneficios de este protocolo, es que los tejidos viables, se conservan mejor hidratados, favoreciendo la disección, manipulación y conservación.

El protocolo 5 de estos ensayos, empleo una yegua con peso de 300 kilos. La disección se comenzó a los 7 días del sacrificio. Como observación, se debe tener en cuenta que este ejemplar no se dejó en ayuno, conservando el aparato gastrointestinal, gran contenido de ingesta. La conservación de los tejidos fue buena, a excepción de las partes distales de miembros torácicos y pelvianos, por lo que se recomienda en lo sucesivo, aplicación de formol local en estas áreas. No se percibió exceso de volatilidad de gases,

especialmente del formol, realizando la disección con mayor comodidad.

### Ensayos experimentales

Como se mencionó en la metodología, la disección se inició a los diez días del sacrificio y aplicación de las mezclas conservantes, en cada uno de los protocolos, observándose como rasgo común en todos ellos, que los ejemplares se conservaron en buen estado, con muy baja percepción de olor a formol y notándose que las masas musculares se conservan suaves al tacto y se dejan deprimir. La Figura 1, muestra la secuencia de eventos al iniciar la disección de la región cervical. Se puede apreciar en la foto 3, la coloración limpia del tejido subcutáneo, al incidir la piel.



**Figura 1.** Secuencia de disección cervical de la disección de chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*), conservados con protocolos de mezcla de sustancias conservantes

La disección de la piel comenzó a partir del plano longitudinal medio, desde el área dorsal de la cabeza hasta alcanzar el coxis. Se observa una piel gruesa, de aproximadamente 5-6 mm de espesor, en esta región. Al retirar la piel, se aprecia el músculo cutáneo,

de bastante grosor y muy adherido a la piel, conservando un color rosáceo y una textura friable (Figura 2). Siguió la disección de piel alcanzando los miembros torácicos. La tercera fase de disección de piel correspondió a la región glútea, perineo y miembro pelviano.



**Figura 2.** Avance de la Disección en Regiones Cervical y Torácica de chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*), conservados con protocolos de mezcla de sustancias conservantes

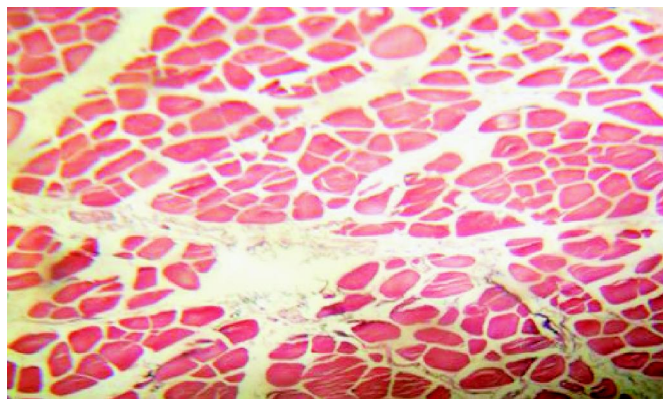
La figura deja ver la coloración característica de los músculos, que conservan un aspecto normal y coloración rosácea. Una característica de la piel del cuello, es que se adelgaza hasta alcanzar un grosor aproximado de 2 mm.

### Efecto de los protocolos

#### Protocolo 1

Como se describió en la metodología, se procesaron placas histológicas de músculo tomadas a los 30,

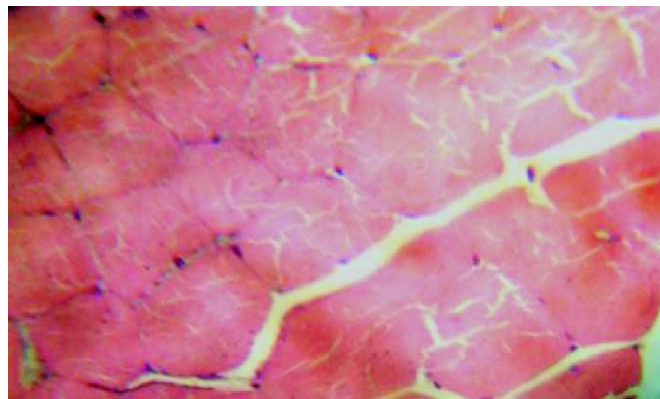
60, 90 y 120 días de aplicados los protocolos, mostrando aquí los resultados de preservación obtenidos hasta el día 90. La figura 3, detalla las características histológicas del tejido muscular con aumento de 40X, a los 30 días de aplicado este protocolo. Se observa que las células musculares han comenzado su proceso de autólisis, demostrado por el recogimiento que las mismas, con aumento de los espacios intercelulares, por efecto de la deshidratación.



**Figura 3.** Corte histológico transversal de músculo a los treinta días de aplicado el protocolo 1. Aumento 40X

A los sesenta días de aplicado este protocolo, se observa con claridad en la placa histológica, los núcleos en su posición periférica de las células

musculares, con disminución de su tamaño. El proceso de autólisis esta disminuido, como puede apreciarse en la figura 4.

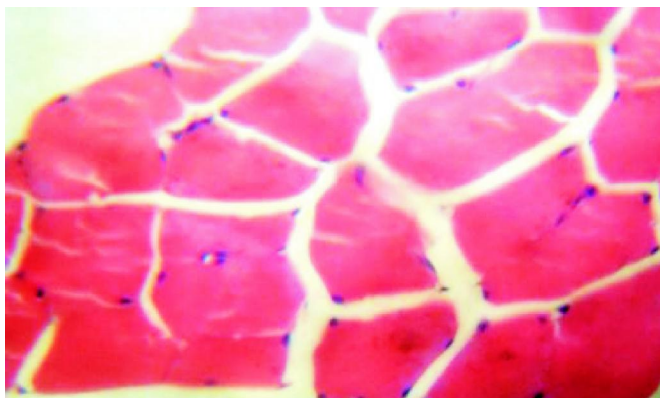


**Figura 4.** Corte histológico transversal de músculo a los sesenta días de aplicado el protocolo 1. Aumento 100X

Las características del tejido a los noventa días, se aprecian en la Figura 5. En ella se observa claramente los espacios intercelulares, que han

venido ampliándose y la presencia de los núcleos periféricos de cada una de las células, que como se mencionó en el figura 3, se han reducido.



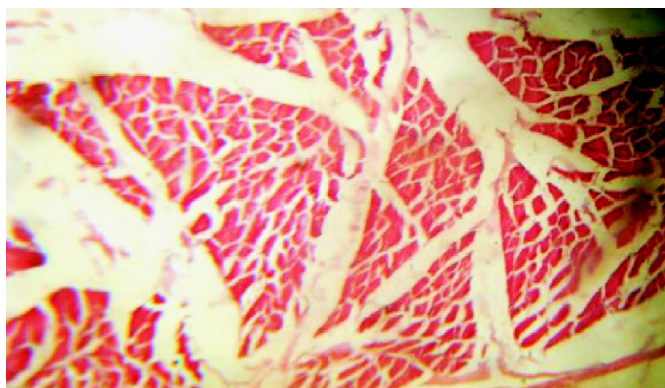


**Figura 5.** Corte histológico transversal de musculo a los noventa días de aplicado el protocolo 1. Aumento 100X

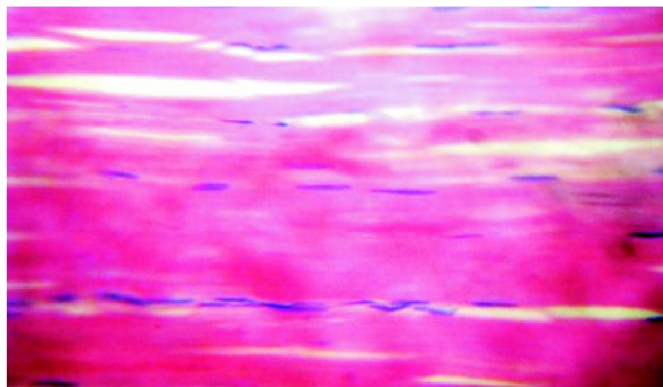
### Protocolo 2

Las figuras 6, 7 y 8, muestran los cortes histológicos de este protocolo a los 30, 60 y 90 días respectivamente. Se observa en su conjunto que los núcleos se conservan, el proceso es controlado y la arquitectura tisular facilita la identificación del tejido. Los vasos sanguíneos mantienen la estructura y el

tejido conectivo conserva la arquitectura normal; se conservan los espacios de CONHEIM. En la figura 6 se observa una gran cantidad de tejido conectivo, con amplios espacios entre los paquetes de fibras musculares. Por su parte en la Figura 7, se aprecia un corte longitudinal, con la presencia de núcleos alargados



**Figura 6.** Corte histológico transversal de musculo a los treinta días de aplicado el protocolo 2. Aumento 40X



**Figura 7.** Corte histológico longitudinal de musculo a los sesenta días de aplicado el protocolo 2. Aumento 100X

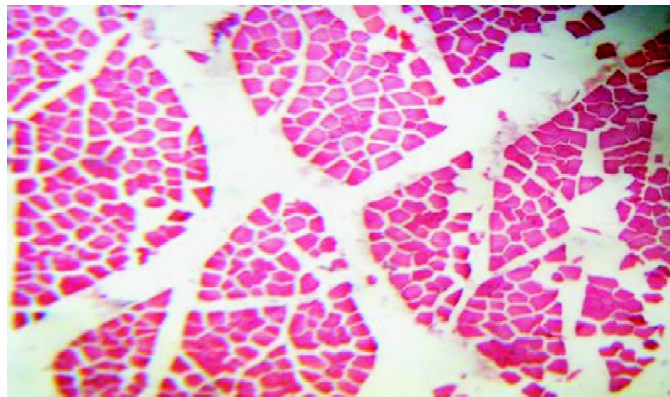


**Figura 8.** Corte histológico transversal de musculo a los noventa días de aplicado el protocolo 2. Aumento 40X

### Protocolo 3

Las figuras 9, 10 y 11 muestran los resultados del estudio histológico a los 30, 60 y 90 días de aplicado el protocolo 3. Se aprecia un aumento leve de la autolisis. Se demuestra porque los espacios

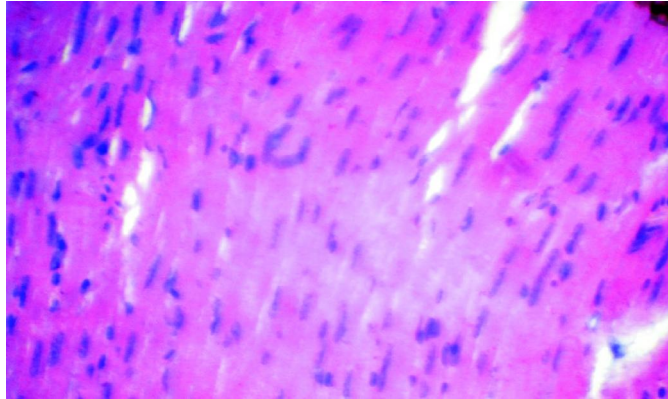
intercelulares son más grandes, porque la retracción celular ha aumentado. Se observan zonas no coloreadas o poco coloreadas, debido a que las enzimas celulares han autolizado las organelas.



**Figura 9.** Corte histológico transversal de musculo a los treinta días de aplicado el protocolo 3. Aumento 40X



**Figura 10.** Corte histológico longitudinal de musculo a los sesenta días de aplicado el protocolo 3. Aumento 100X

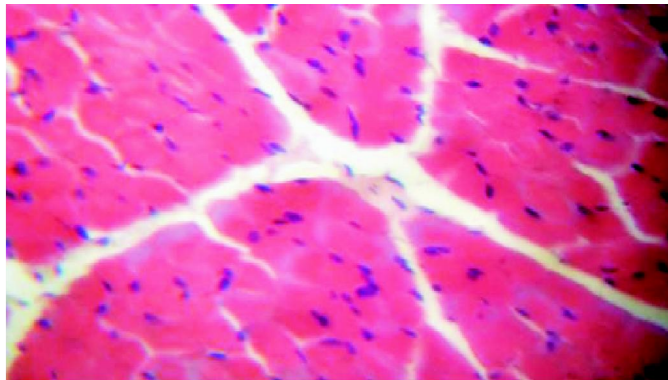


**Figura 11.** Corte histológico transversal de musculo a los noventa días de aplicado el protocolo 3. Aumento 40X

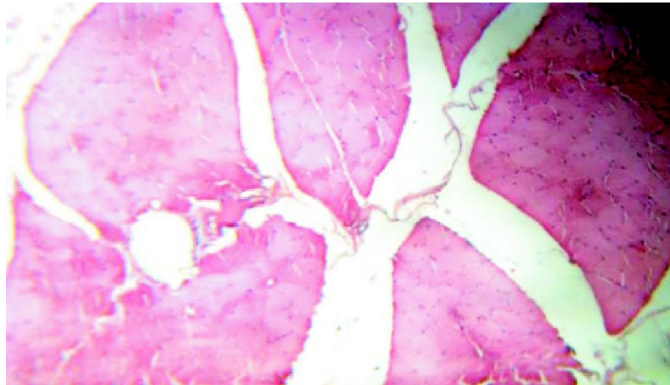
#### Protocolo 4

En las figuras 12, 13 y 14, se aprecia las características histológicas del tejido muscular a los 30, 60 y 90 días de aplicado el protocolo 4. El resultado es similar al observado con el protocolo 3, hay aumento del espacio intercelular, que se conserva, prevalecen fibras colagenas, pero escasas, especialmente a los 90 días, hay

retracción celular mas intensa, evidencia de la autolisis y deshidratación; las enzimas de las células han autolizado tejido colágeno, por acción de la colagenasa. Las células se observan más retraídas y núcleos menos visibles y pálidos, sin embargo no se pierde la arquitectura del tejido y es identificable.

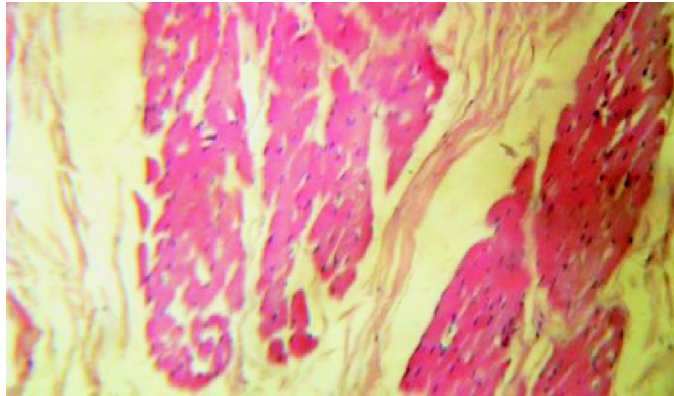


**Figura 12.** Corte histológico transversal de musculo a los treinta días de aplicado el protocolo 4. Aumento 10



**Figura 13.** Corte histológico transversal de musculo a los sesenta días de aplicado el protocolo 4. Aumento 100X



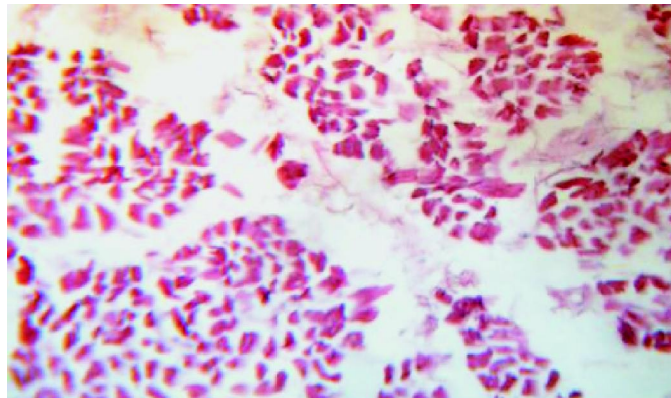


**Figura 14.** Corte histológico transversal de musculo a los noventa días de aplicado el protocolo 4. Aumento 100X

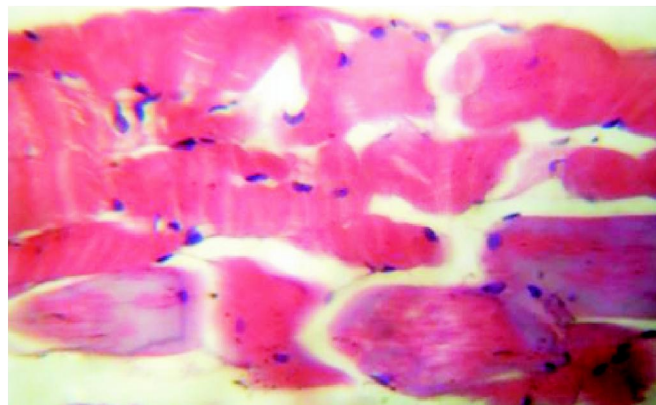
### Protocolo 5

Las figuras 15, 16 y 17, dejan ver las hallazgos histológicos a los 30, 60 y 90 días de aplicado el protocolo 5. Se observa espacios intercelulares grandes, los núcleos están desaparecidos, ha aumentado el proceso de autólisis. En ningún protocolo se ha presentado proceso de putrefacción, los espacios son

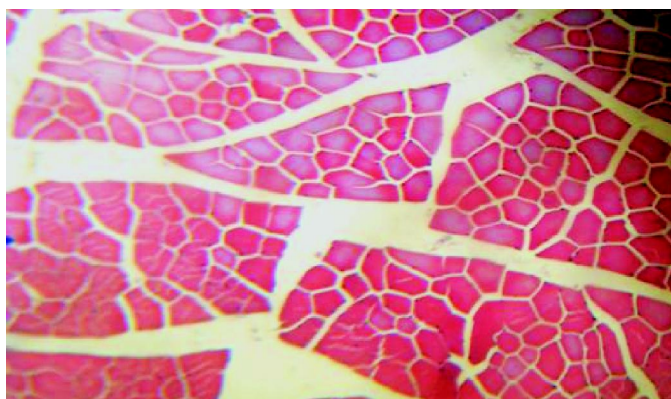
grandes. Los componentes de los protocolos, al parecer aumentan la deshidratación. El proceso de aclaramiento de tejidos, en los preparados histológicos se hace con xilol, toluol o fenol, y la deshidratación con etanol, por eso se ven espacios claros por recogimiento de las células, sin embargo la autólisis se controla.



**Figura 15.** Corte histológico transversal de musculo a los treinta días de aplicado el protocolo 5. Aumento 10X



**Figura 16.** Corte histológico transversal de musculo a los sesenta días de aplicado el protocolo 5. Aumento 100X



**Figura 17.** Corte histológico transversal de musculo a los noventa días de aplicado el protocolo 5. Aumento 40X

## DISCUSIÓN

Este proyecto tuvo como finalidad evaluar cinco protocolos de conservación de cadáveres para anatomía, utilizando como animal experimental el *Hydrochaeris hydrochaeris*. Como se mencionó antes, la idea fundamental es reducir el uso de formol, como principal elemento fijador de tejidos. Antes de usar cada uno de los protocolos, se hicieron ensayos en equinos y caninos, que son los especímenes habituales de estudio en la cátedra de anatomía. Es importante resaltar las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, descritas en la metodología y que son factores que inciden fuertemente en la conservación de piezas anatómicas, en donde protocolos que dan buenos resultados, bajo otras condiciones climáticas, bajo las nuestras, es diferente.

De estos ensayos preliminares se puede decir, que para el caso del protocolo 1, la concentración de formol utilizada fue muy baja (5 %), situación que probablemente ocasionó la descomposición rápida del ejemplar. Habitualmente en esta especie, el protocolo del laboratorio de anatomía utilizaba solo formol, como único elemento conservante. Al disminuir fuertemente su concentración, mezclarlo con otros elementos y, dada las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio la mayor parte del año (nueve meses), pueden ser las razones que llevaron al resultado obtenido. El protocolo 2, en donde se incrementó la

concentración de formol al 14 %, la conservación de tejidos mejoró sustancialmente, especialmente de músculos, afectándose las vísceras, probablemente por que no se obtuvo la perfusión adecuada, ya que la irrigación de éstas es menor que la de los músculos esqueléticos.

Siguiendo con los ensayos preliminares, el protocolo 3, en la que se utilizó menor concentración de formol (12 %), con relación al protocolo 2, a pesar de seguir el mismo patrón de descomposición de los dos anteriores, tuvo una mejor conservación, no siendo necesario eliminar ninguna estructura. Es de anotar que este ejemplar era el de menor peso y edad, lo que hace pensar que la primera variable, juega un papel importante en la perfusión por gravedad de la mezcla conservante. Esta situación se pudo comprobar al utilizar el protocolo 1 y 2 en caninos, ejemplares que no sufrieron descomposición, permitiendo la realización de las diferentes disecciones y soporto la manipulación de las piezas, que podrían ser conservadas para ser utilizadas como piezas de disección demostrativas, durante varios semestres, siempre y cuando se almacenen en lugares adecuados (Cuarto frío y/o pocetas de conservación), ya que dadas las condiciones climáticas tan adversas en la zona de experimentación, de temperatura ambiental y humedad relativa muy altas, favorecen la descomposición y la presencia de hongos en las piezas anatómicas.

La descomposición que se observó en el ejemplar equino de protocolo 4, se presume obedece a la vía seleccionada para la perfusión de la mezcla (Arteria carótida), ya que en primer lugar, la aplicación va en sentido contrario a la circulación general y en segunda instancia, al hecho de que las arterias son menos distensibles que las venas, lo cual pudo provocar la menor perfusión de la mezcla conservante, hacia los tejidos más distantes del sitio de aplicación.

Es de resaltar sin embargo, que la contaminación por vapores de formol, se redujo considerablemente en todos los protocolos utilizados en los ensayos preliminares, haciendo más tolerable el ambiente de trabajo.

Llama la atención que los protocolos utilizados en equinos y de acuerdo con la experiencia de muchos años de ejercicio docente en la anatomía, se nota que las piezas tienden a generar descomposición en las partes más distales de los miembros, tanto torácicos como pelvianos, lo que hace pensar que la perfusión de la mezcla a estos sitios, no es muy completa y probablemente se deba a la disposición arterial de los vasos que nutren estas regiones, que pueden sufrir espasmos antemortem, lo que generaría una vía más reducida para la llegada de la mezcla a estas zonas.

Sobre los resultados obtenidos en la especie experimental (*Hydrochaeris hydrochaeris*), los cinco protocolos arrojaron excelente resultado, ya que no se presentó descomposición en ninguno de los cadáveres utilizados y la disección, el ambiente de trabajo y la manipulación de piezas, se realizó sin la molestia que habitualmente genera el uso exclusivo del formol.

De acuerdo con la literatura, el formol es el fijador de tejidos más ampliamente conocido y usado en la mayoría de facultades de medicina y medicina veterinaria del mundo (Bensley y Hensley 1947, Armed Forces 1957, Baker 1966, Bickley *et al.* 1981, Hangay y Dingley 1985, Ripani y *et al.* 1996, Henry 1998, Von Hagens y Whalley 2000). Su acción, como la de otros fijadores, está encaminada a preservar el

estado de las células y tejidos, al detener el proceso autolítico y conservarlas en el estado en que se encontraban durante la vida (Bancroft y Stevens 1990). Para lograrlo se establecen puentes cruzados entre sus moléculas, de modo que quedan estabilizadas y bloqueadas en su posición y estructura original. Los enlaces establecidos son de tipo covalente, con los grupos amino libres presentes en las proteínas y forman puentes cruzados entre sí y con las proteínas adyacentes. Esto da como resultado la formación de una delgada malla, que mantiene la estructura interna celular y la cohesión tisular. (Celani y *et al.* 1984, UMSNH 2009). Los alcoholes como el etanol, son fijadores de tejidos que estabilizan las proteínas sin combinarse con ellas y producen cierto endurecimiento tisular, además de tener acción antioxidante, que para el caso de las técnicas histológicas, favorecen la coloración y tinción de tejidos (Gurr 1960, Baker, 1966, Bancroft y Stevens 1990, Luna 1992, Bloom y Fawcett, 1995, Geneser, 2000). El fenol también se encuentra entre las sustancias químicas fijadoras simples, aunque su uso es menos frecuente que el formol, utilizándose principalmente en soluciones compuestas (Celani *et al.* 1984, Bloom y Fawcett, 1995; Geneser, 2000). La glicerina por su parte, actúa como un vehículo a semejanza de lo que sucede con el agua, pero es fácilmente contaminada por bacterias y hongos, lo que la hace poco práctica para usar en concentraciones más elevadas a las utilizadas en este estudio, dadas las condiciones climáticas a las que nos hemos referido, imperantes en la zona.

Los resultados con el protocolo 1 mostraron que en las tres muestras analizadas se observa algo de autólisis (Las células se van recogiendo) y aumenta el espacio intercelular por la deshidratación. Los núcleos conservan la posición y se nota que hay disminución del tamaño del núcleo por la acción enzimática de la célula. Es de resaltar que el proceso de autólisis se disminuye y casi se detiene, acción que puede evidenciarse por la similitud del comportamiento histológico entre las muestras, es decir la muestra 3, conserva similitud con la 1 y 2, a pesar de que los tiempos de procesamiento son diferentes.

El Protocolo 2, mostró que el proceso de autólisis se ha controlado, pero se aprecia una mayor deshidratación de los tejidos, ya que los espacios entre paquetes celulares se han ampliado. Este efecto puede deberse a la mayor concentración de formol que tiene este protocolo (14 %). El hecho que la arquitectura celular se conserve, es indicativo de que las concentraciones utilizadas en este protocolo, han funcionado adecuadamente.

El protocolo 3 utilizó una concentración de formol ligeramente menor a la anterior (12 %), con leve incremento en la concentración del etanol y reducción en la concentración de fenol. Este protocolo además utilizó la concentración más elevada de glicerina (10 %). Aunque las características histológicas son semejantes, aquí se observó un aumento leve de la autólisis en razón a que las enzimas celulares han actuado sobre las organelas. De acuerdo con lo descrito sobre la acción de los fijadores, puede especularse que la acción química de estos no logró una total cobertura, que podría atribuirse a defectos en la perfusión de la mezcla. Si bien el procedimiento utilizado siempre fue el mismo en todos los ejemplares, pudo presentarse particularidades individuales que pudieron afectar su distribución. Además al utilizar una concentración mayor de glicerina, pudo permitir una mayor acción de agentes bacterianos que pudieran haber causado algún efecto adverso. Sin embargo es necesario insistir en que ninguno de los ejemplares utilizados en los cinco protocolos, sufrió descomposición evidente.

Las características del protocolo 4 es que la concentración de formol y etanol fue la mayor (18 % y 10 % respectivamente), hecho que se tradujo en los estudios histológicos, en un mayor grado de deshidratación, que de ninguna manera afecta la identificación del tejido y conserva perfectamente la arquitectura del mismo. Este resultado demuestra que sin lugar a dudas, los cadáveres de la especie en estudio, pueden soportar un tratamiento de conservación con formol mas bajo al utilizado en este protocolo, lo que seguramente redundará en menor contaminación del ambiente con vapores emitidos por este compuesto.

El protocolo cinco utilizó la concentración mas elevada de etanol (12 %) y una concentración intermedia de formol (16 %). a las utilizadas en los protocolos 2,3 y 4. La evidencia histológica muestra que la autólisis es levemente mayor en este protocolo, aunque totalmente controlada, es decir no ha avanzado desde la muestra tomada a los 30 días, respecto a la procesada a los 90 días. La deshidratación en este protocolo es mayor a los anteriores y claramente este hecho lo podemos relacionar con el uso en este protocolo de la concentración más elevada de etanol, que como se mencionó anteriormente, es utilizado en las técnicas histológicas para generar este efecto. Sin embargo es probable que el efecto combinado de los constituyentes de la mezcla, potencien la acción deshidratante.

Sin embargo es importante aclarar, que la arquitectura de los tejidos no pierde su forma y permiten su identificación. Por el contrario, la acción deshidratante, acaso pueda tener efecto beneficioso en el tejido macro, que como piezas para el estudio anatómico, podrían perdurar por mas tiempo sin presentar deterioro evidente, lo cual sería de gran importancia, en especial en el estudio de especies silvestres como la que nos ocupa, en la que no sería conveniente el sacrificio continuo de ellas, para el uso académico en el anfiteatro.

Analizando en conjunto los cinco protocolos utilizados en este estudio, es evidente que todos arrojaron resultados positivos, es decir, ninguno de ellos permitió la descomposición de los cadáveres de la especie, en contraste con lo ocurrido con las especies utilizadas en los ensayos preliminares, en donde los protocolos con las concentraciones mas bajas de formol, alcanzaron a tener descomposición de parte de sus tejidos. Enfatizando en lo dicho anteriormente, el tamaño de la especie parece tener efecto en la viabilidad del protocolo. Probablemente el efecto climático puede afectar más a un animal de mayor corpulencia, que a aquellos de tamaño menor.



Como uno de los objetivos de este proyecto esta encaminado a disminuir sustancialmente el uso del formol como elemento único de conservación de cadáveres, los resultados son claros en evidenciar que es perfectamente posible disminuir, incluso hasta el 5 % la concentración de formol (Protocolo

1), sin que este hecho ponga en riesgo la conservación de la pieza, lo cual redundará en un menor riesgo para el usuario, ya sea estudiante, profesor o investigador, por el uso exclusivo de formol y además en una muy sustancial reducción de los vapores contaminantes emanados por este elemento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más sincero agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana (IIOC), de la Universidad de

los Llanos, entidad que financió la ejecución de este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

Allegritti Pablo, [Obra Inédita Registrada]. "La Preservación de los Muertos a través de los Milenios", 2003, Mendoza, ED. E/T.

Bancroft JD and Stevens A. Theory and practice of the histological techniques, 1990. 3a ed. Churchill Livingstone, London.

Allegritti, Pablo,. "Prácticas Funerarias Precolombinas: la Conservación de los Cuerpos en las Antiguas Culturas Sudamericanas", 1993, Mendoza, edición especial, *copyright by* Pablo Allegritti.

Bensley R.R., Hensley SH. Handbook of histological and cytological technique. 1947 Chicago: University of Chicago Press.

Armed Forces,. Manual of Macrophenological Techniques 1957, Washington D.C. Institute of pathology, Medical Museum Laboratory, Walter Reed Medical Center, p302-304.

Bickley HC, von Hagens G, Townsend FM, An improved method for the preservation of teaching specimen. 1981. Arch Patol Lab Med, 105:674-676.

Assaf, A.; O. Cruz; A. Agüero y E. González Estudio sobre capacidad de retención de agua y poder de emulsificación de la carne del chiguire con relación a la carne de res, cerdo y pollo. 1976. En resúmenes del segundo seminario sobre chiguire y babas. CONACYT I.P.A., Fac. Agronomía, UVC. Maracay.

Bloom, W. y Fawcett, D.W., Tratado de histología, 1995. 12a Ed, McGraw-Hill, Interamericana, Mexico.

Azcarate, B.T. Sociobiología y manejo del *capibara* (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Doñana 1980. Acta Vertebrata 7:1-228.

Celani M. S., Fernández Surribas J., von Lawzewitsch I. Lecciones de Histología Veterinaria. 1984 Volumen I Microscopia y Técnicas Histológicas. I. Ed. Hemisferio sur S. A. 3ra. Ed..

Batista, C.A.C. et al. Conservação e estocagem de cadáveres a seco para o ensino de anatomia mediante o uso do vácuo. 1986 Rev. Bras. Cien. Morfol. 3(2):121-123.

Frigas, E., Filley, W.V., Reed, C.E. Bronchial Challenge with Formaldehyde gas : lack of bronchoconstriction in 13 patients suspected of having formaldehyde- Induced asthma. 1984. Mayo clin Proc., 59 : 295-299.

Baker JR, Cytological techniques, 1966. 5ª edición, Methuen, London.

González, J. El chiguire, una fuente indígena de carne de la América tropical. 1977. Revista mundial de zootecnia e industrial del chiguire. Universidad de Venezuela,. Maracay, Venezuela.

- González, J. E. El Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) estado actual de su producción. 1995. FAO: Producción y sanidad animal (Roma), 110p.
- Geneser, F Histología. Sobre bases biomoleculares, 2000 3a Ed., Editorial Medica Panamericana, Buenos Aires.
- Gurr E.,. Methods of analitical histology and histochemistry. 1960 The Williams and Wilkins Co. Baltimore.
- Hangay G, Dingley M, Biological Museum Methods, 1985: Vol. 1, Vertebrates. New York and Sidney: Academic Press, p49, 278, 302.
- Henry RW, Principles of plastination. 1998 J. Int. Soc Plastination, 13(2): 27.
- Instituto Alexander von Humboldt – GTZ – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Proyecto “Conservación y uso sostenible del Chigüiro en el Casanare” Aportes metodológicos, 2004. Memorias Encuentro Latinoamericano Sobre Chigüiros, Yopal (Casanare).
- Luna L. G.. Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology. 1992 Mc Graw Hill Book company. 3 ed..
- Mones, A. and J. Ojasti *Hydrochoerus hydrochaeris*. 1986. .Mammalian Species, 264: 1-7.
- Moret de Arcia Olga,. Contribución al estudio de los efectos tóxicos del Formaldehído. 1990, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.
- Otero R,. Proyecto de zocriadros en chigüiros (*Hydrochoerus hydrochaeris*), en la granja ICA Carimagua, 1972 INDERENA, p 1-10.
- Perkins,J.L, Kimbrough,J.D., Formaldehyde exposure in a gross anatomy laboratory. 1986. Occup. Med., 27 : 813-815.
- Reverte Coma, José M. “Antropología Forense”, Madrid. ED. Ministerio de Justicia, 1999.
- Ripani M, Boccia ML, Cervone P. De Vargas, Macciuca M,. Light microscopy of plastinated tissue. Can plastinated organs be considered viable for structural observations? 1996 J Int Soc Plastination 11(1): 28-30.
- Tomás Buisán, María Luisa. Los distintos productos conservantes en el área Médico Legal, ventajas e inconvenientes. 1998, Rev.Esp.Med.Leg.; XXII (84-85): 51-57.
- UMSNH, Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo, 2009: [http://dieumsnh.qib.umich.mx/patología\\_pract/practica\\_2.htm](http://dieumsnh.qib.umich.mx/patología_pract/practica_2.htm).
- Von Hagens G, Whalley A. Anatomy art: Fascination beneath the surface. . 2000 D-69126 Heidelberg: Institute for Plastination.



# **Lesiones tuberculoides y neumonía piogranulomatosa en un Chigüiro (*Hydrocharis hydrochaeris*)**

## **Tuberculoid lesions and pyogranulomatous pneumonia in a Capybara (*Hydrochaeris hidrochaeris*)**

Karl A. Ciuoderis-Aponte<sup>1</sup>, Julieta E. Ochoa-Amaya<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Medicina de la Conservación

<sup>2</sup> Patología animal, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Colombia

Envío de correspondencia: Julieta Esperanza Ochoa Amaya. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta, Colombia. E-mail: julietaeochoa@yahoo.es

### **RESUMEN**

*Corynebacterium kutscheri*, un bacilo ligeramente curvado, gram positivo, ácido alcohol resistente, provoca una infección en roedores denominada corinebacteriosis murina la cual fue llamada en un principio como pseudotuberculosis murina por que se semejaba con la tuberculosis del ratón, una enfermedad clínica con presencia de abscesos pulmonares y necrosis caseosa. La mayor parte de las infecciones por *C. kutscheri* en roedores son subclínicas y sólo efectos inmunosupresores revelan los casos clínicos que se presentan con secreción nasal y ocular, disnea, artritis y abscesos cutáneos que forman nódulos grises de unos 15 mm de diámetro. Las corinebacterias se consideran zoonóticas y el hombre adquiere la infección por el contacto con animales enfermos, sus órganos o sus productos; asimismo entre animales la infección se transmite de un animal con un absceso abierto a otro con abrasiones como las producidas durante las disputas territoriales. El presente reporte de caso describe la presentación de una reacción piogranulomatosa pulmonar.

### **ABSTRACT**

*Corynebacterium kutscheri*, a gram positive, and acid- alcohol resistant slightly curved bacillus, causes an infection in rodents called murine corynebacteriosis which was named at first as murine pseudotuberculosis due resembled the mouse tuberculosis, a clinical disease with abscesses pulmonary and caseous necrosis. The majority of infections in rodents are subclinical and only immunosuppressive effects reveals the clinical cases that are presented with nasal and ocular discharge, dyspnea, arthritis and skin abscesses forming 15 mm gray nodules. Corynebacterias are considered zoonotic, and the man becomes infected through direct

contact with sick animals, their organs or their products; among animals, the infection also is transmitted from one animal with an opened abscess to the other with abrasions as those produced during territorial disputes. This case report describes the presentation of pulmonary pyogranulomatous reaction.

## INTRODUCCIÓN

Los granulomas son masas nodulares de inflamación granulomatosa que histológicamente presentan una zona central de necrosis con neutrófilos rodeada por histiocitos, macrófagos epitelioides, células gigantes, linfocitos y encapsulada por fibroblastos, éstos son evidenciados al examen macroscópico como nódulos tuberculosos frecuentemente asociados a infecciones por miembros del complejo *Mycobacterium tuberculosis* (CMT) y del complejo *Mycobacterium avium* (Ginn *et al* 2007), no obstante existen lesiones tuberculoideas causadas por agentes infecciosos diferentes a las micobacterias, como son algunos miembros del genero *Corynebacterium* y *Nocardia* (Skoric *et al* 2007).

Skoric *et al* (2007) describieron a las lesiones tuberculoideas o semejantes a tuberculosis mostrando la formación de nódulos, con una estructura macro y microscópica de granulomas, los que frecuentemente desarrollan una inflamación purulenta local con una marcada infiltración de macrófagos y linfocitos, junto a necrosis caseosa central y a una reacción piogranulomatosa.

En roedores silvestres y de laboratorio se ha identificado que la infección por *Mycobacterium microti*, un miembro del CMT (Cavanagh *et al* 2004), causa lesiones o nódulos tuberculosos en diversos órganos (Fischer *et al* 2000; Niemann *et al* 2000; Cavanagh *et al* 2002; Durnez *et al* 2008), en contraste Vemireddi *et al* (2007) reportan lesiones piogranulomatosas en pulmón y pleura de renos debido a la infección por *Nocardia astreoides*, de esta manera, recientemente Wauters *et al* (2005) implicaron a *Nocardia cyriacigeorgica* con lesiones piógenas y abscesos cerebrales de humanos inmunocomprometidos, no obstante en animales no existía reporte del aislamiento de *N. cyriacigeorgica* con lesiones tuberculoideas pero en la actualidad Rojas *et al* (2008) reportaron el primer aislamiento de *N. cyriacigeorgica* de pulmones de ratones de laboratorio con infiltrados linfomonocitarios

y focos de hemorragia perialveolares. Finalmente, otro patógeno implicado en lesiones muy similares a la tuberculosis en pequeños mamíferos terrestres ha sido *Corynebacterium kutscheri* (Skoric *et al* 2007) pese a esto, la infección por *C. kutscheri* en ratones (Amao *et al* 1995b), ratas (Amao *et al* 1995a) y hámsteres sirios (Tansey *et al* 1995) fue llamada en un principio como pseudotuberculosis murina (Kutscher 1894) porque se parecía a la tuberculosis del ratón, una entidad clínica con presencia de abscesos pulmonares y necrosis caseosa (Holmes & Korman 2007).

Las bacterias del género *Nocardia* son un grupo de actinomicetos, irregularmente grampositivos y parcialmente ácido resistentes, filamentosos, ramificados y fragmentados de forma cocobacilares (Rojas *et al* 2008). La mayoría de las infecciones por *Nocardia* se adquieren por inhalación (Saubolle y Sussland 2003), con manifestación frecuente de enfermedad pulmonar, pleuritis y mediastinitis piogranulomatosas (Caswell y Williams 2007). En el pulmón la *Nocardia* crece como un patógeno intracelular facultativo la que induce una respuesta predominantemente PMN neutrófila con formación de abscesos calcificados o no, aunque los granulomas han sido reportados (Fischetti *et al* 2000). Por otro lado el elevado número de especies recientemente descritas en la literatura, ha evidenciado la complejidad taxonómica de este género y ha incentivado la búsqueda de otros métodos para la identificación precisa de las especies (Rojas *et al* 2008).

Dentro del genero *Mycobacterium* las especies que se destacan por su importancia patógena son: *M. tuberculosis* y *M. africanum* que causan principalmente tuberculosis en humanos (Lopez 2001), *M. avium* que infecta principalmente animales domésticos, cerdos, humanos, primates no humanos y aves silvestres (Carlyle *et al* 1997; Martín y Vizcaíno 1998; Cvetnic *et al* 2006), *M. bovis* que afecta

numerosas especies de mamíferos incluido el humano (Carlyle *et al* 1997; Martín y Vizcaíno 1998; Cvetnic *et al* 2006) y *M. microti* que afecta principalmente a roedores silvestres (Carlyle *et al* 1997; Martín y Vizcaíno 1998; Cavanagh *et al* 2002; Cvetnic *et al* 2006). El *Mycobacterium microti* es un patógeno de pequeños roedores y de ratones de campo (Djelouadji *et al* 2008), cercanamente relacionado con el bacilo Dassie, reportado en pequeños mamíferos de Sur África y del Medio Oriente (Cousins *et al* 1994; Parsons *et al* 2002; Mostowy *et al* 2004;), aislado también en humanos (van Soolingen *et al* 1998; Niemann *et al* 2000; Horstkotte *et al* 2001).

Wells fue el primer investigador que descubrió el *M. microti* en la década de los treinta, y lo llamo Bacilo del ratón de campo (Frota *et al* 2004), Históricamente se ha reportado la prevalencia de *M. microti* en roedores, Well y Oxon (1937) citado por Frota *et al* 2004, determinaron una prevalencia de 9 al 31%, Lapage (1947) citado por Durnez *et al* 2008, aisló en Gran Bretaña el *M. microti* de 8 musarañas bicolor a partir de pulmón, bazo, hígado, riñón y de nódulos linfáticos que además presentaban cambios morfológicos tuberculosos. Recientemente en Inglaterra Cavanagh *et al* (2002) encontraron una prevalencia del 8 % de *M. microti* en poblaciones de roedores silvestres. El *M. microti* es una bacteria bacilar gram positiva, ácido resistente y pleomórfica (Hirsh y Zee 1999) que causa lesiones tuberculoides en roedores. Inicialmente se desarrollan nódulos no caseosos con la participación de células epitelioides pero estos se tornan caseosos con la cronicidad, observándose fusión de los macrófagos y formación de células multinucleadas en hígado, bazo, nódulos linfoides y se asocia a lesiones broncoalveolares e intersticiales granulomatosas (Skoric *et al* 2007).

El género *Corynebacterium* está compuesto por bacilos ligeramente curvados, gram positivos, no encapsulados, aerobios o anaerobios facultativos estrechamente relacionados con *Nocardia*, *Rhodococcus* y *Mycobacterium* (Acha y Szyfres 2003). Algunos autores reportan que los integrantes de este género son ácido resistentes (Wilson y Miles 1964), sin embargo otros describen lo contrario (Acha y Szyfres 2003), incluso ciertos autores lo reportan como metacromático (NRC 1991). El primer

aislamiento de *Corynebacterium kutscheri* fue en un ratón en 1894 (NRC 1991), desde entonces se ha descrito como una bacteria comensal en ratones, ratas y topillos que se encuentra en la cavidad oral, esófago, colon recto y nódulos linfáticos submaxilares de estos roedores (NRC 1991; Amao *et al* 2002). Filogenéticamente *C. kutscheri* está relacionado con otros difteroides de importancia clínica en humanos (Riegel *et al* 1995), incluidos *Corynebacterium diphtheriae*, *Corynebacterium pseudotuberculosis* y *Corynebacterium ulcerans* (De Zoysa *et al* 2006).

Típicamente *C. kutscheri* causa infecciones latentes en ratones y ratas sanas pero puede causar enfermedad severa cuando el animal está inmunocomprometido o deficiente nutricionalmente (NRC 1991; Amao *et al* 2002; Fauve *et al* 1964; Pierce-Chase *et al* 1964) y clínicamente se presenta como enfermedad respiratoria acompañada de disnea, pérdida de peso, artritis y abscesos cutáneos que forman nódulos grises de unos 15 mm de diámetro (NRC 1991). Microscópicamente las primeras lesiones son coágulos sépticos dentro de los capilares rodeados por una zona de necrosis coagulativa y en la periferia de esta, infiltrados PMN (Weisbroth y Scher 1968) que eventualmente pueden formar grandes centros necropurulentos (NRC 1991). La enfermedad está caracterizada por émbolos sépticos que terminan en órganos como riñón e hígado en ratones y pulmón en ratas (NRC 1991; Amao *et al* 2002; Pierce-Chase *et al* 1964). A la necropsia se observan abscesos en hígado, riñones, pulmones y ganglios linfáticos (Acha y Szyfres 2003), adicionalmente también se encuentran grandes abscesos pulmonares a menudo coalescentes conteniendo material purulento caseificado y múltiples focos blanquecinos de necrosis principalmente en hígado y riñón, también abscesos subcutáneos y articulares e inclusive sólo la presencia de glomerulonefritis embólica sugiere una corinebacteriosis murina (NRC 1991; CVMNAH 2009).

Las corinebacterias se consideran zoonóticas y el hombre adquiere la infección por el contacto con animales enfermos, sus órganos o sus productos, asimismo entre animales la infección se transmite de un animal con un absceso abierto a otro con abrasiones (Acha y Szyfres 2003) como las

producidas durante las disputas territoriales. En roedores se ha descrito la transmisión oro-fecal y es la cavidad oral e intestino delgado los sitios comunes de reservorio de estados latentes del microorganismo (Amao *et al* 1995a, 1995b).

Hay que tener presente que la presencia del agente patógeno en poblaciones de animales silvestres no es una evidencia por sí misma de que la fauna silvestre sea un reservorio significativo para la enfermedad (Comer 2006), sin embargo es importante resaltar que los roedores y animales domésticos (particularmente los carnívoros y rumiantes) son el grupo de vertebrados

identificados como una de las mayores fuentes significativas de enfermedades zoonóticas (Acha y Szyfres 2003), por tal razón, los hallazgos de lesiones tuberculoideas y granulomatosas en roedores Colombianos como lo es el chigüiro proporcionan una evidencia de un riesgo latente de epizootias o brotes zoonóticos.

El presente trabajo describe el reporte y hallazgos histopatológicos concomitantes con una reacción piogranulomatosa pulmonar en un Chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*) de vida libre, cuyo diagnóstico presuntivo fue PTB compatible con infección por *Corynebacterium kutscheri*.

## REPORTE DE CASO

### Descripción de la especie

El *Hydrochaeris hydrochaeris* (Linnaeus 1766) Morales-Jiménez *et al* 2004), "Chigüiro" o "Capibara" pertenece al orden de los roedores (Mones y Kühl-de Mones 1981; Mones y Ojasti 1986), al suborden: Cavimorphae (González 1995) y a la familia Hydrochaeridae (Mones y Kühl-de Mones 1981; Mones y Ojasti 1986). Es el roedor viviente más grande del mundo (González 1995; Herrera 1999; Forero-Montaña *et al* 2003; Aldana-Domínguez 2007). Tiene una distribución amplia que abarca desde Panamá hasta el norte de Argentina (Forero-Montaña *et al* 2003), con un rango de alturas desde 0 hasta los 1300 m.s.n.m. (Aldana-Domínguez 2007). El chigüiro habita zonas con vegetación densa que estén alrededor de importantes cuerpos de agua (Escobar y González-Jiménez 1976; Jogerson 1986; Herrera 1999; Quintana *et al* 1998a, 1998b; Forero-Montaña *et al* 2003; Morales-Jiménez *et al* 2004).

Las mayores densidades poblacionales de chigüiros se encuentran en la zona pantanosa del Mato Grosso brasilero y en los llanos de Colombia y Venezuela (Herrera 1999; Aldana-Domínguez 2007). En Colombia las poblaciones de chigüiro han sido diezgadas por su cacería y tráfico de carne seca hacia Venezuela (Herrera 1999; Aldana-Domínguez 2007).

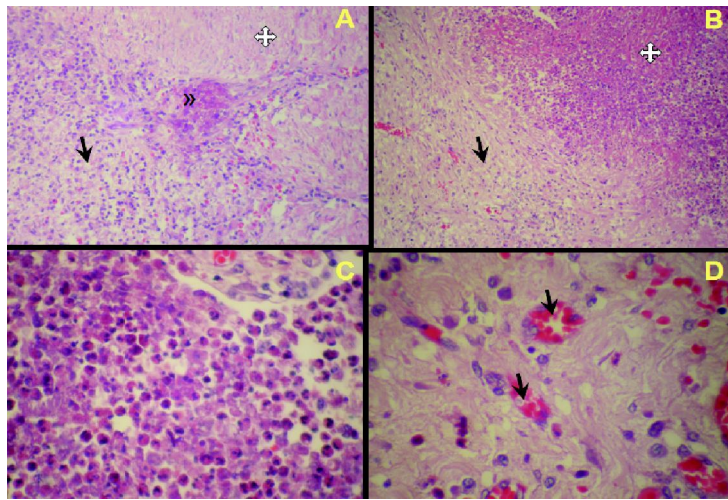
### Descripción del caso

El laboratorio de histopatología de la Universidad de los Llanos recibió muestras de tejidos fijados en formalina buffer que fueron remitidas para análisis histopatológico. Las mismas procedían de un ejemplar adulto de la especie *Hydrochaeris hydrochaeris*, "Chigüiro" de vida libre, sexo hembra, de 35 Kg de peso aproximadamente. Los cortes de tejidos fueron procesados mediante métodos rutinarios para microscopía óptica. La coloración de los cortes histológicos fue hecha con Hematoxilina-Eosina (H&E) y Ziehl-Neelsen (Z-N). El reporte anatomopatológico recibido con la remisión describía que el animal presentaba en piel zonas alopecicas y abultamientos en la región del cuello y en el tren posterior. Al incidir las masas se obtenía un material blanquecino y caseoso abundante. El esófago y la glándula tiroideas presentaban nódulos múltiples de material caseificado al igual que la pleura, parénquima pulmonar y diafragma. En los lóbulos caudales pulmonares se evidenciaba la confluencia de varios nódulos y tubérculos que formaban un gran tubérculo, conteniendo material caseoso. En los otros lóbulos pulmonares se observaron múltiples y pequeños nódulos caseosos.

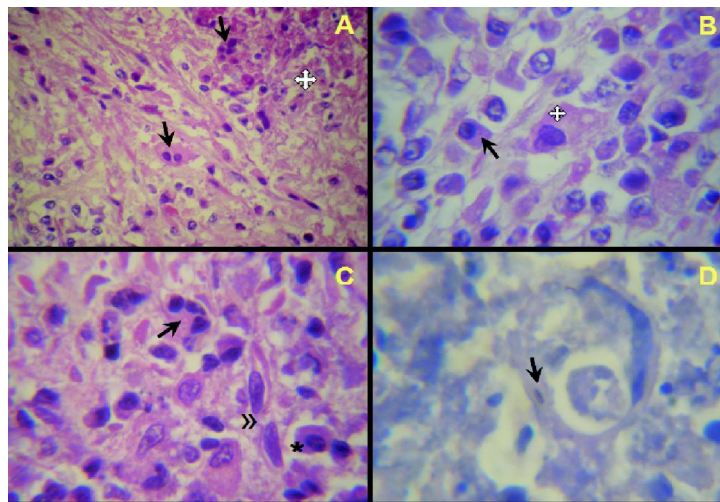


Durante el análisis histopatológico el pulmón fue el órgano con mayor evidencia patológica en comparación con los otros tejidos. El diagnóstico para este órgano fue de una neumonía piogranulomatosa. Microscópicamente las lesiones observadas eran granulomas que estaban compuestos de células mononucleares (macrófagos y células gigantes de Langhan's) alrededor de un área necrótica circundada por linfocitos, células plasmáticas e infiltrado de

neutrófilos y eosinófilos. Todo este conjunto de células inflamatorias y tejido necrótico estaban encapsuladas por una capa extensa de tejido conectivo fibroso neovascularizado (véase Figuras 1). De igual forma en el área de necrosis caseosa del granuloma se identificaron microorganismos de apariencia bacilar, pleomórficos tanto intra como extracelulares, adicionalmente positivos (ácido-álcohol resistentes) a la coloración de Ziehl-Neelsen.



**Figura 1. Reacción piogranulomatosa pulmonar.** Fuerte reacción de tejido conectivo fibroso (⊕) en pulmón con un área de necrosis caseificada (») e infiltrado inflamatorio (⊕), (10X) H&E, [A]. Área de necrosis caseificada e infiltrado linfocítico y eosinofílico (⊕) rodeado por una capsula de tejido conectivo fibroso (⊕), (10X) H&E, [B]. Infiltrado eosinofílico en el centro de necrosis de caseificación, (40X) H&E, [C]. Tejido conectivo fibroso con algún grado de neovascularización (⊕), (40X) H&E, [D].



**Figura 2. Granuloma en pulmón.** Células gigantes en formación (!) y área de necrosis caseosa (U), (10X) H&E, [A]. Infiltrado linfocítico, macrófagos y células plasmáticas de citoplasma basofílico y núcleo excéntrico (!), célula gigante de Langhan's en formación con una vacuola citoplasmática (U), (40X) H&E, [B]. Célula gigante de Langhan's (!), células epitelioides (») y células plasmáticas (\*) en tejido necrótico caseificado (40X), H&E, [C]. Bacilo alcohol-ácido resistente (!), (100X) (Z-N), [D].

## DISCUSIÓN

Fauve *et al* (1964) describe la presencia de *C. kutscheri* visto intra y extracelularmente en un fuerte infiltrado leucocitario y mononuclear sin células gigantes y epitelioides. Así mismo comprobó experimentalmente que la inmunosupresión causada por corticoesteroides permitió el desarrollo de pseudotuberculosis en ratones, así como el desarrollo de infecciones latentes. También sugirió que *C. kutscheri* puede persistir *in vivo* en una forma no patógena la cual es resistente a los mecanismos de defensa del hospedero estableciéndose infecciones latentes.

El reporte descrito de alteración histopatológica en pulmón y el resultado de bacilos "BAAR" para la coloración Z-N en los tejidos evaluados son características evidentes de una reacción piogranulomatosa compatible con microorganismos del género *Nocardia*, *Corynebacterium*, *Streptobacillus* y *Mycobacterium*. Sin embargo los hallazgos de neumonía intersticial caseonecrótica son lesiones atribuidas a infecciones por *Corynebacterium kutscheri* en roedores descritas por Pierce-Chase *et al* (1964) quienes encontraron en el ratón la presencia de neumonía intersticial caseonecrótica mientras que en ratas se presentaba pleuritis fibrinosa y pleuritis fibrosa con centros necropurulentos en los alveolos.

Según lo anterior siendo el chigüiro un roedor se esperaría con mayor frecuencia que la reacción piogranulomatosa fuese inducida por *Mycobacterium microti*, sin embargo, al someter los tejidos infectados a métodos moleculares de diagnóstico por PCR para patógenos del complejo *Mycobacterium* y a métodos de diagnóstico inmunohistoquímicos para *Mycobacterium bovis* los resultados fueron contundentemente negativos. Las lesiones macroscópicas sirven como una aproximación inicial para proponer un diagnóstico, no obstante el diagnóstico final se basa en los hallazgos microscópicos por lo tanto el diagnóstico presuntivo por las lesiones histopatológicas anteriormente citadas en pulmón son concomitantes con una reacción

piogranulomatosa pulmonar compatible con infección por *Corynebacterium kutscheri*.

En las micobacteriosis las lesiones externas son un signo del estado crónico de la enfermedad que ha resultado como inicio de una patología interna (Cavanagh *et al.*, 2004). La infección crónica por micobacterias en pulmón corresponde con granulomas rodeados por tejido conectivo fibroso abundante, consecuencia de la acción profibrótica del factor TGF- $\beta$ , producido por las células epiteliales, fibroblastos, eosinófilos y macrófagos de las vías aéreas, que estimula fuertemente a los fibroblastos para la secreción de proteínas de matriz extracelular (d'Almeida-Telles, 2007). Con el progreso de la lesión el tubérculo desarrolla fibroplasia periférica y necrosis central caseosa o caseo-calcificada (Ameni *et al* 2001; Cassidy 2006).

Los organismos ácido-alcohol resistentes pueden ser numerosos en la infección crónica pero a menudo son difíciles de encontrar en cortes histológicos (McGavin *et al* 2001) debido a que las micobacterias están presentes en la zona de necrosis caseosa y no en el citoplasma de macrófagos, células gigantes y epitelioides.

En animales inmunocompetentes la evolución de las enfermedades granulomatosas puede ser hacia la regresión y curación, o hacia un estado de latencia (Martín y Vizcaíno 1998; Jubb *et al* 2007), pero situaciones de baja competencia inmunológica e inmunosupresión causada entre otros por enfermedades, hormonas o desnutrición alteran el balance entre huésped y el agente permitiendo la proliferación del patógeno y subsecuente reactivación de la enfermedad (Jubb *et al* 2007).

Es necesario documentar este tipo de infecciones con posteriores investigaciones y es recomendable realizar pruebas para una certera identificación etiológica del microorganismo causal y en estos casos tomar muestras para microbiología son determinantes para el diagnóstico final.



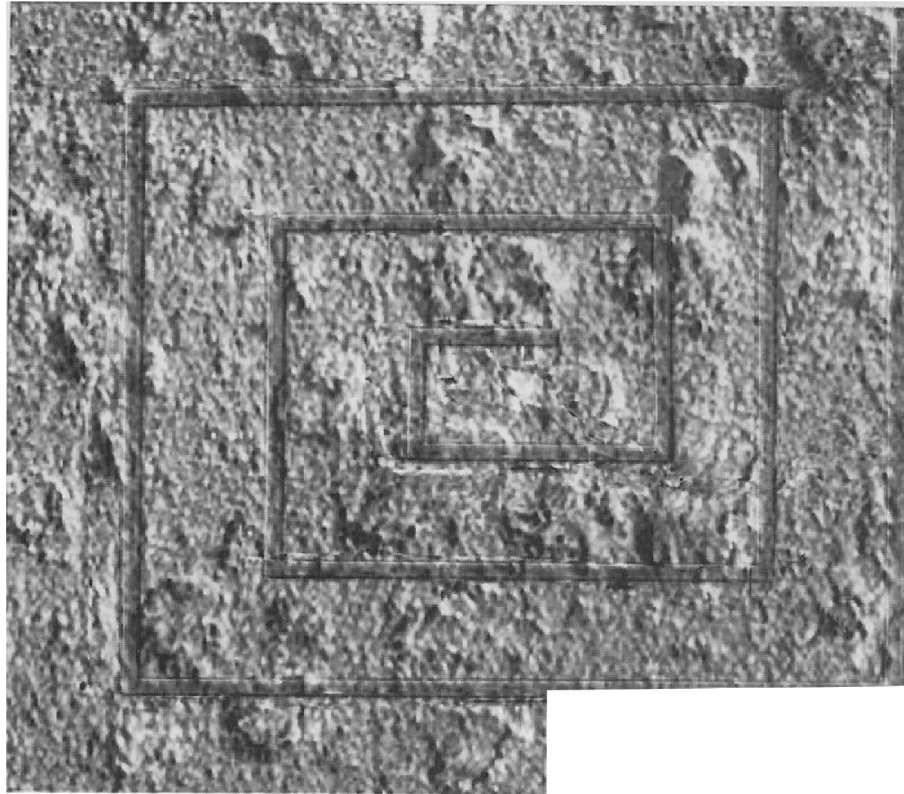
## REFERENCIAS

- Acha P.N. y B. Szyfres. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 3ª edición. Editorial Pan American Health Organization. 2003: 86-89.
- Amao H., Komukai Y., Akimoto T., Sugiyama M., Takahashi K.W., Sawada T., Saito M. Natural and subclinical *Corynebacterium kutscheri* infection in rats. *Laboratory Animal Science* 1995a; 45: 11–14.
- Amao, H., T. Akimoto, Y. Komukai, T. Sawada, M. Saito, and K. W. Takahashi. Detection of *Corynebacterium kutscheri* from the oral cavity of rats. *Exp. Anim.* 2002; 5: 99–102.
- Amao H., Komukai Y., Sugiyama M., Takahashi K.W., Sawada T., Saito M. Natural habitats of *Corynebacterium kutscheri* in subclinically infected icgn and dba/2 strains of mice. *Laboratory Animal Science* 1995b; 45: 6–10.
- Ameni, G., Ragassa, A., Kassa, T., Medhin, G., Survey on bovine tuberculosis and its public implications to cattle raising families in Wolaita Soddo, southern Ethiopia. *Ethiopian Journal Animal Production.* 2001; (1): 55–62.
- Aldana-Domínguez, J. 2007. *Hydrochoerus hydrochaeris*. En Chamorro-Rengifo, J., Cubillos-Rodríguez, P. (Eds). Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia SiB. Bogotá, Colombia. [En línea – Acceso Septiembre de 2008] Disponible en URL: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/welcome.do>.
- Carlyle, T., Duncan, R., King, N. 1996. *Veterinary Pathology*. 6ª edición. Lippincott Williams & Wilkins (eds). United States of America. 120; 490; 492 pp.
- Caswell JL, Williams KJ. Respiratory System. En: Jubb, K., Kennedy, P., Palmer, N. 2007. *Pathology of Domestic animals. Infections diseases of the respiratory system*. Elsevier Saunders. Volumen 2: 567 pp. Online Issues.
- Cassidy JP. The pathogenesis and pathology of bovine tuberculosis with insights from studies of tuberculosis in humans and laboratory animal models. *Veterinary Microbiology.* 2006; (112): 151–161.
- Cavanagh R, Begon M, Bennett M, Ergon T, Graham IM, Haas PEW, Hart CA, Koedam M, Kremer K, Lambin X, Roholl P, Soolingen D. *Mycobacterium microti* Infection (Vole Tuberculosis) in Wild Rodent Populations. *J Clin Microbiol.* 2002; 3281–3285.
- Cavanagh RD, Lambin X, Ergon T, Bennett M, Graham IM, Soolingen D, Begon M. Disease dynamics in cyclic populations of field voles (*Microtus agrestis*): cowpox virus and vole tuberculosis (*Mycobacterium microti*). *Proc. R. Soc. Lond. B.* 2004; 271: 859–867.
- Cvetnic Z, Spicic S, Katalinic-Jankovic V, Marjanovic S, Obrovac M, Benic M, Mitak, M, Pavlik I. *Mycobacterium caprae* infection in cattle and pigs on one family farm in Croatia: a case report. *Veterinarni Medicina.* 2006; 51 (11): 523–531.
- CVMNAH. Biology of the mouse and mouse disease (*Mus musculus*). College of veterinary medicine, nursing and allied health. Tuskegee University. [Acceso en línea Mayo 15 de 2009]. Disponible en URL: <http://compepid.tuskegee.edu/syllabi/pathobiology/pathology/labmed/chapter1.html>.
- Comer LA. The role of wild animal populations in the epidemiology of tuberculosis in domestic animals: How to assess the risk. *Veterinary Microbiology,* 2006; 112: 303–312.
- D’Almeida-Telles, P.F. Asma Brônquica/Imunoterapia Específica. [En línea - Acceso 28 Octubre de 2007]. Disponible en URL: [www.asma-bronquica.com.br/PDF/tratamento\\_asma\\_imunoterapia\\_especifica.pdf](http://www.asma-bronquica.com.br/PDF/tratamento_asma_imunoterapia_especifica.pdf).
- Cousins DV, Peet RL, Gaynor WT, Williams SN, Gow BL. Tuberculosis in imported hyrax (*Procavia capensis*) caused by an unusual variant belonging to the *Mycobacterium tuberculosis* complex. *Vet Microbiol.* 1994; 42 :135–145.

- De Zoysa, A., P. M. Hawkey, K. Engler, R. George, G. Mann, W. Reilly, D. Taylor, and A. Afstratiou. Characterization of toxigenic *Corynebacterium ulcerans* strains isolated from humans and domestic cats in the United Kingdom. *J. Clin. Microbiol.* 2006; 43: 4377–4381.
- Djelouadji Z, Raoult D, Daffe M, Drancourt M. A Single-Step Sequencing Method for the Identification of Mycobacterium tuberculosis Complex Species. *PLoS Negl Trop Dis.* 2008; 2(6): e253.
- Durnez L, Eddyani M, Mgode GF, Katakweba A, Katholi CR, Machang'u RR, Kazwala RR, Portaels F, Leirs H. First Detection of Mycobacteria in African Rodents and Insectivores, Using Stratified Pool Screening. *Appl Environ Microbiol.* 2008; 74 (3): 768–773.
- Escobar, A. & E. González-Jiménez. Estudio de la competencia alimenticia de los herbívoros mayores del Llano inundable con referencia especial al chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*). *Agron. Trop.*, 1976; 26: 215-227.
- Fauve, R. M., C. H. Pierce-Chase, and R. Dubos. Corynebacterial pseudotuberculosis in mice. II. Activation of natural and experimental latent infections. *J. Exp. Med.* 1964; 12: 283–304.
- Fischer, O., Matlova, L., Bartl, J., Dvorska, L., Melicharek, I., y Pavlik, I. Findings of mycobacteria in insectivores and small rodents. *Folia Microbiol.*, 2000; 45: 147–152.
- Fischetti VA, Ferretti JJ, Novick RP, Portnoy DA, Rood JI. Gram-positive pathogens. 2 ed. Washington DC (USA: ASM Press; 2000. p 604.
- Forero-Montaña, J., Betancur, J. & Cavelier, J. 2003. Dieta del capibara *Hydrochaeris hydrochaeris* (rodentia: hydrochaeridae) en Caño Limón, Arauca, Colombia. Sitio Argentino de Producción Animal – Producción Carpinchos. [En línea - Acceso en 23 de Septiembre de 2008]. Disponible en URL: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Frota CC, Hunt DM, Buxton RS, Rickman L, Hinds J, Kremer K, van Soolingen D, Colston J. Genome structure in the vole bacillus, *Mycobacterium microti*, a member of the *Mycobacterium tuberculosis* complex with a low virulence for humans. *Microbiology* (2004), 150, 1519–1527.
- Ginn PE, Mansell JE, Rakich PM. Skin and appendages. En: Jubb, K., Kennedy, P., Palmer, N. 2007. Pathology of Domestic animals. Elsevier Saunders. Volumen 2: (1): 687.
- González, J.E. 1995. El capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Estado actual de su producción. Estudios FAO – Producción y sanidad animal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, (122): 110.
- Herrera, E.A. Comportamiento, conservación y manejo de fauna silvestre: el caso del capibara en Venezuela. *Etología*, 1999; 7: 41-46.
- Hirsh DC, Zee YC. Veterinary microbiology. 2 ed. USA: Wiley-Blackwell; 1999. p 162.
- Holmes N.E. and T.M. Korman. *Corynebacterium kutscheri* Infection of Skin and Soft Tissue following Rat Bite. *Journal Of Clinical Microbiology*, 2007; 45 (10): 3468–3469.
- Horstkotte, M. A., Sobottka, I., Schewe, C. K., Schafer, P., Laufs, R., Rusch-Gerdes, S. y Niemann, S. Mycobacterium microti llama-type infection presenting as pulmonary tuberculosis in a human immunodeficiency virus-positive patient. *Journal of Clinical Microbiology*, 2001; 39: 406–407.
- Jogerson, J. Notes on the ecology and behavior of capybaras in northeastern Colombia. *Vida Silvestre Neotropical*, 1986; 1: 31-40.
- Jubb, K., Kennedy, P., Palmer, N. 2007. Pathology of Domestic animals. Infections diseases of the respiratory system. Elsevier Saunders. Volumen 2: 608–610 pp. Online Issues.

- Kutscher D. 1894. Ein Beitrag zu Kenntniss der bacillaren Pseudotuberculose der Nagethiere. En: Baker DG. Natural Pathogens of Laboratory Mice, Rats, and Rabbits and Their Effects on Research. Clin Microbiol Rev. 1998; 11(2): 231–266.
- Lapage, G. 1947. Tuberculosis of voles and shrews. Nature 160:168 citado por Durnez L, Eddyani M, Mgone GF, Katakweba A, Katholi CR, Machang'u RR, Kazwala RR, Portaels F, Leirs H. First Detection of Mycobacteria in African Rodents and Insectivores, Using Stratified Pool Screening. Appl Environ Microbiol. 2008; 74 (3): 768–773.
- Lopez A. Respiratory system, thoracic cavity and pleura. En: McGavin, D., Carlton, W., Zachary, J. 2001. Thomson's Special Veterinary Pathology. 3ª edición. Mosby, inc. United States of America. 170 pp.
- Martín, P, Vizcaino L. La Tuberculosis: Introducción a la enfermedad. Galemys, 1998; 10 (2): 36-46.
- McGavin, D., Carlton, W., Zachary, J. 2001. Thomson's Special Veterinary Pathology. 3ª edición. Mosby, inc. United States of America. 169- 170 pp.
- Mones, A. y J. Ojasti. *Hydrochoerus hydrochaeris*. Mammalian Species. *American Society of Mammalogists*, 1986; (264): 1-7.
- Mones, A. y U. Kühl-de Mones. Estudios sobre la familia Hydrochoeridae (Rodentia), X. Nomenclatura vernácula del género *Hydrochoerus* Brisson, 1762. *Ciencias Biológicas*, 1981; 1 (15): 225-257.
- Morales-Jiménez, A.L., Sánchez F., Poveda K. y A. Cadena. Mamíferos terrestres y voladores de Colombia. Guía de Campo. Ramos Lopez Editorial, Bogotá, Colombia. 2004, 248 pp.
- Mostowy S, Cousins D., Behr MA. Genomic Interrogation of the Dassie Bacillus reveals It as a Unique RD1 Mutant within the *Mycobacterium tuberculosis* Complex. *Journal of bacteriology*. 2004; 186 (1): 104–109.
- Niemann S, Richter E. Two Cases of Mycobacterium microti-Derived Tuberculosis in HIV-Negative Immunocompetent Patients. *Emerging Infectious Diseases*. 2000; 6(5).
- NRC. National Research Council. Infectious diseases of mice and rats: a report of the Institute of Laboratory Animal Resources Committee on Infectious Diseases of Mice and Rats. Washington DC (EEUU): National Academy Press; 1991. p 59-62.
- Parsons LM, Brosch R, Sole ST, Somoskövi A, Loder A, Bretzel G, van Soolingen D, Hale YM, Salfinger M 2002. Rapid and simple approach for identification of *Mycobacterium tuberculosis* complex isolates by PCR-based genomic deletion analysis. *J Clin Microbiol* 40: 2339-2345.
- Pierce-Chase, C. H., R. M. Fauve, and R. Dubos. Corynebacterial pseudotuberculosis in mice. I. Comparative susceptibility of mouse strains to experimental infection with *Corynebacterium kutscheri*. *J. Exp. Med.* 1964; 12: 267–281.
- Quintana, R., Monge, S. y Malvárez, A. Composición y diversidad de las dietas del capibara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) y del ganado doméstico en un agroecosistema de la región central de Entre Ríos, Argentina. *Ecotropicos*, 1998a; 11: 33-44.
- Riegel, P., R. Mimy, D. De Briel, G. Prevost, F. Jehl, F. Bimet, R. Christen, and H. Monteil. *Corynebacterium argentoratense* sp. nov. from the human throat. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1995; 45: 533–537.
- Rojasa OR, Medina C, Rumenoff L, Suárez O, Martínez E, et al. Primer reporte de infección natural por *Nocardia cyriacigeorgica* en ratones BALB/c. *Rev Soc Ven Microbiol.* 2008; 28:38-42.
- Saubolle M, Sussland D. Nocardiosis: review of clinical and laboratory experience. *J Clin Microbiol* 2003; 41: 4497-501.

- Skoric M, Shitaye EJ, Halouzka R, Fictum P, Trcka I, *et al.* Tuberculous and tuberculoid lesions in free living small terrestrial mammals and the risk of infection to humans and animals: a review. *Veterinary Medicine*. 2007; 52 (4): 144–161.
- Tansey G., Roy A.F., Bivin W.S. Acute pneumonia in a Syrian hamster: isolation of a *Corynebacterium* species. *Laboratory Animal Science* 1995; 45: 366–367.
- Van Soolingen D, Van Der Zanden A, De Haas PE, Noordhoek GT, Kiers A, Foudraine NA, Portaels F, Kolk AH, K, Van Embden JD. Diagnosis of *Mycobacterium microti* Infections among Humans by Using Novel Genetic markers. *Journal Of Clinical Microbiology*, July 1998, 36(7): 1840–1845.
- Vemireddi V, Sharma A, Wu C, Lin T. Systemic nocardiosis in a reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*). *J Vet Diagn Invest*. 2007; 19:326–329.
- Wauters G, Avesani V, Charlier J, Janssens M, Vanechoutte M, Delmée M. Distribution of *Nocardia* species in clinical samples and their routine and rapid identification in the laboratory. *J Clin Microbiol* 2005; 43: 2624-8.
- Weisbroth SH y Scher S. *Corynebacterium kutscheri* in the mouse. *Lab. Anim. Care* 1968; 18(4): 451-468.
- Wells, A. Q. (1937). Tuberculosis in wild voles. *Lancet* 1, 1221. En: Frota CC, Hunt DM, Buxton RS, Rickman L, Hinds J, Kremer K, van Soolingen D, Colston J. Genome structure in the vole bacillus, *Mycobacterium microti*, a member of the *Mycobacterium tuberculosis* complex with a low virulence for humans. *Microbiology* (2004), 150, 1519–1527.
- Wilson GS y Miles AA. *Topley and wilson's principles of bacteriology and inmunity*. 5 ed. Baltimore (EEUU): Williams y Wilkins; 1964.



RECURSOS GENETICOS

# Aportes citogenéticos en el esclarecimiento de la taxonomía del género *Callicebus*

## Citogenetical approach to clarify the taxonomy of the genus *Callicebus*

Marta L. Bueno<sup>1</sup>, Thomas R. Defler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología-Instituto de Genética, Sede Bogotá.  
Email: mlbuena@unal.edu.co

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología-Director Reserva OME-Amazonas  
Email: thomasdefler@gmail.com

### RESUMEN

Los *Callicebus* son primates de tamaño pequeño (800-1.200 g), ampliamente distribuidos en Suramérica. La taxonomía del género ha sido discutida por varios autores. Recientemente Defler (2004), basado en el trabajo de Hershkovitz (1990), reconoce para Colombia dos grupos de especies, *Callicebus cupreus* y *Callicebus torquatus*, con varias subespecies.

Dada la alta variabilidad cariotípica en el género, los cariotipos constituyen un carácter sistemático importante. Amplias diferencias en los números cromosómicos, están bien correlacionadas con los grupos de especies descritos para el género basados en caracteres morfológicos y biogeográficos.

Es característico de las especies del Grupo *cupreus*, números cromosómicos altos  $2n=44$ , para *C.c. ornatus* y  $2n=46$  en *C.c. discolor* y *C.c. caquetensis*, en tanto que las especies del grupo *torquatus* presentan números bajos ( $2n=16$ ) para *C.t. lugens* y  $2n=20$  en *C.t. lucifer*, *C.t. torquatus* y posiblemente *C.t. mendemi*, especie muy poco conocida y aun no estudiada genéticamente.

Basados en nuestros hallazgos citogenéticos en cultivos celulares de sangre periférica de 11 ejemplares de diferentes poblaciones de *Callicebus*, encontramos que los estudios cromosómicos son concordantes con los grupos y permiten diferenciar *C. ornatus* y *C. discolor* como especies independientes dentro del grupo *cupreus*. En el grupo *torquatus*, no se encontraron diferencias cromosómicas en ejemplares del trapecio amazónico *C.t. lucifer* y un ejemplar de fenotipo "*lugens*" de Florencia, Caquetá ( $2n=20$ ), ampliando la distribución de esta especie en el territorio colombiano. Aunque inicialmente, se sostuvo que *C. lugens* ( $2n=16$ ) no estaba presente en Colombia, el hallazgo de un ejemplar en el Zoológico de Matecaña, sugiere fuertemente la presencia de esta especie en la cuenca colombiana del Orinoco, aunque esto debe ser confirmado mediante estudios de campo.



Se discute el proceso de evolución cromosómica en los procesos de especiación en este género de primates, monógamos y territoriales, y se proponen algunas hipótesis sobre los procesos de especiación en este grupo.

**Palabras Clave:** Cariotipo, Evolución cromosómica, *Callicebus*, Cito taxonomía, Colombia.

## ABSTRACT

The *Callicebus* are small primates (800-1,200 g) amply distributed in South America. The taxonomy of the genus has been discussed by various authors. Recently Defler (2004), based on work by Hershkovitz (1990) recognized two groups of species in Colombia: *Callicebus cupreus* and *Callicebus torquatus*.

Because of high karyotypic variability in the genus, karyotypes constitute an important systematic character. Wide differences in chromosome number are well-correlated with species groups that have been described for the genus based on morphological and biogeographical characteristics.

Characteristic of the species in the *cupreus* group are high chromosome numbers ( $2n=44$  for *C. c. ornatus* and  $2n=46$  for *C. c. discolor* and *C. c. caquetensis*). In contrast, the *C. torquatus* species group has low chromosome numbers ( $2n=16$  for *C. lugens* and  $2n=20$  for *Callicebus torquatus* and *C. t. lucifer* and possibly *C. t. medemi* which has not yet been studied genetically).

Based on our cytogenetic finds from cell cultures from 11 specimens from different populations of *Callicebus*, we have found that our karyological data are concordant with the species groups and permit us to differentiate *C. ornatus*, *C. caquetensis* and *C. discolor* as independent species in the *cupreus* group. In the *torquatus* group there were no detectable differences between a "*lugens*" phenotype from Florencia, Caquetá and a *C. t. lucifer* from the Colombian trapezium (both were  $2n=20$ ), increasing the distribution of the species with that karyotype in the Colombian Amazon.

Although initially we supposed that *C. lugens* ( $2n=16$ ) was not present in the Colombian Amazon, the discovery of a *C. lugens* ( $2n=16$ ) in the Matacaña Zoo strongly suggests the presence of this species in the Colombian Orinoco, although this must be confirmed with field studies.

Based on our results a discussion of the evolutionary process in chromosomes is presented for this monogamous, territorial primate genus and some hypotheses regarding the evolution of this group are proposed.

**Key Words:** karyotype, chromosome evolution, *Callicebus*, cytotaxonomy.

## INTRODUCCIÓN

La taxonomía del género *Callicebus* fue inicialmente definida en base a criterios morfológicos y biogeográficos sin tener en cuenta que en los primates Neotropicales existe gran variabilidad genética en las poblaciones, acompañada de fenotipos muy similares, con polimorfismos intra-poblacionales tanto fenotípicos como genéticos, por

lo que basar la diferenciación específica únicamente en pequeñas diferencias fenotípicas no es evidencia suficiente para definir las de especie y/o subespecies.

El concepto de especie basado en criterios morfológicos, biogeográficos y genéticos es

fundamental en la teoría evolutiva, en la determinación de Unidades evolutivas significativas (ESU) y en la estimación del valor de Conservación de una población. Esto es indispensable para desarrollar estrategias y políticas en la conservación. (Ryde, 1986; Pearman, 2001; Fraser y Bernatchez, 2005).

Dobzhansky (1937) define el concepto de especies biológicas como el estado en el proceso evolutivo en el cual una población reproductiva se divide en varios grupos que son fisiológicamente incapaces de cruzarse entre sí, por la presencia de "barreras reproductivas" entre ellos. Mayr (1963, 1970, 1982, 1997, 2001, 2004) y Dobzhansky (1937) acogieron y difundieron el "concepto biológico", actualmente ampliamente aceptado entre los biólogos basado en el reconocimiento de especies, como entidades poblacionales, que se inter-cruzan. En este aspecto, los cambios en estructura y número cromosómicos en las poblaciones (Navarro y Barton, 2003; Rieseberg, 2001), constituyen sin duda una barrera fisiológica reproductiva por incompatibilidad en meiosis. (Forsdyke, 2004).

**El complejo *Callicebus torquatus*.** Hershkovitz (1990) realiza completa revisión del género *Callicebus*, con una clave con caracteres diagnósticos para 32 taxones entre los que incluyen los números cromosómicos descritos para *Callicebus* hasta 1990, que muestran una diferencia clara entre los dos grandes grupos: *torquatus* con número muy reducido de cromosomas ( $2n = 20$  y el número más bajo conocido en esa fecha entre todos los primates), y las subespecies del grupo *cupreus* con números cromosómicos más altos ( $2n = 46-50$ ). Diferencia 15 especies y 17 subespecies, seis de éstas como subespecies de *C. torquatus* (*C. t. lucifer*, *C. t. lugens*, *C. t. medemi*, *C. t. purinus*, *C. t. regulus* y *C. t. torquatus*). El descubrimiento de un cariotipo muy reducido ( $2n=16$ ) en una población brasilera al este del Río Negro, el cual es el número cromosómico más bajo hasta ahora registrado en primates (Stanyon *et al.*, 2003; Bonvicino *et al.*, 2003), en ejemplares muy cerca de la localidad tipo de *Callicebus lugens*, asignan esta característica inequívoca a esta especie que es claramente diferenciable cariológicamente de los otros

taxa del complejo *torquatus* con complementos cromosómicos de 20-22 cromosomas y es sin duda a una especie diferente.

Van Roosmalen *et al.*, (2002), con un enfoque completamente diferente del "concepto biológico de especie" usado por Hershkovitz (1990), realizan cambios radicales en la taxonomía del género, eliminando todas las subespecies, a las que elevan a especies y con la descripción de dos especies nuevas, reconociendo 28 especies en el género *Callicebus*. Aunque estos autores no son explícitos, utilizan "el concepto filogénico" para distinguir las especies, un concepto operacional que actualmente Groves (2001) y otros primatólogos están defendiendo.

En la tabla 1, se presenta la amplia variación cariológica en el género *Callicebus* ( $2n$  entre 16 hasta 50). Actualmente los cariotipos constituyen uno de los argumentos de mayor peso en la taxonomía del grupo y han incidido notablemente en la tendencia actual de elevar las subespecies a nivel de especie. Bueno *et al.* 2006, emplean argumentos citogenéticos para diferenciar *Callicebus ornatus* de *Callicebus discolor* como especies biológicas con barreras reproductivas

Bueno *et al.*, 2006, encuentran en ejemplares cautivos colombianos, identificadas como *Callicebus t. lugens*, por fenotipo y distribución de acuerdo con Defler (2003, 2004), el cariotipo  $2n = 20$ , muy similar al publicado previamente para *Callicebus torquatus* (Benirschke y Bogart, 1976) pero difiere indudablemente del cariotipo descrito para los *C. lugens* en los márgenes norte y sur del río Negro en la amazonia brasilera (Bonvicino *et al.*, 2003; Stanyon *et al.*, 2003; Casado *et al.*, 2006).

Esta evidencia revela un problema taxonómico pues lo que se ha considerado *lugens* en Colombia, teniendo en cuenta la revisión del género de Hershkovitz (1990), las observaciones en campo (Palacios y Rodríguez 1995, Defler *et al.* 2003), las colecciones de pieles dentro de nuestros museos, la distribución propuesta en Defler (2003) y los cariotipos de ejemplares de fenotipo "*lugens*" (Bueno *et al.*, 2006), evidentemente no pertenecen al taxon *Callicebus lugens* ( $2n=16$ ). Sin embargo el descubrimiento de un ejemplar de *C. lugens* ( $2n = 16$ ), sin procedencia registrada sugiere

**Tabla 1.** Variación cromosómica publicada para el género *Callicebus* (organizada en orden ascendente de número cromosómico)

Posible nombre del taxón ( <i>sensu</i> Hershkovitz, 1990)	2n	Cariotipo				Autor	Taxón referido en la publicación
		Autosomas		Cromosomas Sexuales			
		M+S*	A**	X	Y		
<i>C. torquatus lugens</i>	16	8	6	M	?	Bonvicino <i>et al.</i> , 2003; Stanyon <i>et al.</i> , 2003	<i>C. lugens</i>
<i>C. torquatus lugens</i>	16	8	6	S	A	presente reporte	<i>C. lugens</i>
<i>C. torquatus torquatus</i>	20	8	10	S	?	Egozcuc, 1969	<i>C. torquatus torquatus</i>
<i>C. torquatus torquatus</i>	20	8	10	S	?	Benirschke y Bogart, 1976	<i>C. torquatus torquatus</i>
<i>C. torquatus lucifer</i>	20	8	10	S	?	Bueno y Defler 2009	<i>C. torquatus lucifer</i>
<i>C. torquatus</i> ssp	20	8	10	S	?	Bueno <i>et al.</i> , 2006	<i>C. torquatus</i>
<i>C. torquatus</i> ssp	22	8	12	M	?	Barros <i>et al.</i> , 2000	<i>C. torquatus</i>
<i>C. personatus nigrifrons</i>	42	28	12	S	M	Nagamachi <i>et al.</i> , 2003	<i>C. personatus nigrifrons</i>
<i>C. personatus</i> ssp	44	26	16	S	?	Rodrigues <i>et al.</i> , 2004	<i>C. personatus</i>
<i>C. cupreus ornatus</i>	44	16	26	M	M	Bueno <i>et al.</i> , 2006	<i>C. cupreus ornatus</i>
<i>C. cupreus</i>	46	16	26	S	A	Bigoni y Stanyon, 2006	<i>C. cupreus</i>
<i>C. caquetensis</i>	46	14	30	S	?	Defler y Bueno, 2010	<i>C. caquetensis</i>
<i>C. cupreus</i> cf <i>discolor</i>	46	16	28	M	M	Bueno <i>et al.</i> , 2006	<i>C. cupreus</i> cf <i>discolor</i>
<i>C. moloch?</i> <i>C. cupreus?</i>	46	20	24	M	?	Bernischke y Bogart, 1976; De Boer, 1974; Egozcuc, 1969	<i>C. moloch cupreus</i>
<i>C. brunneus</i>	48	20	28	S	M	Minezawa <i>et al.</i> , 1989	<i>C. moloch brunneus</i>
<i>C. donacophilus pallescens</i>	50	18	30	S	M	Barros <i>et al.</i> , 2003	<i>C. donacophilus pallescens</i>
<i>C. donacophilus</i>	50	22	26	S	M	Minezawa y Valdivia-Borda, 1984	<i>C. moloch donacophilus</i>

la presencia de esta especie en la Orinoquia Colombiana.

Es necesario reevaluar la distribución geográfica de *C. lugens* (Humboldt 1811) y *C. t. mendemi*, que al parecer no difiere mucho de *C. t. lucifer*, no hay barreras geográficas en la distribución y la diferenciación morfológica está basada en el patrón de color de las manos, es decir no presenta diferencias en un grado

mayor que el observado en las otras subespecies, por lo que no es posible aun distinguirla como especie usando un concepto biológico (Defler, 2003). Por lo tanto hasta no caracterizar cito- genéticamente las poblaciones de *Callicebus* de la Orinoquia y Amazonía colombiana formando posiblemente por complejos de especies crípticas, aún no completamente estudiados, no es posible esclarecer la sistemática de este grupo.

**El complejo *Callicebus cupreus*.** En Colombia se encuentran tres formas nominales del Grupo *cupeus* números cromosómicos altos  $2n=44$ , para *C.c.ornatus*, y  $2n=46$  en *C.c. discolor*, *C. caquetensis*, reconocidas como subespecies (Defler, 2003; Hershkovitz, 1963, 1990) pero, basado en trabajo en los últimos años de nuestro laboratorio, como especies por Defler (2010) y como especies por van Roosmalen *et al.*, (2002). Una tercera especie endémica de este complejo para el país, fue descrita recientemente para el Caquetá (*Callicebus caquetensis*, Defler *et al.*, 2010), cariologicamente similar al cariotipo de *Callicebus*

*cupreus* de Bigoni y Stanyon en O'Brien *et al.* (2006:125). Este grupo está muy ligado al piedemonte andino, en la región oriental, por lo cual se encuentra sometido a una gran presión antropogénica, por el avance de la colonización de esta área, que viene acompañada de una extensa tasa de tala y reducción del hábitat a pequeñas manchas de bosque aisladas. Por lo que *Callicebus ornatus* y *Callicebus discolor* pueden ser consideradas como EN (en peligro). (Defler, 2003; Rodríguez *et al.*, 2006) y CR (críticamente amenazada) para *Callicebus caquetensis* (Defler *et al.* 2010).

## METODOLOGÍA

Durante los últimos años hemos estudiado tanto desde el punto de vista fenotípico como cariológico 11 ejemplares (8 hembras y 3 machos) del género *Callicebus* en el laboratorio de citogenética del Instituto de Genética de la Universidad Nacional. Los ejemplares fueron muestreados a partir de las colecciones vivas que se encuentran en los Zoológicos de Pereira, Matecaña, Bioparque los Ocarros, Pisilago; ejemplares decomisados por CARs, que se encontraban con secuestres como el ejemplar de Corpoamazonía en la ciudad de Florencia (Caquetá), o en Centros de Rescate de fauna en Bogotá (URRAS-Universidad Nacional y Centro de Rescate de fauna, DAMA, Engativá). Dos ejemplares fueron colectados en campo. (Tabla 2)

Para la toma de muestra sanguínea requerida para los estudios citológicos, los ejemplares fueron sedados con Ketamina-Xilacina y se extrajeron 2- 2.5 ml de sangre de la vena femoral con una jeringa de 3 ml empleando como anticoagulante 0.01 ml de Liquemine (ROCHE). Las muestras fueron transportadas hasta el laboratorio de Citogenética del

Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá. Se realizaron dos cultivos de linfocitos siguiendo el protocolo clásico de Moorhead *et al.*, 1960, modificado por nosotros con el uso de extracto crudo de favina (lectina extraída del haba *Vicia faba*, a una concentración final entre 5-20  $\mu\text{g/ml}$  para 0.04 ml de sangre) como mitógeno. En los cromosomas obtenidos fueron evaluados los patrones de bandas; GTG (Seabright, 1971); CBG (Arrighi y Hsu 1971; Sumner 1972) y NOR (Goodpasture y Bloom 1975; Howell y Black, 1980). Adicionalmente, cuando la muestra lo permitió, se realizaron cultivos para Bandas de replicación tardía (RBH-FPG) con pulso terminal de BrUd (50  $\mu\text{g/ml}$ ) en las últimas 7 horas de cultivo (Willard y Latt, 1976). En las láminas obtenidas se aplicaron las técnicas de bandeado para identificación cromosómica RBHG-FPG (Goto *et al.*, 1975)

Imágenes digitales y en fotografía de papel fueron tomadas empleando un foto-microscopio Zeiss, Axophot y para la elaboración de los cariotipos el programa Lucia (Software Lucia Karyotyping, Laboratory Imagin Ltd).

## RESULTADOS

### Grupo *torquatus*

Se estudiaron cuatro ejemplares, de los cuales solo dos tienen localidad conocida. (Tabla 2).

Una hembra, adulta, estudiada en 1997, remitida como *Callicebus torquatus* por el zoológico de

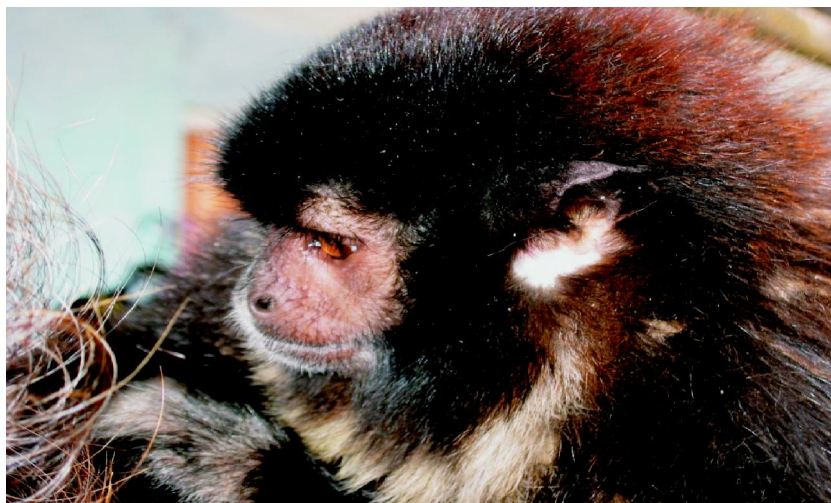
Pereira, de la que no se tiene datos fenotípicos ni existe un espécimen de referencia, una hembra adulta estudiada en el 2004, que presentó un fenotipo concordante con los caracteres diagnósticos de *C. lugens* (fig.1) de acuerdo con

**Tabla 2.** Ejemplares estudiados del genero *Callicebus*

Grupo torquatus					
Procedencia	Determinacion		Sexo	2n=	Nº Ejemplares
Zoologico de pereira	<i>C. torquatus</i>	ND	H	20	1
Muestra en campo	<i>C. torquatus lucifer</i>	Macedonia, Amazonas	H	20	1
Corpoamazonia- Cautivo	<i>C. torquatus</i>	Florencia -Caquetá	H	20	1
Zoologico Matecaña	<i>C. lugens</i>	ND	M	16	1
Total					4
Grupo cupreus					
Procedencia	Determinacion	localidad	Sexo	2n=	Nº Ejemplares
Dama	<i>C. c ornatus</i>	ND	H	44	1
URRAS	<i>C. c discolor</i>	ND/posible Villavicencio	H	46	1
Zoo. Pisilago	<i>C. c discolor</i>	ND	M	46	1
Zoo. Pisilago	<i>C. c ornatus</i>	ND/posible Villavicencio	H	44	1
Colecta en campo	<i>C. caquetensis</i>	Valparaiso, Caquetá	H	46	1
Zoo Ocarros	<i>C. c ornatus</i>	San Martin,Meta	M / H	44	2
Total					7

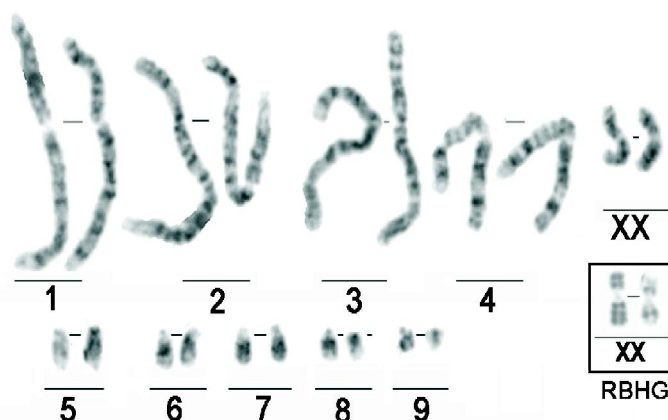
Defler (2003), que se encontraba con un secuestre depositario de Corpoamazonía en Florencia, Caquetá, y en el 2007, y una hembra procedente de Macedonia (Amazonas), con fenotipo de *Callicebus torquatus lucifer*, de acuerdo con los criterios de Hershkovitz (1990) y capturado en la distribución del mismo taxón. Para estos tres ejemplares, se encontró un cariotipo compuesto por 20 cromosomas (Fig. 2), muy similar a los publicados previamente para un *Callicebus torquatus* (Benirschke & Bogart 1976; Bueno *et al.*

2006). Se encuentra conformado por cuatro pares de cromosomas grandes, submetacéntricos los pares 1 al 3 y metacéntricos el par 4 y cinco pares acrocéntricos pequeños. Los cromosomas X, son medianos y metacéntricos, con patrón característico para este cromosoma en casi todos los mamíferos incluyendo al humano. Se confirmó la replicación tardía de uno de los cromosomas X en los cultivos para Bandas de replicación tardía (RBH-FPG) con pulso terminal de BrUd (Fig.2 recuadro)



**Figura 1.** Fenotipo de la Hembra de *Callicebus torquatus* (2n=20). Procedente de Florencia, Caquetá. Presenta Coloración oscura, característica de ambientes con poca luz., y adquiere tonos rojizos con el sol, siendo estos más conspicuos en la región dorsal. Notar los pelos blancos de las manos y collar ventral





**Figura 2.** Cariotipo en bandas G (GTG) de la hembra de Florencia, *Callicebus torquatus*. En el recuadro se muestra la replicación tardía de uno de los cromosomas X con pulso tardío de Brud (RBHG = Bandas R con Brud, Hoechst y Giemsa) Notar el tamaño mediano del cromosoma X y la replicación tardía de uno de los X

En estos ejemplares se observó con bandas C, algunos polimorfismos en la heterocromatina constitutiva en seis pares del complemento, incluyendo polimorfismos centroméricos, teloméricos, que evidencia la presencia de variaciones heterocromáticas individuales o en poblaciones que deben ser confirmadas con un mayor número de ejemplares y no pueden considerarse como diferencias especie-específica.

No se encontraron diferencias entre los cariotipos del ejemplar decomisado en Florencia, Caquetá, Colombia, con fenotipo “*lugens*” y el de la hembra de *C. t. lucifer* (*sensu* Hershkovitz 1990) procedente de Macedonia, Amazonas, por lo que nos parece adecuado considerarlos como una sola especie en vez de dos especies diferentes como sostiene van Roosmalen 2002.

Posteriormente, se encontró, en un ejemplar cautivo, sin datos de origen, en el Zoológico de Matecaña, un ejemplar con 16 cromosomas, cariotipo idéntico a población brasilera de *Callicebus lugens*. (Bonvicino *et al.*, 2003; Stanyon *et al.*, 2003) En el cariotipo, se observan dos grupos bien diferenciados en los autosomas, un grupo de autosomas biarmados de

gran tamaño (pares 1-4) y los acrocentricos. (5-7). El cromosoma Y, es un acrocéntrico notoriamente grande para el tamaño usual de este cromosoma en otros primates. En los cultivos para Bandas de replicación tardía (RBH-FPG) con pulso terminal de BrUd, se evidencia la presencia de un extenso bloque de cromatina de replicación tardía en el brazo largo. (Fig.3)

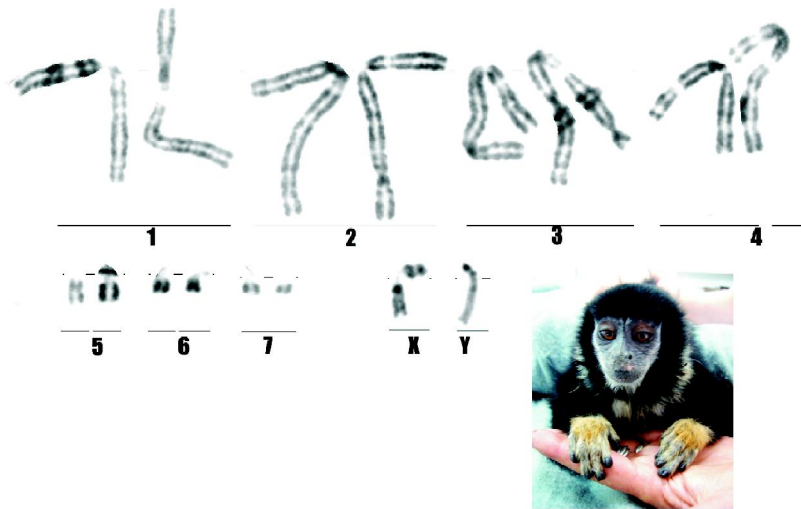
#### Grupo *cupreus*

Dos ejemplares de *Callicebus cupreus discolor* (Fig.4), un macho del Zoológico de Pisilago (Sin origen conocido) y una hembra decomisada a su llegada a Bogotá y entregada a la Unidad de Rescate y Rehabilitación de Fauna Silvestre, de la Universidad Nacional, presentaron un cariotipo conformado por 46 cromosomas, muy similar al descrito por Egozcue *et al.*, 1969 y Benirschke y Bogart, 1976, para un macho de “*Callicebus moloch = cupreus*” Este cariotipo se caracteriza por presentar 46 cromosomas (Fig. 4), con 8 pares de cromosomas medianos con dos brazos (pares 1-8) y 14 pares de acrocéntricos (pares 9-22). El X es metacéntrico y el Y, es el cromosoma más pequeño, en la mayoría de las metafases solamente es identificable como un punto, posiblemente metacéntrico.



Cuatro ejemplares (tres hembras y un macho) fueron determinados como *Callicebus cupreus ornatus* (= *C. ornatus*,) (Fig. 5) de los cuales, dos tenían como origen probable Villavicencio y dos provenían de San Martín, Meta, que se encuentran dentro del área de distribución propuesta por Defler (2003, 2004, 2010).

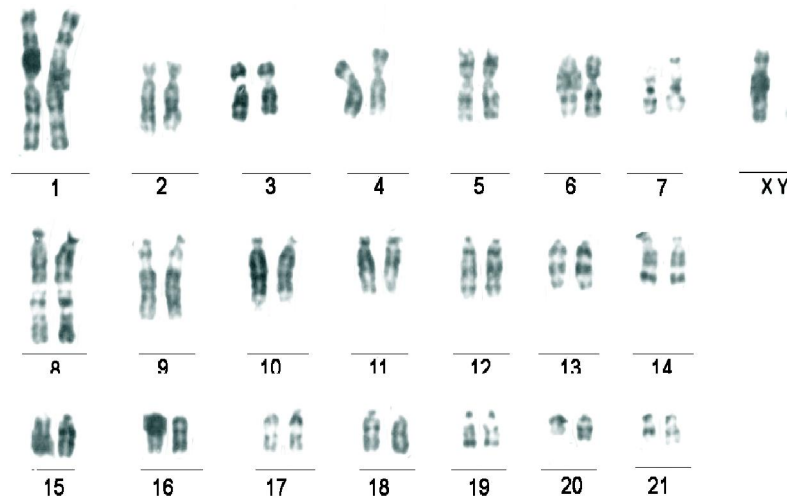
Desde el punto de vista cariológico, estos ejemplares presentaron un número diploide  $2n = 44$  (Fig.6), conformado por dieciséis cromosomas metacéntricos y submetacéntricos y 26 pares de acrocéntricos. El cromosoma X es submetacéntrico y el Y metacéntrico muy pequeño (Bueno *et al.*, 2006).



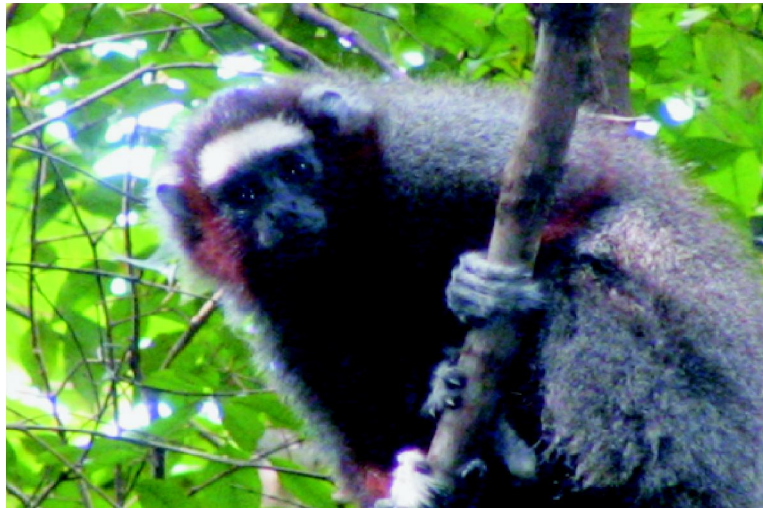
**Figura 3.** Cariotipo en bandas R (RBH-FPG) y fenotipo del ejemplar de *C. lugens* ( $2n= 16$ ) del Zoológico de Matecaña. Notar la coloración amarilla de las manos y la presencia de un estrecho collar blanco en la parte ventral. En el cariotipo, la gran diferencia en tamaño entre los autosomas de dos brazos (1-4) y los acrocéntricos.(5-7). El cromosoma Y sobresale por su gran tamaño y la presencia de un extenso bloque de cromatina de replicación tardía en el brazo largo



**Figura 4.** *Callicebus cupreus cf. discolors*, Macho,  $2n=46$ . Zoológico de Pisilago, Notar la coloración rojiza de las manos y la ausencia de una banda negra en la frente, característica de esta especie pero ausente en los dos ejemplares examinados cariologicamente en este trabajo



**Figura 5.** Fenotipo de ejemplar silvestre de *Callicebus ornatus*, San Martin Meta. (Foto de Xiomara carretero)



**Figura 6.** Cariotipo bandas G (GTG) de macho de *Callicebus c ornatus* ( $2n=44$ ), en el que se observan las características cromosómicas de las especies del grupo *cupreus* en los que predominan los cromosomas acrocénticos. El cromosoma 1 metacéntrico es característico de esta especie y posiblemente originado de una fusión telomérica con uno de los acrocénticos pequeños del cariotipo de *C. c discolors*, ( $2n=44$ ). Esta función sería el origen de la reducción numérica que diferencia estos dos cariotipos

Una hembra de este grupo, fue colectada por J. García en Valparaiso, Caquetá y fue descrita como nueva especie, *Callicebus caquetensis* por Defler *et al.*, (sometido 2010.). Esta especie tiene un número diploide de 46 cromosomas, conformado por 7 pares de metacéntricos y 15 pares de acrocénticos. El cromosoma X es submetacéntrico y conserva el patrón de bandas característico de

este cromosoma en varios grupos de primates incluyendo al humano. No se conoce la morfología del Y. Se encontró mucha similitud entre este cariotipo y el reportado para "*Callicebus cupreus*" por Bigoni & Stanyon en O'Brien, Menninger & Nash (2006). Este cariotipo tiene una amplia homología con el de *C. c discolor* ( $2n=46$ ) compartiendo 21 de los 22 pares cromosómicos

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como resultado del estudio de los fenotipos del género *Callicebus* en 6 de las principales colecciones del mundo por DeFler (sin publicar), nos hace sospechar que la taxonomía del género y especialmente de los complejos *Callicebus torquatus* y *Callicebus cupreus* está por esclarecer para Colombia y para otros países, dado que las revisiones recientes se ha hecho basadas en diferencias fenotípicas, sin mucha consideración del genotipo de los animales (Hershkovitz, 1990; Groves, 2001; Van Roosmalen *et al.*, 2002).

Las diferencias cariológicas entre grupos cercanos, implican la presencia de rearrreglos cromosómicos (simples o complejos) que en algunos casos contribuyen a la diversificación, divergencia y aislamiento reproductivo (White, 1968, 1978; King, 1993; Sites y Moritz, 1987).

La variabilidad que estamos identificando en los cariotipos en estos dos complejos de *Callicebus* y en todo el género, permite concluir que la evolución cromosómica sin duda ha incidido mucho sobre la evolución y especiación de este género.

En algunos grupos de roedores (*vgr. Holochirus, Mus*) y primates (*Aotus*) se han reportado rearrreglos cromosómicos que involucran translocaciones de brazos cromosómicos completos y/o adiciones heterocromáticas que no tienen efectos significativos en la fertilidad o tamaño de camada, por lo que constituyen polimorfismos intra- poblacionales. (Nachman y Myeres, 1989, Giraldo *et al.*, 1986). En situaciones como esta, los cambios cromosómicos pueden acompañar, pero probablemente no causan especiación.

Sin embargo, en otros grupos como en las cabras, *Sorex araneus* (Searle, 1986); la oveja doméstica *Ovis aries*, (Stewart-Scott y Bruere, 1987) y el ganado *Bos taurus*, *Bos indicus*, (Maurer y Vogot, 1988; Sánchez *et al.*, 2007), con el mismo tipo de rearrreglo cromosómico (translocaciones de cromosomas completos) presentan diferentes y significativos efectos en la eficiencia biológica de estas especies.

Para el complejo *Callicebus torquatus* el descubrimiento de dos cariotipos en Colombia sugiere la presencia de dos especies en el país: *Callicebus lugens* y *Callicebus torquatus*, con dos subespecies, *lucifer* y *medemi*. Aunque es verdad que no hemos podido estudiar el cariotipo de *medemi* todavía, es importante resaltar que es un taxón que es parapátrico con *C. t. lucifer* (sensu Hershkovitz, 1990), y probablemente no hay barreras reproductivas entre ellos (por confirmar cariotípicamente). El único rasgo descubierto hasta ahora para distinguir *lucifer* de *medemi* es la ausencia de manos blancas en *medemi*, el pelaje es muy similar entre los dos taxones.

Otro problema en este complejo es la dificultad en distinguir *lugens* y *lucifer* según lo definido por Hershkovitz (1990). Hershkovitz (1990) no fue explícito en los caracteres diagnósticos empleados para separar estas dos especies. Adicionalmente, el descubrimiento de dos cariotipos entre los "*lugens*" colombianos, demuestra que en este taxón hay dos taxa: *lugens* (bien definido por el cariotipo de  $2n=16$ , pero no por un fenotipo) y otro taxón que no es distinguible fenotípicamente de "*lugens*" sensu Hershkovitz, 1990, con  $2n=20$ . Además, la división de *Callicebus torquatus* en *lucifer* (hasta el río Caquetá) y *lugens* (al norte del río Caquetá) no parece ser sostenible. En la población boreal hay muchos individuos que son iguales a los *lucifer* del sur del país, aunque los porcentajes de ejemplares más oscuros varían de sur a norte. La única defensa de esta división propuesta por Hershkovitz (1990) había seguido la regla sugerida por Mayr y Ashlock (1991) de que porcentajes distintos de dos rasgos similares entre dos poblaciones pueden ser utilizados para describir subespecies distintas.

Para solucionar este problema, se requiere de una investigación mucho más detallada de los dos taxa (*lucifer* y *lugens*), para establecer las posibles diferencias entre *lugens* de  $2n=16$ , "*lugens*" de  $2n=20$  (al norte del río Caquetá) y *lucifer* de  $2n=20$  (Amazonia) para reubicar los límites entre las especies. Con estos estudios, probablemente

aumenta la distribución de *lucifer* en el país, limitando *lugens* únicamente a las poblaciones con un cariotipo  $2n=16$ . Si últimamente, se puede distinguir *lucifer* de los animales al norte del río Caquetá, esa población requiere un nombre nuevo.

El complejo *Callicebus cupreus* realmente es mucho más claro en términos de su taxonomía. Actualmente nuestro conocimiento de las distribuciones de *Callicebus ornatus*, *C. caquetensis*, y *C. discolor* sugieren que estos taxones están aislados uno del otro, garantizando su condición de unidades evolutivas independientes. Los cariotípicos han demostrado algunas diferencias en términos de números y morfología cromosómica originados por fusiones e inversiones que diferencian cada una de las especies de este grupo. (Bueno et al., 2006)

Realmente, *Callicebus* tiene mucho en común con *Aotus* en términos de la rápida evolución del grupo y uso de los cariotipos como herramientas para esclarecer la sistemática. En estos dos géneros de primates, se presenta un sistema social muy similar, ampliamente descrito (Fernandez-Duque, 2006;

Milozzic et al., 2008; Kinzey, 1977, 1981), que comprenden parejas monógamas que viven y defienden territorios pequeños con las crías de los últimos 1-3 años. Según Bush (1975), Bush et al., (1977), Lande (1979), Wilson et al., (1975), Marks (1987), Ridley (1996) entre otros, altas tasas de evolución cariotípica pueden verse favorecidas por ciertas estructuras sociales y de apareamiento que permiten una mayor posibilidad de fijación de los cambios cromosómicos en una población. Estas estructuras sociales facilitan la subdivisión de la población en demes o subpoblaciones locales, endogámicas que dan la oportunidad para la fijación de las mutaciones cromosómicas alcanzando el estado homocigótico. Probablemente la deriva genética en poblaciones con tamaño efectivo pequeños es el principal mecanismo responsable para la acumulación de variabilidad cromosómica de estos dos géneros (Galbreath, 1983). Otros autores identifican características como movilidad limitada en adultos (territorios pequeños, dispersión limitada en juveniles), distribución en parches y territorialidad fuerte como características de tales poblaciones sujetas a una evolución rápida.

## AGRADECIMIENTOS

A Carolina Franco, del Hogar de paso y a Alexander Velásquez profesor de la Universidad de la Amazonía, Florencia, por su apoyo en las visitas y contactos con la familia asignada como secuestre depositario del ejemplar de Florencia; a los Zoológicos de Pisilago, Santa Cruz y Matecaña, Bioparque los Ocarros, quienes nos dieron acceso a los ejemplares allí depositados. A URRAS (Unidad de Rescate y Rehabilitación de Fauna Silvestre, de la Universidad Nacional), particularmente a la profesora Claudia Brievar, quien siempre nos ha apoyado tanto en la

asesoría, anestesia y toma de muestras de los ejemplares, como en el mantenimiento hasta su muerte del ejemplar procedente del Caquetá.

Al personal de apoyo del laboratorio de Citogenética en el Instituto de Genética de la Universidad Nacional, Carolina Arango y Laura Y. Rengifo siempre dispuestas a brindarme su apoyo con estos cultivos de primates. A la División de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia que financió esta investigación dentro del proyecto.

## REFERENCIAS

Arrighi F, Hsu TC. Localization of the heterochromatin in human chromosomes. *Cytogenetics* 1971; 10: 81-86.

Barros RMS, Nagamachi CY, Pieczarka JC, Rodrigues LRR, Neusser M, Oliveira EF, Wienberg J, Muniz JAPC,

Muller S, Rissino JD. Chromosomal studies in *Callicebus donacophilus palleescens*, with classic and molecular cytogenetic approaches: Multicolour FISH using human and *Saguinus oedipus* painting probes. *Chromosome Res* 2003; (11): 327-334.

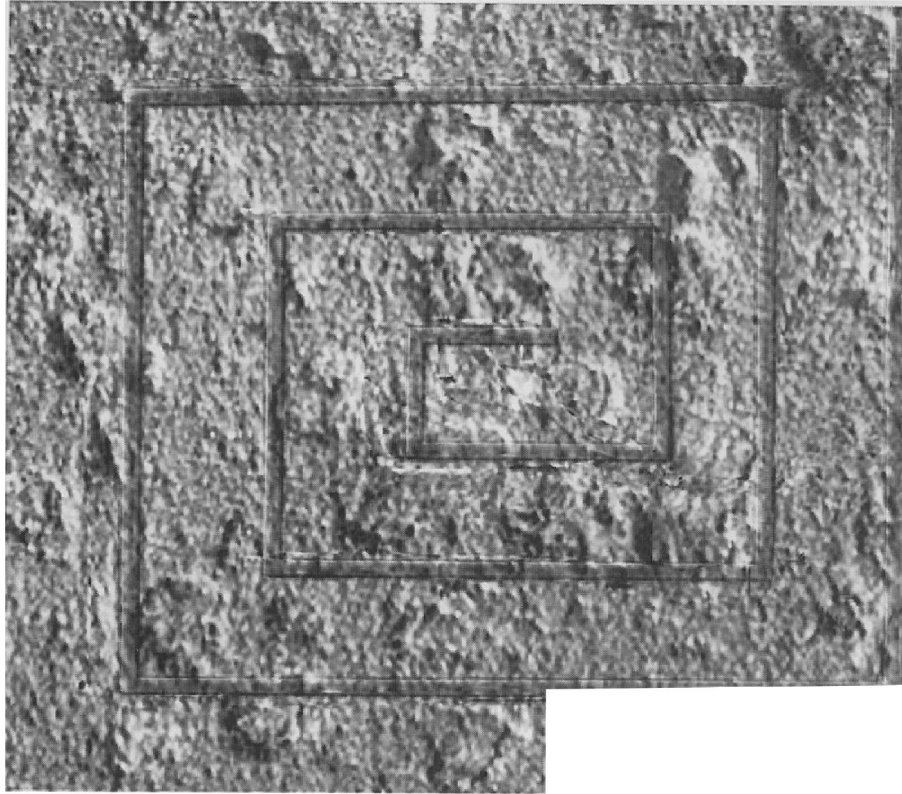


- Barros RMS, Pieczarka JC, Brigido MDCO, Muniz JAPC, Rodrigues LR, Nagamachi CY. A new karyotype in *Callicebus torquatus* (Cebidae, Primates). *Hereditas*, 2000; 133:55-58.
- Benirschke K, Bogart MH. Chromosomes of the tan-handed Titi (*Callicebus torquatus*, Hoffmannsegg, 1807). *Folia Primatologica*, 1976; 25:25-34.
- Bonvicino CR, Penna-Fieme V, do Nascimento F, Lemos B, Stanyon R, Seuánez HN. The lowest diploid number ( $2n=16$ ) yet found in any primates: *Callicebus lugens* (Humboldt, 1811). *Folia Primatologica*, 2003; 74:141-149.
- Bueno MI, Defler TR. Esta presente *Callicebus lugens* en Colombia? En *Primates de Colombia*, Pereira et al editores. Sociedad Prinatológica de Colombia. 2009. En prensa.
- Bueno ML, Torres OM, Ramírez- Orjuela C, Leibovici M. Información cariológica del género *Callicebus* en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2006; 30(114):109-115.
- Bush GL, Case SM, Wilson AC, Patton JL. Rapid speciation and chromosomal evolution in mammals, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1977, 74: 3942-3946.
- Bush GL. Modes of animal speciation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1975, 6:339-364.
- Casado F, Bonvicino, CR, Seuánez, HN. Phylogenetic analyses of *Callicebus lugens* (Platyrrhini, Primates). *Journal of Heredity*, 2006; 98(1):88-92.
- Caspersson T, Zeach L & Johansson C. Differential binding of alkylating fluorochromes in human chromosomes. *Experimental Cell Research*, 1970; 60: 315-319.
- De Boer LEM. Cytotaxonomy of the Platyrrhini (Primates). *Genen Phaenen* 1974; 17: 1-115.
- Defler TR. Primates de Colombia. *Conservación Internacional Colombia. Serie de Guías Tropicales de Campo*. 2003; 543p.
- Defler TR, Bueno ML, Garcia J. *Callicebus caquetensis*: a new and critically endangered primate from southern Caquetá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. Sometido Enero 2010.
- Dobzhansky Th. *Genetic and the origin of Species*. Columbia Univ. Press, New York, (1937) 2ª Ed. 1941, 3ª ed. 1951.
- Egozcue J. Primates En: Benirschke K, (Ed.) *Comparative Mammalian Cytogenetics*. New York: Springer-Verlag, 1969; 357-389 pp.
- Fernandez-Duque E. Aotinae: Social Monogamy in the Only Nocturnal Haplorhines. In: *Primates in Perspective*. (Ed. Bearder S). Oxford University Press, 2006; 1: 139-154.
- Forsdyke DR Chromosomal speciation: a reply, *Journal of Theoretical Biology*. 2004, 230: 189-196.
- Fraser DJ, Bernatchez L. Adaptive evolutionary conservation: towards a unified concept for defining conservation units. *Molecular Ecology*. 2005; 10: 2741-2752.
- Galbreath, GJ. Karyotypic evolution in *Aotus*. *American Journal of Primatology*. 1983; 4:245-251.
- Goodpasture C, Bloom SE. Visualization of nucleolar organizer regions in mammalian chromosomes using silver staining. *Chromosoma* 1975; 53:37-50.
- Goto K, Akematsu T, Schimazu H, Sugiyama T. Simple differential giemsa staining of sister chromatids after treatment with photosensitive dyes and exposure to light and the mechanism of staining. *Chromosoma*. 1975; 53: 223-230.
- Groves C. Primate taxonomy. *Smithsonian series in comparative evolutionary Biology*. Smithsonian Institution Press. Washington, London 2001; 170-178 pp.

- Giraldo A, Bueno ML, Silva E, Ramirez J, Umaña J, Espinal C. Estudio Citogenético de 288 *Aotus* Colombianos. *Biomedica* 1986; 6: 5-13.
- Hershkovitz P. A systematic and zoogeographic account of the monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae) of the Amazonas and Orinoco river basins. *Mammalia*; 1963; 27(1):1-80.
- Hershkovitz P. Titi, New World of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): A preliminary taxonomic review. *Fieldiana Zoology, New Series*, 1990; 55: 1-109.
- Howell WM, Black DA. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method. *Experientia*, 1980; 36:1014-1015.
- Kinzey WG, Rosenberger AL, Heisler PS, Prowse D, Trilling J. A preliminary field investigation of the yellow-handed titi monkey, *Callicebus torquatus torquatus*, in Northern Peru. *Primates* 1977; 18: 159-181.
- Kinzey WG. Dietary correlates of molar morphology in *Callicebus* and *Aotus*. *American Journal of Physical Anthropology* 1977; 47:142.
- Kinzey WG. The titi monkeys, genus *Callicebus*. Pp. 241-276. En: Coimbra-Filho F, Mittermeier A, *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 1981.
- Lande R. The fixation of chromosomal rearrangements in a subdivided population with local extinction and recolonization. *Heredity*, 1985; 54: 323-332.
- Marks J. Social and ecological aspects of primate cytogenetics. Pp. 139-151. En: Kinzey, WG, *Primate models: the evolution of human behavior*. State University of New York Press, Albany. 1987.
- Maurer RR, Vogt DW. Decreased fertility in related females heterozygous for the 1/29 chromosome translocation. *Theriogenology*, 1988; 30 (6): 1149-1157.
- Mayr E. *Animal Species and Evolution*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1963.
- Mayr E. *Populations, species, and evolution*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1970.
- Mayr E. *The growth of biological thought*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1982.
- Mayr E. *This is biology: the science of the living world*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1997.
- Mayr E. *What evolution is*. Basic Books, New York. 2001.
- Mayr, E. *What makes biology unique?* Cambridge University Press, Cambridge. 2004.
- Mayr E, Ashlock PD. *Principles of Systematic Zoology*. Second Edition. McGraw-Hill, Inc., New York. 1991.
- Milozzi C, Steinberg ER, Mudry MD. Behavioral analysis and cytogenetic confirmation of night monkeys, *Aotus azarae* (Cebidae, Platyrrhini) in captivity. *International Journal of Primatology* 2008; (cof).
- Minezawa M, Jordan OC, Valdivia-Borda CJ. Karyotypic study of Titi monkeys *Callicebus moloch brunneus*. *Primates*. 1989; 30: 81-88.
- Minezawa M, Valdivia-Borda CJ. Cytogenetic study of the Bolivian Titi and revision of its cytotaxonomic states. *Reports of New World Monkeys-Kyoto University Overseas Research* 1984; 4: 39-45.
- Moorhead PS, Norwell PC, Mellman WJ, Battips DM, Hungerford DA.. Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Experimental Cell Research*, 1960; 20(3): 613-616.
- Nachman MW, Myres P. Exceptional chromosomal mutation in a rodent population are not strongly underdominant, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1989; 86: 6666-6670.



- Nagamachi CY, Rodrigues LR, Galetti jr PM, Mantovani M, Pissinati A, Rissino JD, Barros RMS, Pieczarka JC. Cytogenetic studies in *Callicebus personatus nigrifrons* (Platyrrhini, Primates). *Caryologia*; 2003; 56 (1): 47-52.
- Navarro A, Barton NH. Chromosomal speciation and molecular divergence - Accelerated Evolution in rearranged Chromosomes, *Science* 2003, 300: 321-324.
- O'Brien SJ, Menninger JC, Nash WG. Atlas of Mamalian Chromosomes. Wiley-Liss, New York. 2006; 125pp.
- Palacios-Acevedo E, Rodríguez-Rodríguez A. 1995. Caracterización de la dieta y comportamiento alimentario de *Callicebus torquatus lugens*. Trabajo de Grado, Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Pearman PB. Conservation Value of Independently Evolving Units: Sacred Cow or Testable Hypothesis? *Conservation Biology*, 2001; 15: 780-783.
- Ridley M. *Evolution*, 2nd Ed. Blackwell Science, Cambridge, Mass 1996; 258 p.
- Rieseberg LH. Chromosomal rearrangements and speciation, *Trend in Ecology and Evolution (TREE)*, 2001; 16: 351-357.
- Rodrigues LR, Barros RMS, Pissinati A, Pieczarka JC, Nagamachi CY. A new karyotype of an endangered primate species (*Callicebus personatus*) from the Brazilian Atlantic forests. *Heredity*, 2004; 140: 87-91.
- Rodríguez-Maecha JV, Alberico M, Trujillo F, Jorgenson J. *Libro Rojo de los Mamíferos Colombianos*. Conservación Internacional Colombia & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá 2006.
- Ryder OA. Species conservation and systematics: The dilemma of subspecies. *Trends Ecology Evolution (TREE)*, 1986; 1: 9-10.
- Sánchez CA, Jiménez LM, Bueno ML. Traslocación Robertsoniana (1:29) en bovinos criollos Colombianos. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 2007; 53: 75-85.
- Seabright M. A rapid banding technique for human chromosomes. *Lancet*, 1971; 2: 971-972.
- Searle JB. Meiotic studies of Robertsonian heterozygotes from natural populations of the common shrew, *Sorex araneus* L. *Cytogenetic and Cell Genetic*. 1986; 41:154-162.
- Stanyon R, Bonvicino CR, Svartman M, Seuánez HN. Chromosome painting in *Callicebus lugens*, the species with the lowest diploid number ( $2n=16$ ) know primates. *Chromosoma*, 2003; 112:201-206.
- Stewart-Scott IA, Bruère AN. Distribution of heterozygous translocations and aneuploid spermatocyte frequency in domestic sheep. *Journal of Heredity*, 1987; 78: 37-40.
- Summer AT. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Experimental Cell Research*, 1972; 75: 304-306.
- Van Roosmalen MGM, Van Roosmalen T, Mittermeier RA. A Taxonomic Review of the Titi Monkeys, Genus *Callicebus* Thomas, 1903, with the Description of Two New Species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*, from Brazilian Amazonia. *Neotropical Primates*. 2002;10:1-52.
- Willard H, Latt S. Analyses of deoxyribonucleic acid replication in human X chromosomes by microscopy fluorescence. *American Journal of Human Genetic*. 1976; 28:213-227.
- Wilson AC, Bush GL, Case SM, King M-C. Social structuring of mammalian populations and rate of chromosomal evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1975; 72:5061-5065.



CAMBIOS EN BIODIVERSIDAD ASOCIADOS A  
ACTIVIDADES HUMANAS

# LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ: UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL

## Thermal decomposition of rice husk: an alternative integral use

Abelardo Prada<sup>1</sup>, Caroll E. Cortés<sup>2</sup>

Grupo de Investigación: Gestión Ambiental Sostenible – GiGAS. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta. Colombia

<sup>1</sup>Ing. Qco, PhD, Prof. Titular. Universidad de los Llanos. E-mail: aprada@unillanos.edu.co

<sup>2</sup>Qco. Esp. Gestión ambiental, Profesora Unillanos. E-mail: carolledith@hotmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo se orientó a capturar los gases de combustión de la cascarilla de arroz para transformarlos en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sustancia útil en labores agrícolas.

Se demostró que los gases de combustión de la cascarilla pueden ser capturados en soluciones acuosas de KOH y NaOH, de las cuales se obtiene  $\text{CaCO}_3$  con la adición de  $\text{CaCl}_2$  en solución acuosa.

Se determinaron las características del proceso de combustión (masa de cascarilla, temperatura y masa de ceniza), de la captura de los gases (tiempo de reacción, pH y t, (°C)), de la precipitación del  $\text{CaCO}_3$  (masa de  $\text{CaCl}_2$  requerida) y la masa de  $\text{CaCO}_3$  obtenido.

**Palabras clave:** Combustión, aprovechamiento integral, captura de dióxido de carbono, carbonato de calcio, uso agrícola.

### SUMMARY

The present work was aimed at capturing the gases of combustion of rice husk to transform them into calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), a substance useful in agriculture.

It was shown that the combustion gases from the rice husk can be captured in aqueous solutions of KOH and NaOH, of which  $\text{CaCO}_3$  is obtained by adding  $\text{CaCl}_2$  aqueous.

Characteristics were determined from the combustion process (mass scale, temperature and mass of ash) of the capture of gases (reaction time, pH and t ° C), the precipitation of  $\text{CaCO}_3$  (mass of  $\text{CaCl}_2$  required) and the mass  $\text{CaCO}_3$  obtained.

**Key words:** Combustion, integral use, capture of carbon dioxide, calcium carbonate, land use.

## INTRODUCCIÓN

La cascarilla de arroz es uno de los desechos más importantes de la producción de arroz de la Orinoquía colombiana. La cantidad de cascarilla que se genera, año tras año en la región, puede superar las 100.000 ton / año (Martínez, 2005), con el agravante, que por su baja degradabilidad natural, se acumula en el ambiente, llevando a condiciones extremas la, de por sí, grave situación imperante.

La cascarilla de arroz es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo al púrpura oscuro. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/ m<sup>3</sup>, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m<sup>3</sup> a granel (Varón 2005). La composición química de la cascarilla de arroz y de sus cenizas se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición Química de la Cascarilla de Arroz y de las Cenizas de la Cascarilla de Arroz

CASCARILLA DE ARROZ		GENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Sílice( SiO <sub>2</sub> )	94,1
Hidrógeno	5,2	Oxido de Calcio ( CaO)	0,55
Nitrógeno	0,6	Oxido de magnesio ( MgO)	0,95
Oxígeno	37,2	Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	2,10
Azufre	0,1	Oxido de Sodio( Na <sub>2</sub> O)	0,11
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Oxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0,05
		Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,12
		Otros componentes (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,82
Total	100,0	Total	100,0

Fuente: 1. Varón C.J. Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. *El Hombre y la Máquina* 2005, 25. 128-135

2. Peña S, Zambrano G. Hormigón Celular con la Utilización de Materiales Locales. Tesis De Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2001

El poder calorífico de la cascarilla es de 3.281,6 Kcal/kg. Debido a la estructura cerrada, la combustión se dificulta, y, por el alto contenido de sílice (el 20 %), es de muy baja biodegradabilidad en condiciones del ambiente natural. La temperatura máxima que se obtiene al ser quemada varía de acuerdo con su condición: 970°C (seca), 650°C (con algún grado de humedad) y hasta los 1000°C (mezclada con combustible). La cascarilla de arroz al quemarse, genera 17.8 % de ceniza rica en Sílice (94.5 %), (Varón 2005, Valverde, 2007)

### Usos de la cascarilla de arroz

Dada la importante generación y acumulación, han sido diversos los ensayos de aprovechar la cascarilla de arroz en diferentes campos y por intermedio de diferentes métodos, para lograr materiales que se utilicen de manera inmediata y directa o a través de etapas previas que viabilicen el uso posterior del residuo pretratado.

Las experiencias más relevantes que se puedan citar, a nivel nacional, se exponen en la Tabla 2

**Tabla 2.** Estudios Sobre Alternativas de uso de Cascarilla de Arroz

A. Obtención de etanol por vía fermentativa.
B. Tostado para su uso como sustrato en el cultivo de flores.
C. Generación de energía (ladrilleras, secado de arroz y cereales).
D. Combustión controlada para uso como sustrato en cultivos hidropónicos.
E. Obtención de concreto, cemento y cerámicas.
F. Aprovechamiento de la cascarilla de arroz en compostaje y como lecho filtrante para aguas residuales.
G. Obtención de materiales adsorbentes.
H. Fuente de sustancias químicas (carboximetilcelulosa de sodio; dióxido de SiO <sub>2</sub> , Nitruro de silicio; furfural)
I. Producción de aglomerados (tableros).
J. Material aislante en construcción.
K. Cama en avicultura, porcicultura y en transporte de ganado.
L. Cenizas en cultivos ( Frutas)

Fuente: 1. Piñeros Y, Otálvaro A. Evaluación de la producción de etanol a partir de cascarilla de arroz pretratada con NaOCl, mediante hidrólisis y fermentación simultáneas XIII congreso de Biotecnología y Bioingeniería VII Simposio internacional Producción de etanoles y levaduras. México 2009

Dentro de las experiencias, expuestas en la Tabla 2, a nivel nacional, se pueden identificar las siguientes tendencias:

1. Ensayos de descomposición de la cascarilla de arroz por medios biológicos o con la ayuda de reactivos químicos para obtener un producto final (Alternativas A, E, H).
2. Material de relleno que, a posteriori, será desechado (Alternativa K).
3. Uso como aditivos para obtener otros materiales (Alternativas I, J).
4. Tratamiento térmico previo con el objetivo de darle uso posterior definitivo (Alternativa B, D, I).
5. Uso como fuente de energía (Alternativa C).

#### Limitantes del uso de la cascarilla de arroz

Las experiencias realizadas en cada una de estas tendencias han tenido que superar obstáculos importantes, puesto que los productos obtenidos no han logrado un uso proyectado, en razón a que las investigaciones en su gran mayoría, no han llegado a la etapa de implementación a escala, en consecuencia, no se cuenta con información real del total de cascarilla de arroz consumida en cada

alternativa, ni se han realizado estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental.

Las dificultades encontradas en cada grupo de experiencias, están directamente relacionadas con las características de la cascarilla de arroz, por tanto tienen relación con los siguientes aspectos:

1. Los ensayos de desintegrar la cascarilla de arroz, por medios biológicos, se dificultan dado el alto contenido de silicio (cerca del 17 %, Tabla 1), elemento que la convierte en un material de muy baja degradabilidad. En trabajos prácticos se ha demostrado que muy pocos organismos vivos se nutren de ella (Cortes 1999) y por tanto persiste y se acumula en el ambiente natural.

2. Algo similar sucede en el caso de utilizar la cascarilla como relleno en camas para la producción porcícola o avícola. Aunque, en el primer caso (la producción porcícola), el uso de la cascarilla, reduce de manera sensible el consumo de agua, puesto que la cama no es exigente en el uso del recurso hídrico en la limpieza, no se conocen datos sobre el uso posterior del residuo, después del contacto físico con los animales, su orina y excretas. Algo similar se presenta con las camas de la producción avícola. Sin duda este podría ser un campo a estudiar con el propósito de encontrar un uso importante para la cascarilla.

3. El propósito de adicionar la cascarilla a otros materiales para obtener cementos, concreto, puzolanas o aglomerados, se encuentra con una importante dificultad, relacionada con el hecho que la cascarilla de arroz es muy pobre en los elementos requeridos, por ejemplo, en la producción de cemento. Este hecho se evidencia, al comparar, la composición de la cascarilla (Tabla 1) con la composición química de un cemento común (Tabla 3), en especial en el contenido de óxido de calcio. Por tanto los cementos y los materiales que se han obtenido con base en la adición de cascarilla no han recibido amplio uso, a pesar de ser más

livianos que los tradicionales (Bizzotto 1998). De otro lado, para el caso de las puzolanas y materiales abrasivos, el contenido de silicio en la cascarilla es insuficiente (Peña 2001).

En la obtención de aglomerados los obstáculos se encuentran, en razón que el contenido de carbono es bajo (Tabla 1), mientras que materiales como el bagazo de caña que contiene hasta 50,3 % de carbono y sólo el 9,5 % de cenizas (Iñiguez 2003), por tanto se polimerizan con mayor facilidad (Ramón 2007).

**TABLA 3.** Composición Química del Cemento

COMPONENTE	PORCENTAJE, %
Oxido de Calcio (CaO)	63,0
Oxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	21,0
Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,0
Oxido de Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,0
Oxido de Magnesio (MgO)	1,5
Oxidos de azufre, sodio y potasio( SO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O y K <sub>2</sub> O)	4,5
Total	100,0

Fuente: El cemento. <http://www.puc.cl/quimica/html/sabesquees.html>

En aquellos casos en los cuales que a la cascarilla se le da un tratamiento térmico previo para, a posteriori, darle un uso definitivo, se hace necesario diferenciar dos posibilidades plenamente definidas: el tratamiento térmico anaeróbico y el tratamiento térmico aeróbico.

El tratamiento térmico anaeróbico, que se realiza en ausencia de aire, tiene como objeto conservar el esqueleto hidrocarbonado de la cascarilla, de manera que se obtenga un material poroso que, luego de ser sometido al flujo del vapor de agua o al contacto con reactivos químicos, se convierta en el denominado carbón activado que se puede utilizar en diferentes procesos industriales, producción de alimentos, tratamiento de agua e incluso la separación de sustancias tóxicas de la sangre (Mintegui 2003).

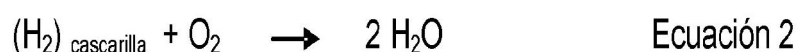
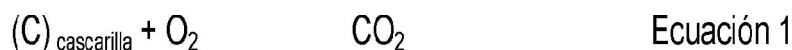
El proceso de obtención de carbones activados a partir de cascarilla ha sido estudiado con algún detenimiento (Prada 1986). Los carbones activados

obtenidos a partir de cascarilla de arroz por sus características generales y específicas no son inferiores a los mismos obtenidos de materiales tradicionales (aserrín de pino, huesos, etc.) e incluso superiores a los obtenidos de residuos de la industria azucarera (Castellanos 1984). Sin embargo, la fragilidad física de los carbones de cascarilla hace que con gran facilidad se pulverizan, dificultando su reactivación, condición importante para justificar su producción. Por tanto, se requiere adicionar otros materiales que los hagan consistentes, lo que los encarece y no hace atractiva su obtención (Prada 1986). De todas maneras, este podría ser un importante campo por explorar.

El tratamiento térmico aeróbico, es decir el sometimiento de la cascarilla a la combustión en presencia del aire, es el sustento de la quema a cielo abierto o la prequema controlada, esta última práctica, orientada al uso del producto de la "prequema" en el cultivo de flores. En los dos casos se generan cantidades importantes de dióxido de



carbono – CO<sub>2</sub> que, al desprenderse, contribuye al incremento de la concentración de este gas en el aire, de conformidad con la siguiente ecuación 1:



Con base en esta ecuación 1, se puede deducir que por cada kilogramo de cascarilla se puede

obtener, teóricamente, hasta 1,43 kilogramos de dióxido de carbono. Lo que muestra que la combustión plena de cascarilla es un proceso que aporta cantidades importantes de este gas (el CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. Esta es la razón central, por la cual se debe prescindir de realizar la combustión de la cascarilla a cielo abierto o la prequemada, puesto que la cascarilla no se encuentra dentro de los materiales generadores de dioxinas (Gorrrachategui 2001), máxime si se garantizan las condiciones para la combustión plena.

La situación es similar, cuando se utiliza la cascarilla como fuente de energía en silos, briquetas, cocinas, etc. (Tardieu 2009), en razón que el propósito es someterla a combustión plena, generando en consecuencia CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en este caso se tropieza con una dificultad adicional que consiste en que la capacidad calorífica de la cascarilla es muy inferior a la de los materiales combustibles tradicionales (Tabla 4) y no es la más alta entre los materiales de desecho (Tabla 5), situación que hace que no sea ventajoso utilizarla como fuente de energía.

**TABLA 4.** Capacidad Calorífica de Algunas Sustancias

SUSTANCIA	CAPACIDAD CALORIFICA, Kcal/kg
Alcohol	6.700
Antracita	8.500
Carbón de leña	7.500
Gas natural	11.000
Gasóleo	10.000
Hulla	8.000
Lignito	4.500
Nafta ( Gasolina)	11.000
Queroseno	10.500

Fuente: Calorimetría. [http://www.hiru.com/es/fisika/fisika\\_01800.html](http://www.hiru.com/es/fisika/fisika_01800.html)

**TABLA 5.** Capacidad Calorífica de Algunos Desechos Vegetales

Tipo de Residuo	CAPACIDAD CALORIFICA, Kcal/kg
Cascarilla de arroz	3.281,6
Bagazo	1.823,4
Palma Africana	3.558,5
Cáscara de café	4.245,8

Fuente: Futuro energético de Costa Rica. Disponible en Internet en: <http://www.tapic.info/arquitectura.medioambiental/chiapas/documentos/energiaslimpias.pdf>

Sin embargo, en la búsqueda de soluciones para la disposición final de la cascarilla, en particular, en lo relacionado con la combustión plena, se han efectuado aportes importantes que permiten abordar el tema, con fines prácticos, con base en elementos consolidados. Entre otros estudios y diseños de prototipos de hornos de combustión de cascarilla realizados en Colombia (Varon 2005), se plantea el diseño en función básica del análisis termodinámico y de transferencia de calor, en el que se parte de un modelo teórico de combustión para caracterizar a la cascarilla de arroz desde el punto de vista químico y térmico, para luego utilizarla como combustible,

involucrando conceptos tales como: balance de masa y balance de energía. En este trabajo se identificaron las condiciones óptimas de combustión (especialmente la relación aire - combustible) y la relación de combustión que conlleve a emitir los contaminantes menos nocivos para el ser humano y, por supuesto, al medio ambiente.

De acuerdo con ese modelo teórico planteado para la combustión de la cascarilla de arroz con las condiciones de su composición elemental y parámetro de humedad, se obtiene la siguiente reacción química:



Ecuación 3

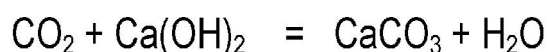
La ecuación 3 muestra que la combustión del carbono, de la cascarilla de arroz, se ajusta a las condiciones teóricas (Ecuación 1), mientras que en el proceso sólo se obtiene el 50 % de agua de la que teóricamente se debiera obtener (Ecuación 2), siempre y cuando se garantice un exceso del 25 % de aire. El nitrógeno pareciera, que en las condiciones del experimento, no sufre ninguna alteración.

### El dióxido carbono y el carbonato de calcio

El dióxido o bióxido de carbono – CO<sub>2</sub>, es un gas incoloro que se licúa a grandes presiones y bajas

temperaturas. Presenta una solubilidad de 0,145 g. en 100 g de agua. La ingestión puede causar irritación, náuseas, vómitos y hemorragias en el tracto digestivo. La inhalación produce asfixia y la exposición puede ser peligrosa (Wikipedia, 2010). Se incluye dentro del grupo de gases y sustancias que generan el efecto invernadero (Cambio climático global, 2007).

Dentro de las reacciones típicas del dióxido se encuentra la reacción con el hidróxido de calcio, en medio acuoso (Jodakov 1977). En esta reacción se obtiene carbonato de calcio, de conformidad con la siguiente ecuación:



Ecuación 4

Con base en esta ecuación, se puede deducir que es posible obtener carbonato de calcio a partir de materiales que por combustión generen bióxido de carbono como es el caso de la cascarilla de arroz, de manera que el hidróxido actúa como un agente que captura el CO<sub>2</sub> que se genera en la combustión. De igual manera se comportan los hidróxidos de

metales alcalinos de las sales de calcio y de otros metales alcalinotérreos (Jodakov 1977).

En la literatura se encuentran evidencias que fundamentan la posibilidad de obtener carbonato de calcio al contacto de un flujo de dióxido de carbono con óxido de calcio sólido (Oviedo 2009) de conformidad con la siguiente ecuación:



Ecuación 5

El carbonato de calcio –  $\text{CaCO}_3$ . Conocido como caliza, presenta baja solubilidad en agua – 0,013 por cada 100 g de agua (Alcarde 1996). Se utiliza en la producción de vidrio y cemento, pero también como correctivo de la acidez de los suelos (Alcarde 1996).

De lo anterior, se hace evidente que las cenizas y el calor que se obtienen de la combustión de la cascarilla de arroz son aprovechados y utilizados en procesos productivos y sólo los gases no han

recibido uso o aplicación, en consecuencia se desechan a la atmósfera, generando problemas de contaminación ambiental, con las ampliamente conocidas consecuencias.

Por tanto, vislumbrar posibilidades de captura y uso de estos gases reviste gran importancia en la actualidad. Este trabajo aporta elementos que podrían servir de soporte para construir soluciones en este campo y aprovechar de manera integral la cascarilla de arroz.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización

Los ensayos de combustión de la cascarilla de arroz se realizaron en la Granja, los análisis - en el laboratorio de análisis de aguas y en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona, ubicada en Villavicencio, Meta, kilómetro 7, vía a Puerto López. La composición química del carbonato de calcio obtenido se determinó en el laboratorio de microscopía electrónica de la Universidad Nacional sede Medellín- UNALMED.

### Materiales

Dentro del desarrollo de este proyecto se emplearon todos los elementos necesarios para llevar a cabo la construcción del sistema de combustión, en el cual fueron empleados materiales reciclables como tanques y tubos de chatarrería, adicionalmente se usaron elementos y reactivos propios del análisis de aguas y muestras líquidas de acuerdo con el Standard Methods, así como otros reactivos usados en la captura y posterior precipitación del carbonato de calcio como son Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ), Hidróxido de potasio ( $\text{KOH}$ ), Hidróxido de Calcio -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  -, cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ).

### Secado de la cascarilla

Para el secado la cascarilla se extendió en capas delgadas, en un lugar techado y aireado, sobre una superficie plana, cubierta con papel periódico como material adsorbente de la humedad.

### Combustión de la cascarilla y captación de dióxido de carbono

Para la combustión, la cascarilla se depositó en la cámara de combustión del horno de diseño propio, de cerca de 30 cm. de diámetro y un metro de alto, compuesto, además, por el espacio, en la parte inferior para la entrada del aire y un tubo metálico (de 2 pulgadas de diámetro), ubicado, en la parte superior para la evacuación de los gases de combustión. Se utilizó en cada ensayo cerca de cuatro kilogramos de cascarilla.

En la cámara de combustión se ubica un vástago de madera que permite que en el centro del bloque de cascarilla, compactada manualmente, se forme un corredor que permita el paso del aire, de abajo hacia arriba, y facilite la combustión. Una vez completo el montaje se inicia la combustión, induciéndola con ACPM en la parte superior y la ventilación desde la parte inferior del horno.

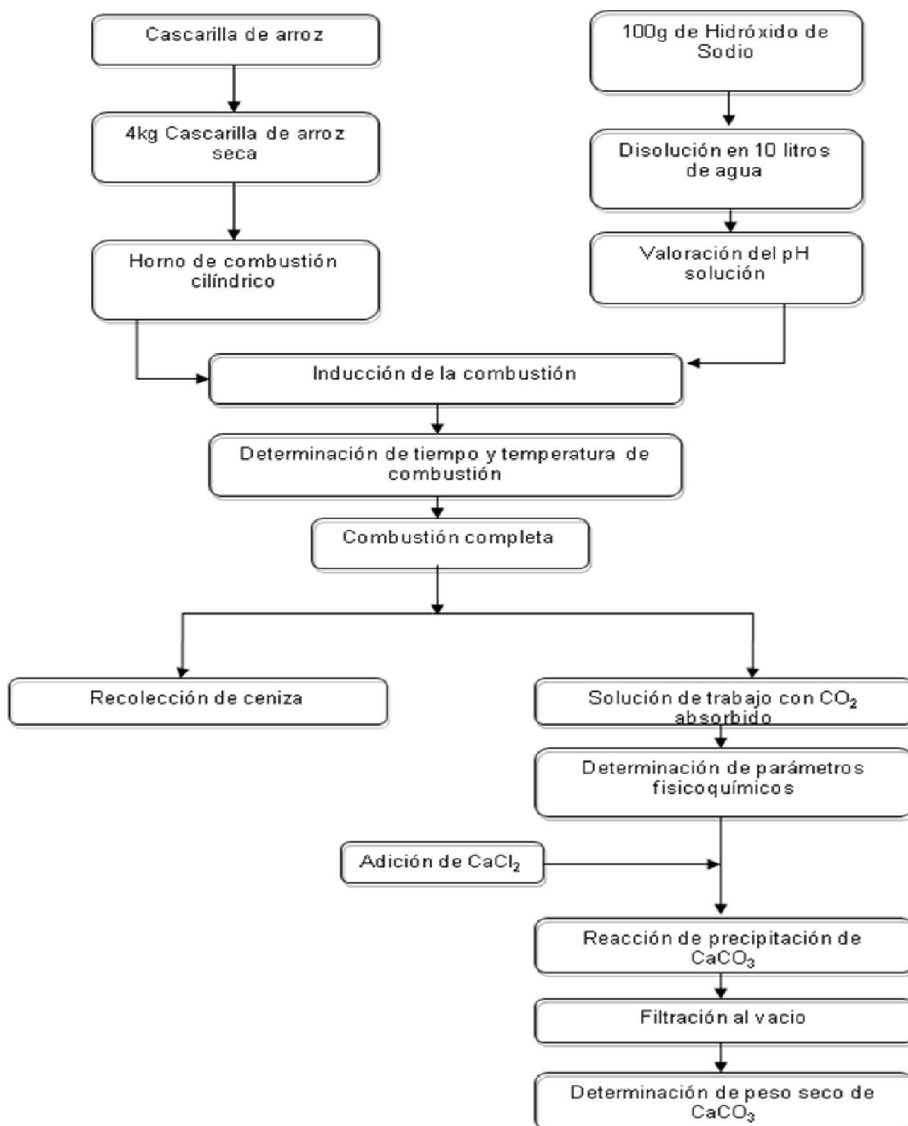
Los gases de combustión se condujeron por el tubo de dos pulgadas, ubicado en la parte superior del horno, al reactor, en que se deposita la solución de 100 gramos de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) o de hidróxido de Potasio ( $\text{KOH}$ ) disueltos en 10 litros de agua, seleccionados como medio de captura del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). La reacción se controló por medio de la valoración del pH al iniciar y al terminar el proceso de combustión. Para lograr mayor contacto entre los gases de combustión y la solución alcalina, el reactor se conectó,

herméticamente, en la parte superior, a un extractor de gases. La solución producto de esta reacción se traslado al laboratorio para la cuantificación de carbonatos y bicarbonatos presentes y la posterior precipitación del carbonato de calcio.

**Obtención de carbonato de calcio**

Las muestras del contacto de los gases de combustión de la cascarilla y la solución alcalina, contenidas en el reactor, se someten a pruebas analíticas de carbonatos, bicarbonatos, alcalinidad, dureza cálcica,

dureza total y pH. De igual manera, se determina la cantidad de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) que se debe agregar al medio para precipitar el carbonato de calcio, se decanta, filtra al vacío, se seca en estufa  $45\text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 horas, se pesa la muestra y se recolecta en bolsas el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) sólido obtenido. La composición química de este producto se determina en el laboratorio de microscopia electrónica de la Universidad Nacional sede Medellín - UNALMED. El proceso de descomposición térmica de la cascarilla de arroz, la captación del dióxido de carbono y obtención de carbonato de calcio se describen en la Fig. 1.



**Figura 1.** Esquema del proceso de descomposición térmica de la cascarilla de arroz, captación del dióxido de carbono y obtención de carbonato de calcio

## TRATAMIENTO ESTADISTICO

Los datos obtenidos de los análisis de laboratorio, se procesaron utilizando los métodos de la estadística descriptiva, por medio de la media verdadera con niveles del 95 % de confianza, con base en la ecuación siguiente (Ajnarova 1978):

$$MV = MC \pm S \frac{T}{\sqrt{N}}$$

Ecuación 6

Donde: **S**- desviación estándar;  
**MV**- media verdadera;  
**MC**- Media calculada (promedio aritmético);  
**T**- Parámetro estadístico;  
**N**- número de ensayos.

Se calculó el error estándar – EE- y el coeficiente de variación –CV- con base en las ecuaciones 7 y 8:

$$EE = S \frac{T}{\sqrt{N}}$$

Ecuación 7

$$CV = \frac{S}{MC} .100;$$

Ecuación 8

Donde:  
**S**- desviación estándar  
**MC**- Media calculada (promedio aritmético);  
**T**- Parámetro estadístico;  
**N**- número de ensayos.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los procesos de descomposición térmica, captura de los gases de combustión de la cascarilla de arroz y separación del carbonato de calcio como producto final se exponen en las tablas 6, 7, 8, 9, 10, 11 y la Figura 2. En las tablas se expone el valor de la característica evaluada obtenido en cada ensayo, el promedio, la desviación estándar, el error estándar y el coeficiente de variación, calculados de

conformidad con las ecuaciones 6, 7 y 8. El valor procesado se presenta en forma de la media verdadera.

En la Tabla 11 se expone las características de la ceniza de la cascarilla sometida al proceso de combustión con base en los análisis realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de los Llanos.

**Descomposición térmica de la cascarilla de arroz****Tabla 6.** Valores de la temperatura en el proceso de combustión de la cascarilla de arroz

Ensayo	Temperatura (°C)
1	763
2	782
3	804
4	813
5	758
Promedio	784
Desviación estándar	24
Error estándar	28
Coefficiente de variación, (%)	3,1
Media Verdadera de la Temperatura, °C	784±28

**Tabla 7.** Porcentaje de humedad de la cascarilla de arroz utilizada en el proceso de combustión

Ensayo	Humedad (%)
1	8,42
2	8,10
3	7,72
4	6,95
5	8,51
Promedio	7,94
Desviación estándar	0,63
Error estándar	0,73
Coefficiente de variación, (%)	7,99
Media Verdadera de la Humedad, %	7,94±0,73

**Tabla 8.** Tiempo de combustión completa de la cascarilla de arroz

Ensayo	Tiempo (min)
1	74
2	127
3	120
4	96
5	281
Promedio	140
Desviación estándar	82
Error estándar	94
Coefficiente de variación, (%)	58
Media Verdadera del tiempo de combustión, min	140±94

**Captura de los gases de combustión de la cascarilla de arroz.**



**Tabla 9.** Valores de pH de la solución de trabajo de NaOH en el proceso de captura de los gases de combustión de la cascarilla de arroz

Ensayo	Valor Inicial del pH	Valor final del pH
1	12,10	8,00
2	12,10	8,20
3	11,90	8,20
4	12,00	8,20
5	12,10	8,90
Promedio	12,04	8,30
Desviación estándar	0,09	0,35
Error estándar	0,10	0,40
Coefficiente de variación, %	0,74	4,17
Media Verdadera del pH, unidades	12,04±0,10	8,30±0,40

**Tabla 10.** Masa obtenida del carbonato de calcio y porcentaje de rendimiento con relación 100 g de NaOH utilizado

Ensayo	Masa, g	Rendimiento
1	88,50	70,8
2	86,26	69,0
3	84,90	67,9
4	78,00	62,4
5	77,60	62,1
Promedio	83,06	66,4
Desviación estándar	4,97	4,0
Error estándar	5,71	4,6
Coefficiente de variación, (%)	6,0	6,0
Media verdadera	83,04±5,71	66,4±4,6

### Productos de captura de los gases y de la combustión de la cascarilla de arroz

Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 1.660, 2.142, 2.425 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

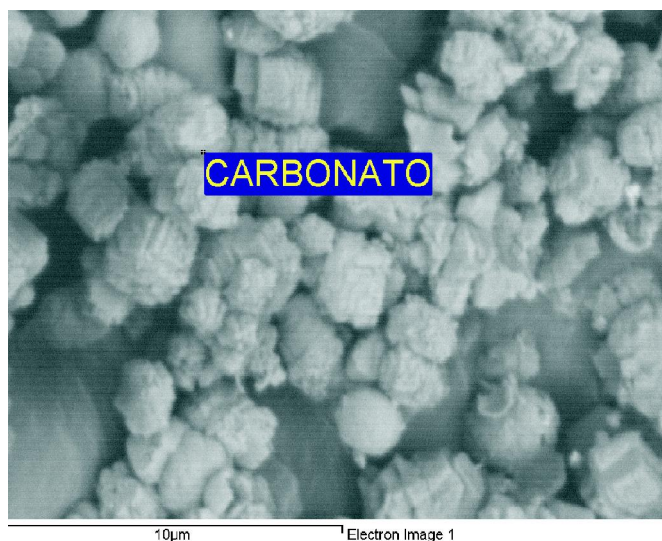
Number of iterations = 2

Standard :

C CaCO<sub>3</sub> 1-Jun-1999 12:00 AM

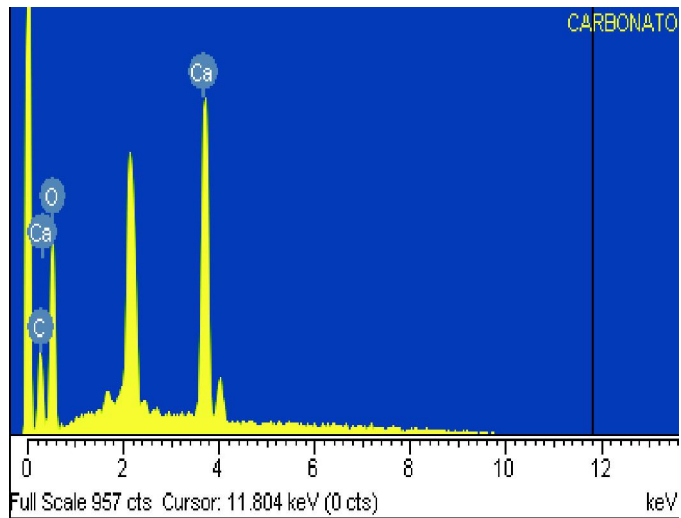
O SiO<sub>2</sub> 1-Jun-1999 12:00 AM

Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

**Figura 2.** Resultados del análisis de la composición química del carbonato calcio obtenido por descomposición térmica de la cascarilla de arroz y captura de gases con soluciones alcalinas

Element	Weight%	Atomic%
C K	5.53	11.09
O K	35.53	53.49
Ca K	58.94	35.42
Totals	100.00	

Laboratorio de Microscopía Electrónica.  
UNALMED.



**Cont. Figura 2.** Resultados del análisis de la composición química del carbonato calcio obtenido por descomposición térmica de la cascarilla de arroz y captura de gases con soluciones alcalinas

**Tabla 11.** Composición química de la ceniza de cascarilla de arroz

Característica	Valor
P (ppm)	426.10
Al (meq/100 g suelo)	0.25
Ca (meq/100 g suelo)	17.20
Mg (meq/100 g suelo)	10.80
K (meq/100 g suelo)	4.15
Na (meq/100 g suelo)	0.52
Cu (ppm)	10.00
Fe (ppm)	10.50
Mn (ppm)	537.50
Zn (ppm)	67.50
B (ppm)	2.77
S (ppm)	175.80

Fuente: Universidad de los Llanos, Laboratorio de suelos; 2009

## DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos se adelanta sobre los siguientes aspectos: el proceso de combustión de la cascarilla de arroz; la captura de dióxido de carbono con soluciones alcalinas; la precipitación, el rendimiento y la composición química del carbonato de calcio obtenido y elementos para el aprovechamiento integral de la cascarilla de arroz.

**El proceso de combustión de la cascarilla de arroz.** Como lo indican diferentes autores (Varon

2005, Tardieu 2009) la combustión de la cascarilla de arroz, en comparación con la de otros residuos vegetales, es un proceso difícil que se sólo realiza en exceso de oxígeno por encima de los valores estequiométricos, condición que se debe garantizar, no sólo con el suministro por un medio mecánico (turbina, ventilador), sino con la adecuación de las instalaciones del horno o quemador por medio de canales, conductos u orificios que faciliten el acceso del aire.

La humedad es otro de los limitantes de la combustión, relacionado, por una parte con la dificultad en el contacto del oxígeno del aire y la cascarilla, pero, además porque el agua, de conformidad con la ecuación 3, es uno de los productos de la combustión, que se genera en proporción inferior a la estequiométrica, por tanto la presencia de agua en la cascarilla inhibe la reacción.

La humedad, de igual manera, tiene relación directa con la temperatura que se logre en el proceso de combustión, a lo que se hacen referencia varios autores (Varon 2005, Valverde 2007). La temperatura alcanzada en el presente trabajo, del orden de 780°C, se logró cuando el porcentaje de humedad de la cascarilla fue inferior al ocho por ciento (Tabla 7), valor no despreciable, máxime, si se tiene en cuenta que puede ser superado al manejar porcentajes más bajos de humedad.

El coeficiente de variación de los datos obtenidos de la humedad y la temperatura lograda en el proceso de combustión de la cascarilla presentan coeficientes de variación (CV) bajos, por el contrario, para los valores del tiempo empleado en el proceso – el coeficiente de variación es alto. Esta última situación puede estar relacionada con el estado del tiempo del día en el que se adelantó la combustión, específicamente la humedad relativa, la que al llegar a valores altos, exige concentraciones más altas de oxígeno en el aire y al no generarlas, el tiempo de combustión es más prolongado.

**La captura de dióxido de carbono con soluciones alcalinas.** De los carbonatos conocidos, el carbonato de calcio es de los más insolubles en agua (Merck 2007). Por tanto, la captura del bióxido de carbono, principal producto de la combustión de la cascarilla, con hidróxido de calcio en solución (ecuación 4), se presenta como una alternativa importante, en especial porque los líquidos y las soluciones, en general, pueden servir como trampas para la captura de gases, pero además, los gases de combustión presentan características ácidas y,

en consecuencia, debe realizarse una reacción ácido – base, lo que lleva a la precipitación y facilita la separación de la sal obtenida.

Sin embargo, la baja solubilidad del hidróxido de calcio en agua se convierte en obstáculo para utilizarlo como agente que permita la captura de CO<sub>2</sub>, en razón que para disponer de las cantidades estequiométricamente necesarias, se requiere volúmenes altos de agua y, por tanto, recipientes de gran tamaño, lo que dificulta la organización del proceso desde el punto de vista técnico.

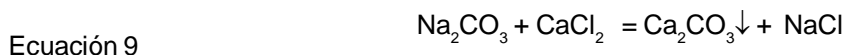
Los demás hidróxidos, de sodio, potasio, presentan mayor solubilidad, lo que permite disponer de considerables cantidades del metal alcalino en solución en recipientes pequeños, lo que hace posible la captura de los gases de combustión.

Por las razones expuestas, además de las consideraciones de costos, en el presente trabajo, la captura de los gases de combustión de la cascarilla se realizó con soluciones de hidróxido de sodio, puesto que no se detectaron diferencias significativas de rendimiento en la obtención de carbonato de calcio, en este proceso, al trabajar con hidróxido de potasio.

El control del proceso de captura de CO<sub>2</sub>, de conformidad con los resultados expuestos en la Tabla 9, es una actividad relativamente sencilla, en la que de indicador puede servir el valor del pH de la solución, con valores del orden de 12 unidades al iniciar el proceso y de 8,3 – al concluirlo.

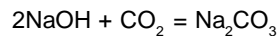
### **La precipitación, el rendimiento y la composición química del carbonato de calcio obtenido**

La precipitación del carbonato de calcio se logra por tratamiento de la solución de carbonato de sodio, obtenido de la captura de dióxido de carbono con la solución alcalina de sodio, con una solución de cloruro de calcio, de conformidad con la siguiente ecuación:



El carbonato de calcio se precipita y el cloruro de sodio se incorpora a la solución acuosa, cuyo volumen se aproxima a los 10 litros de la solución inicial.

Para el cálculo del rendimiento del carbonato de calcio se tuvo en cuenta la masa (100 gramos) de



Ecuación 10

Con base en los datos más recientes sobre la composición química de la cascarilla de arroz (Tabla 1) el porcentaje de carbono es del orden de 14.8%, por tanto, 4 kg de cascarilla utilizados en cada ensayo contienen 592 g de carbono, los cuales, de conformidad con las ecuaciones químicas 1 y 2, deben generar 2.170 g de  $\text{CO}_2$ , que a su vez requieren 3.946 g de NaOH (ecuación 10); para producir 3.790 g de  $\text{CaCO}_3$ .

Teniendo en cuenta que se utilizaron 100 g de NaOH, estos deben reaccionar con 55 g de  $\text{CO}_2$  para generar 133 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y obtener 125 g de  $\text{CaCO}_3$ . Puesto que la masa de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) obtenido es en promedio de 83 g, se puede aceptar que el rendimiento del proceso, dentro de estas consideraciones, es del orden del 66.4 %.

Es claro que dentro de estos criterios de evaluación no se tiene en cuenta la totalidad del carbono presente en la muestra de cascarilla utilizada. Sin embargo este análisis se adelantará en investigaciones futuras, puesto que la finalidad del presente trabajo consistía en demostrar la posibilidad de capturar el  $\text{CO}_2$  generado en procesos de combustión con soluciones alcalinas, situación que puede considerarse superada.

## CONCLUSIONES

La cascarilla de arroz es un residuo vegetal que sólo hace combustión en condiciones de exceso de oxígeno del aire y niveles bajos de humedad del material.

Los gases de combustión de la cascarilla de arroz, entre ellos el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), pueden ser

hidróxido de sodio utilizada en la captura del dióxido de carbono, generado por combustión de la cascarilla, en calidad de reactivo límite, en razón que la masa de cascarilla puede ser considerada en exceso.

Esta afirmación se ve favorecida por los resultados de la composición química del producto obtenido expuestos en la Figura 2.

**Elementos para el aprovechamiento integral de la cascarilla de arroz.** Los resultados obtenidos en el presente trabajo, que aunque tiene las características de preliminar, permiten considerar posible la captura de los gases de combustión de la cascarilla de arroz, en particular el bióxido de carbono con soluciones de metales alcalinos y su posterior conversión en carbonato de calcio de amplio uso en la producción agrícola.

En estas condiciones, podría plantearse la alternativa de utilizar la descomposición térmica de la cascarilla de arroz como una alternativa de aprovechamiento integral de este abundante residuo de la producción de zonas arroceras. Puesto que el calor que se genera en el proceso puede ser y es aprovechado en procesos agroindustriales y de alimentos que lo requieran, las cenizas y el carbonato de calcio que se obtiene a partir de la captura de los gases de combustión puede aplicarse en cultivos agrícolas y las aguas con contenidos de cloruros – en riego.

capturados con soluciones alcalinas de hidróxido de potasio (KOH) e hidróxido de sodio (NaOH).

El calor generado en el proceso de combustión, por su magnitud, puede ser aprovechado en diferentes procesos productivos.

El reducción del pH de la solución alcalina, al iniciar y concluir el proceso, puede servir de indicador de captura de los gases de combustión.

El producto de la captura de los gases de combustión con soluciones alcalinas puede ser transformado en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por precipitación con soluciones acuosas de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ).

El producto básico de la captura de los gases de combustión con soluciones alcalinas y su posterior transformación es carbonato de Calcio que puede ser aprovechado con fines agrícolas.

## RECOMENDACIONES

Cuantificar el contenido de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) generado durante el proceso de combustión, ya que este gas es un indicador directo del rendimiento en la obtención de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en la captura de los gases de combustión proceso.

Optimizar la captura de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en el proceso de combustión para lograr mayor

## REFERENCIAS

Cortes K. Estudio de la descomposición microbiológica de la cascarilla de arroz. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia 1999.

Ajazarova L., Kafarov V. Optimización de experimentos en la ciencia y tecnología químicas. Vyschaya Shkola. Moscú. 1978. 215. En ruso.

Alcarde JC. Rodella AA. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez dos solos. *Sci. agric.* [en línea]. 1996 [fecha de acceso 02 mayo 2010]; 53(2-3): 204-210 URL disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90161996000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161996000200002&lng=en&nrm=iso)

Bizzotto MB, Natalini MB, Gómez GM. Minihormigones con cascarilla de arroz natural y

La composición química de las cenizas obtenidas durante el proceso de combustión, indica que estas pueden ser de gran utilidad en actividades agrícolas; en especial si se emplean como fuente de elementos de fósforo, manganeso y azufre.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten visualizar la posibilidad de utilizar la descomposición térmica de la cascarilla de arroz como una alternativa para su aprovechamiento integral, en razón que el calor, las cenizas, el carbonato de calcio producto de la captura de los gases de combustión y las aguas efluentes, ricas en cloruros, pueden ser aprovechadas en procesos productivos.

rendimiento en la obtención de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) con relación al contenido de carbono en la cascarilla de arroz.

Precisar el tiempo de combustión de la cascarilla como parámetro básico en aplicaciones de la alternativa planteada en mayor escala.

tratada como agregado granular. En Primer Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón; Buenos Aires, junio de 1998. [en línea]. 1999 [fecha de acceso marzo 6 de 2005]. URL disponible en: [http://ing.unne.edu.ar/revista/noviembre/arandu\\_bizzotto.pdf](http://ing.unne.edu.ar/revista/noviembre/arandu_bizzotto.pdf)

Castellanos M. Adsorción de sustancias e iones metálicos en aguas residuales empleando carbón activado obtenido de meollo. Tesis de doctorado. Instituto D.I. Mendeleev. Moscú. Rusia. 1984.

Dióxido de carbono. Enciclopedia. Wikipedia en español. [en línea] 2010 [fecha de acceso julio 2009] URL disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido\\_de\\_carbono](http://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_carbono)

El Efecto Invernadero, lista resumen sobre gases invernadero. Revista electrónica Cambio Climático

Global [en línea] 1997 [fecha de acceso enero 2010] URL disponible en: Gorrachategui GM. Seguridad alimentaria: dioxinas. XVII Curso de Especialización FEDNA. [en línea] 2001 [fecha de acceso Diciembre 2009] URL disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPVIII.pdf>  
<http://www.cambioclimaticoglobal.com/gasesinv.html>

Iñiguez G., Flores S., Martínez L., Utilización de residuos de la industria tequilera. Rev. Int. Contam. Ambient [en línea]. 2003. [fecha de acceso Mayo 2008]; 19(2): 83-91. URL disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/370/37019204.pdf>

Jodakov V. Química inorgánica. Moscú; 1977.

Martínez C, Acevedo G, Espinal G. La cadena del arroz en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrociudades Colombia. Bogotá, Marzo de 2005. URL disponible en: [www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/2005112141728\\_caracterizacion\\_arroz.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112141728_caracterizacion_arroz.pdf)

MERCK Reactivos y Productos químicos. Bogotá. Colombia. 2007.

Mintegui RS, Benito FJ, Fernández LA. Uso del carbón activado en las sospechas de intoxicación en urgencias de pediatría. Arch Pediatr Urug [en línea] 2003 [fecha de acceso Junio 2010]; 74(3): 166-175. URL disponible en: [http://www.sup.org.uy/Archivos/adp74-3/pdf/adp74-3\\_6.pdf](http://www.sup.org.uy/Archivos/adp74-3/pdf/adp74-3_6.pdf)

Oviedo B, Fanjul G. Una fórmula con patente. La Nueva España. [en línea] 2009 [fecha de acceso enero 2010] URL disponible en: <http://www.lne.es/secciones/noticia.jsp?pNumEjemplar=1524&pldSeccion=38&pldNoticia=484448>.

Peña SC, Zambrano GF. Hormigón Celular con la Utilización de Materiales Locales. Tesis De Grado. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil

Ecuador 2001 URL disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3310>

Piñeros Y, Otálvaro A. Evaluación de la producción de etanol a partir de cascarilla de arroz pretratada con NaOCl, mediante hidrólisis y fermentación simultáneas [citado enero 2010] XIII congreso de Biotecnología y Bioingeniería VII Simposio internacional Producción de etanoles y levaduras. (en línea) México 2009. URL disponible: [http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA\\_V/CV-51.pdf](http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_V/CV-51.pdf)

Prada A. Elaboración de métodos para la eliminación de sustancias de hierro y manganeso del agua. Tesis de Doctorado. Instituto D.I. Mendeleyev. Moscú. Rusia 1986.

Ramón V. Inminente industrialización del aglomerado de arroz. Gaceta UNAM [en línea] 2007 [fecha de acceso Septiembre 2009]; 3957: 6. URL disponible en: <http://www.dgcs.unam.mx/gacetaweb/2007/070201/gaceta.pdf>

Tardieu J., De La Torriente A. Aprovechamiento energético de los subproductos del cultivo del arroz. [en línea] 2009 [fecha de acceso Enero 2010] AEPO. Departamento de energía e instalaciones. URL disponible en: <http://www.agroinformacion.com/leer-articulo.aspx?not=219>.

Valverde AG, Sarria B, Monteagudo J. Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. Scientia et Technica [en línea]. 2007 [citada Septiembre 2009]; XIII (37): 255-260 URL disponible en: <http://www.utp.edu.co/php/revistas/Scientiaettechnica/docsftp/102114255-260.pdf>

Varón CJ. Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. El Hombre y la Máquina. (en línea) 2005 (fecha de acceso junio 18 de 2007); 25. URL disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/478/47802513.pdf>



# **Evaluación preliminar de la abundancia de hongos lignolíticos cultivables y su actividad peroxidasa, obtenidos a partir de suelos con diferentes usos agrícolas en zona rural de Villavicencio**

## **Initial evaluation of the abundance of culturable lignolytic fungi and yours peroxidase activity, isolated from soils with different uses in country zone of Villavicencio**

Martha L. Ortiz - Moreno

Docente Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad de los Llanos  
mlortizm@unillanos.edu.co

La degradación de la lignina es un proceso limitante para la incorporación de nutrientes a partir de desechos agrícolas. La distribución de los microorganismos que participan en el ciclo del carbono depende del uso del suelo, las prácticas agrícolas como la quema, el arado y la eliminación de la cobertura del suelo disminuyen drásticamente su diversidad. Con el objetivo de identificar las variaciones en la abundancia de los géneros de hongos lignolíticos cultivables y su actividad peroxidasa, debidas al efecto de diferentes usos del suelo, se aislaron cepas a partir de muestras obtenidas de parcelas de cacao, cítricos, plátano, papaya, yuca, sabana de pastoreo, pino y piña. Se obtuvieron 25 cepas pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Verticillium*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Memnoniella*, *Humicola* y *Trichoderma*. Siendo el uso del suelo con mayor número de géneros el cultivo de cítricos. Los géneros lignolíticos más frecuentes en los cultivos fueron *Verticillium*, *Aspergillus* y *Fusarium*. Los géneros *Mortierella*, *Cladosporium* y *Memnoniella* fueron exclusivos para el cultivo de cítricos, al igual que *Humicola* y *Trichoderma* lo fueron para el cultivo de papaya y pino, respectivamente. Con respecto a la actividad peroxidasa se encontró que los aislamientos pertenecientes a los géneros *Fusarium* y *Mortierella* tuvieron la mayor actividad enzimática con  $1,4 \pm 0,1 \times 10^{-4}$  ng/l tmin y 2,5 veces menos actividad que el control *Pleurotus pulmonarius*, siendo los aislamientos más activos los obtenidos del cultivo de naranja. Estos resultados indican que existe una relación entre el uso del suelo, sus características fisicoquímicas y los hongos que participan en el ciclo del carbono. De tal manera que el diagnóstico de la comunidad de hongos degradadores de lignina cultivables podría constituir una herramienta valiosa para evaluar la actividad microbiana en los agroecosistemas.

**Palabras claves:** Hongos, lignina, suelo, peroxidasa, saprofitos.

## INTRODUCCIÓN

Los hongos son heterótrofos, usan el carbono orgánico para la síntesis celular. Por lo tanto, la microbiota es capaz de atacar a la materia orgánica compleja, entre las fuentes de carbono orgánico que utilizan están: azúcares, ácidos orgánicos, almidón, celulosa, y lignina, siendo esta última particularmente resistente a la degradación microbiana.

La lignina es el compuesto aromático más abundante en la tierra y comprende cerca del 15 % de toda la biomasa terrestre. Normalmente los contenidos de lignina varían entre 20 y 40 % del peso seco en las plantas leñosas. Aparte de esta variación porcentual, su ubicación tampoco es uniforme en la pared celular y en las diferentes partes del árbol (Paul & Clark, 1996). Aro y colaboradores (2005) señalan que la lignina se distribuye generalmente asociada a las hemicelulosas en los espacios de las microfibrillas, en las paredes primaria y secundaria, al igual que en la lamela media como componente cementante entre las células y como endurecedor de las paredes celulares del tejido xilemático. Además este polímero es también una barrera contra el ataque microbiano a la celulosa y hemicelulosa en los tejidos leñosos. Este compuesto se forma en las paredes celulares de las plantas vasculares mediante una unión oxidativa de varios precursores relacionados de fenilpropano: alcohol coniferil, alcohol sinapil, y alcohol p-hidroxycinamil, que a su vez se originan por la deshidratación irreversible de azúcares. Las enzimas peroxidasas o laccasas en la pared celular de la planta oxidan estos monómeros en un electrón, produciendo radicales fenoxi transitorios y estables a la resonancia que luego se polimerizan en una variedad de configuraciones (Leonowicz et al., 1999; Aro et al., 2005).

Los basidiomicetos que descomponen la madera han sido categorizados en dos grupos, los hongos de la podredumbre blanca y café, de acuerdo a su capacidad para degradar la lignina de compuestos de madera. Los hongos de la podredumbre blanca son capaces de degradar lignina produciendo una

zona coloreada alrededor del micelio en placas de agar que contienen taninos u otros sustratos fenólicos. La coloración es causada por fenol oxidadasas secretadas extracelularmente; mientras que los hongos de la podredumbre café no pueden llevar a cabo la degradación total de la lignina y por lo tanto no producen dicha coloración. Sin embargo estos basidiomicetos son conocidos como responsables de numerosos decaimientos de paredes celulares en la madera, ya que digieren los componentes celulolíticos sin la remoción total de lignina. Los basidiomicetos que causan la podredumbre blanca de la madera tienen gran potencial en diferentes procesos biotecnológicos, incluidos los de biorremediación (Leonowicz et al., 1999).

Los deuteromicetos u hongos filamentosos también tienen capacidad para degradar parcialmente la lignina, por lo tanto hacen parte de los hongos de la podredumbre parda. Por su rápido crecimiento y capacidad de adaptación al estrés ambiental (Regalado et al., 1997; Consentino et al., 2006), estos hongos son de particular interés para la degradación de desechos agroindustriales en los Llanos Orientales (Ortiz & Uribe, 2007).

Los hongos degradadores de madera poseen un sistema enzimático en el que intervienen enzimas extracelulares (laccasas, manganeso peroxidasas, lignin peroxidasas y enzimas productoras de peróxido), metabolitos de bajo peso molecular y sistemas reductores (Leonowicz et al., 1999; Aro et al., 2005)

La actividad peroxidasa es importante, ya que es una enzima que cataliza la oxidación de ciertos compuestos dadores de hidrógeno, como fenoles (guayacol, pirogalol) y aminas aromáticas (o-fenilendiamina) por medio de peróxidos ( $H_2O_2$ ). El sustrato oxidable más usado para su detección es el guayacol, que es oxidado a un complejo coloreado de tetraguayacol de color rojo oscuro en presencia de peroxidasa: La velocidad de formación del tetraguayacol puede ser utilizada como medida

de la actividad enzimática lignolítica por lecturas espectrofotométricas de las absorbancias en relación con el tiempo. La peroxidasa presenta como grupo prostético, un grupo Hem, cuyo átomo central de hierro forma complejos con diferentes compuestos, como los cianuros y la hidroxilamina, inhibiéndose su actividad enzimática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### SITIO DE ESTUDIO

En este estudio se seleccionaron 10 parcelas con diferente uso agrícola: yuca, cítricos, papaya, sabana de pastoreo, piña, plátano, cacao y pino (*Pinus patula*), todas ellas dentro de los predios de la Universidad de los Llanos, sede Barcelona, ubicada en zona rural de Villavicencio, Departamento del Meta (Colombia), aproximadamente a 750msnm, con una temperatura

### TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

Dentro de las parcelas se seleccionaron cinco transeptos aleatorios de 15 metros, para la toma de muestras. Se tomaron 15 submuestras de suelo de 100g cada metro hasta completar una muestra integrada de 750 kilos por parcela, esta muestra se homogenizó y tamizó para su posterior procesamiento (Alexander, 1967). La muestra se llevó al laboratorio de Microbiología Vegetal, en donde se tomó una muestra representativa de 10g de suelo que se disolvió en 90 ml de agua y se realizó una serie de dilución hasta  $10^{-4}$ .

De las diluciones obtenidas se sembró por extensión en medio alfalfa (Thorn *et al.*, 1996, modificado en la fuente de carbono),  $10^{-1}$ ,  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  con 3 réplicas para cada una. Para realizar el recuento de bacterias edáficas se sembró en medio Topping 3 réplicas de la dilución  $10^{-3}$  y para el recuento de actinomicetos se inoculó 3 réplicas de la dilución  $10^{-4}$  en medio Czapeck Dox (Paul & Clark, 1996). Las colonias de actinomicetos se aislaron y fueron determinadas taxonómicamente a género con la clave de Alexander (1967).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la abundancia de hongos deuteromicetos lignolíticos y su actividad peroxidasa, en diferentes suelos con diferente uso agrícola para identificar preliminarmente si estos se pueden constituir en bioindicadores de la actividad microbiana en suelos de agroecosistemas.

media de 33°C y pluviosidad media de 2000mm (IGAC, 1996). Las características fisicoquímicas de sus suelos son: Textura Franca Arenosa a Franco Arcillosa Limosa, 2,9-3,5 %Materia Orgánica, 2,8-29,4ppm de fósforo, 4,1-5pH y en Mili equivalentes por 100g de suelo: 1,9-3,1Al; 0,8-14,0Ca; Trazas-0,4Mg; 0,15-0,36K; 0,02-0,06Na (Análisis Laboratorio de suelos, Universidad de los Llanos).

Las cajas de petri se incubaron a temperatura ambiente, y se registró el número de colonias en los medios Topping y Czapeck a los 8 días y al medio alfalfa a los 15 días, los conteos fueron utilizados para estimar el número de UFC/g. Posteriormente se realizó el aislamiento de las colonias de los hongos lignolíticos en el medio alfalfa. Las cepas obtenidas fueron determinadas a género con montajes en azul de lactofenol por impronta, con ayuda de las claves taxonómicas de Gilman (1973), Barnett & Hunter (1975). A las cepas obtenidas se les evaluó su actividad peroxidasa inoculando un cubo de 1cm<sup>3</sup> con micelio en crecimiento vegetativo activo de cada cepa, en medio líquido alfalfa (medio alfalfa sin agar) con 3 réplicas por cepa, incubación a temperatura ambiente por 8 días y agitación de 150rpm. Después de la incubación se leyó una alícuota de 1ml de sobrenadante en espectrofotómetro (Merck) a 488nm para detectar la producción de tetraguayacol como resultado de la acción de la peroxidasa en el sustrato guayacol. Las unidades de peroxidasa se expresan en ng/ltmin). Como control positivo se

empleo el basidiomicete *Pleurotus pulmonarius* cuya actividad peroxidasa a temperaturas superiores a 25°C, ha sido previamente descrita (Leonowicz *et al.*, 1999)

Los datos obtenidos fueron analizados por análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples con el paquete estadístico Minitab 14.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### ACTINOMICETOS

En cuanto al conteo de unidades formadoras de colonia (UFC) por gramo de actinomicetos se encontró que los mayores valores se registraron para los cultivos de plátano, papaya y cacao (Tabla 1). Esto puede estar relacionado con la cantidad de hojarasca que produce cada cultivo y la degradabilidad de la misma, por ejemplo la producción de hojarasca por parte del cacao es

comparable con la generada por el plátano, sin embargo las hojas del cacao son ricas en taninos, que son moléculas antimicrobianas, los cuales las hacen resistentes a la degradación por actinomicetos cuya actividad primordialmente es celulolítica (Adekunle *et al.*, 2005; Akpor *et al.*, 2006, Hao *et al.*, 2006).

**Tabla 1.** Abundancia de actinomicetos en el suelo de diferentes cultivos

Cultivo	UFC/g
Plátano	$8,8 \times 10^4$
Papaya	$3,4 \times 10^4$
Cacao	$3,4 \times 10^4$
Pino	$5,5 \times 10^3$
Cítricos	$1,8 \times 10^3$
Sabana de pastoreo	$2,2 \times 10^3$
Yuca	$1,1 \times 10^2$

Adicionalmente en la muestra predominaron los actinomicetos con crecimiento incrustante y presencia de pigmentos, pertenecientes a los géneros

*Streptomyces* y *Nocardia*, típicos de suelos ácidos con estrés nutricional (Alexander, 1967).

### BACTERIAS

En general, se puede decir que los conteos bacterianos fueron bajos en todos los cultivos lo cual se debe al pH ácido de las parcelas. El número de UFC/g más alto se presenta en el cacao, donde la composición bioquímica de su hojarasca restringe el desarrollo de

otros grupos microbianos y favorece a las bacterias (Akpor *et al.*, 2006) (Tabla 2). Adicionalmente, en las muestras predominaron las bacterias pigmentadas de coloración amarilla y lento crecimiento, las cuales no fueron determinadas taxonómicamente.

**Tabla 2.** Abundancia de bacterias en diferentes cultivos

Cultivo	UFC/g
Cacao	3,1 x 10 <sup>4</sup>
Plátano	2,9 x 10 <sup>3</sup>
Piña	2,7 x 10 <sup>3</sup>
Papaya	3,9 x 10 <sup>2</sup>
Pino	9,5 x 10 <sup>2</sup>
Cítricos	2,0 x 10 <sup>2</sup>
Yuca	5,1

## HONGOS LIGNOLITICOS

Para los deuteromicetos lignolíticos se encontró que los cultivos que tenían mayor número de UFC/g fueron la piña, papaya y pino, pero su diversidad de géneros fue baja, lo cual indica que los géneros que habitan en estos suelos son pocos aunque tienen altas abundancias, este fenómeno es frecuente en suelos cuya cantidad de biomasa vegetal es escasa y recalcitrante para otros grupos microbianos (Adekunle *et al.*, 2005, Akpor *et al.*, 2006; Hao *et al.*, 2006; Ortiz & Uribe, 2007) (Tabla 3). Se obtuvieron 25 cepas pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Verticillium*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Memnoniella*, *Humicola* y *Trichoderma*. Los géneros lignolíticos más frecuentes en los cultivos fueron *Verticillium*, *Aspergillus* y *Fusarium*.

El cultivo de Cítricos presentó una mayor diversidad de aislamientos en los diferentes géneros, siendo *Mortierella*, *Memnoniella* y *Cladosporium* exclusivos para este cultivo, al igual que *Humicola* y *Trichoderma* lo fueron para el cultivo de papaya y pino, respectivamente. Todos los géneros registrados son saprofitos sin embargo ellos pueden degradar sustancias de tipo aromático como agroquímicos así que el manejo del cultivo pudo influenciar esta

diversidad (Krivobok *et al.*, 1998; Saraswathy *et al.*, 2002).

Los cultivos de yuca, cacao, sabana de pastoreo y pino presentaron baja diversidad y abundancia presentando géneros lignolíticos de colonización agresiva como *Aspergillus*, *Verticillium* y *Trichoderma*, los cuales pueden desarrollarse rápidamente sobre suelos con escaso contenido de materia orgánica (Paul & Clark, 1996, Ortiz & Uribe, 2007).

En cuanto a la actividad peroxidasa, el ANOVA indica que existen diferencias significativas entre los diferentes cultivos con un valor  $P=0,000$  ( $=0,05$ ). El análisis por comparaciones múltiples de Dunnett indica que los cultivos que tienen mayor actividad peroxidasa fueron cítricos, papaya, piña y plátano, formando el grupo de significancia A. El grupo B comprende a la yuca, la sabana de pastoreo y cacao, finalmente el grupo C comprende al cultivo de pino, con el nivel más bajo. Esto permite concluir que la actividad peroxidasa fue mayor en los cultivos que generan más hojarasca libre de sustancias antimicrobianas, lo cual es congruente con lo reportado por Akpor y colaboradores (2005).

**Tabla 3.** Abundancia y actividad peroxidasa de hongos lignolíticos obtenidos del suelo diferentes cultivos

Cultivo	UFC/g	Género	Actividad peroxidasa (ng/l/min) x 10 <sup>-4</sup>
Yuca	25	<i>Aspergillus sp1</i>	1,2
		<i>Verticillium sp1</i>	0,9
Cítricos	1,4 x 10 <sup>4</sup>	<i>Fusarium sp1</i>	3,7
		<i>Fusarium sp2</i>	2,4
		<i>Verticillium sp2</i>	0,93
		<i>Verticillium sp3</i>	0,19
		<i>Verticillium sp4</i>	0,76
		<i>Aspergillus sp2</i>	2,4
		<i>Mortierella sp1</i>	0,19
		<i>Mortierella sp2</i>	2,4
		<i>Memnoniella sp1</i>	0,19
		<i>Cladosporium sp1</i>	0,26
Papaya	3,8 x 10 <sup>4</sup>	<i>Aspergillus sp3</i>	0,7
		<i>Aspergillus sp4</i>	0,03
		<i>Fusarium sp3</i>	0,9
		<i>Humicola sp1</i>	0,4
Piña	4,8 x 10 <sup>4</sup>	<i>Penicillium sp1</i>	0,38
		<i>Fusarium sp4</i>	0,44
		<i>Aspergillus sp5</i>	0,41
Plátano	2,9 x 10 <sup>4</sup>	<i>Aspergillus sp 6</i>	0,76
		<i>Fusarium sp 5</i>	0,96
		<i>Verticillium sp5</i>	0,76
Sabana de pastoreo	10,8	<i>Verticillium sp6</i>	0,68
Cacao	1,5 x 10	<i>Verticillium sp7</i>	0,17
Pino	3,2 x 10 <sup>4</sup>	<i>Trichoderma sp1</i>	0,08
Control	No aplica	<i>Pleurotus pulmonarius</i>	3,5



Se encontró que la actividad peroxidasa máxima fue para los aislamientos pertenecientes a los géneros *Fusarium* y *Mortierella* con  $1,4 \times 10^4$  ng/litro y 2,5 veces menos actividad que el control *Pleurotus pulmonarius*, siendo los aislamientos más activos los obtenidos del cultivo de cítricos.

Correlacionando estos datos con las características fisicoquímicas del suelo se pudo identificar que los suelos con mayor actividad peroxidasa tenían valores muy similares entre sí, en cuanto al porcentaje de materia orgánica, nivel de pH y contenido bases intercambiables. Dado que no se evaluó el historial de las características de estos suelos no se puede

establecer que existe correlación entre sus propiedades y la presencia de hongos lignolíticos, pero se puede inferir que estos últimos tienen un efecto benéfico en la estabilización de las características del suelo, tal y como lo reportan Bronick & Lal (2005).

Estos resultados indican preliminarmente que existe una relación entre el uso del suelo, sus características fisicoquímicas y los hongos que participan en el ciclo del carbono. De tal manera que el diagnóstico de la comunidad de hongos degradadores de lignina cultivables podría constituir una herramienta valiosa para evaluar la actividad microbiana en los agroecosistemas.

## REFERENCIAS

- Alexander, M., 1967, Introduction of soil microbiology, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Adekunle, V., Dafiewhare, H., Ajibode, O., 2005, Microbial population and diversity as influenced by soil pH and organic matter in different forest ecosystems, Pakistan Journal of Biological Sciences, 8(10): 1478-1484.
- Akpor, O., Okoh, A., Babalola, G., 2006, Culturable microbial population dynamics during decomposition of *Theobroma cacao* leaf litters in a tropical soil setting, Journal of Biological Sciences, 6(4): 768-774.
- Aro, N., Pakula, T., Penttilä, V., 2005, Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi, FEMS Microbiology Reviews 29:719-739.
- Barnett, H., Hunter, B., 1975, Illustrated genera of imperfect fungi, third edition, Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- Bronick, C., Lal, R., 2005, Soil structure and management: a review, Geoderma 124:3-22.
- Consentino, D., Cheng, C., Le Bissonnais, Y., 2006, Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil, Soil Biology and Biochemistry 38:2053-2062.
- Gilman, J., 1973, Manual de los hongos del suelo, segunda edición, Compañía editorial Continental S.A., Mexico D.F.
- Hao, J., Tian, X., Song, F., He, X., Zhang, Z., Zhang, P., 2006, Involvement of lignocellulolytic enzymes in the decomposition of leaf litter in a subtropical forest, Journal of Eukaryotic Microbiology 53(3):193-198.
- IGAC, 1996, Diccionario geográfico de Colombia, tomo 3, Horizonte Impresores Ltda, Bogotá.
- Leonowicz, A., Matuszewska, A., Luterek, J., Ziegenhagen, D., Wojtaś-Wasilewska, M., Cho, N., Hofrichter, M., Rogalski, J., 1999, Biodegradation of lignin by White rot fungi, Fungal Genetics and Biology 27:175-185.
- Paul, E., Clark, F., 1996, Soil microbiology and biochemistry, second edition, Academic Press, San Diego.
- Regalado, V., Rodríguez, A., Perestelo, F., Carnicero, A., De la Fuente, G., Falcon, M., 1997, Lignin degradation and modification by the soil-inhabiting fungus *Fusarium proliferatum*, Applied and Environmental Microbiology 63(9):3716-3718.
- Thorn, G., Reddy, A., Harris, D., Paul, E., 1996, Isolation of saprophytic basidiomycetes from soil, Applied and Environmental Microbiology 62(11):4288-4292.

## **Autores - Authors**

---

Lourdes Peñuela, Fundación Horizonte Verde. Email: [horizonteverdelupe@gmail.com](mailto:horizonteverdelupe@gmail.com)

Jairo Antonio Camacho Reyes, Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC. Tunja. Email: [jairoa.camacho@uptc.edu.co](mailto:jairoa.camacho@uptc.edu.co)

Claudia Patricia Camacho Rozo, Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC. Tunja. Email: [claopatty07@gmail.com](mailto:claopatty07@gmail.com)

Francisco Castro Lima, Fundación Horizonte Verde. Email: [bojonawi@gmail.com](mailto:bojonawi@gmail.com)

Caroll Edith Cortés Castillo, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos. Email: [carolledith@hotmail.com](mailto:carolledith@hotmail.com)

Luz Mila Quiñones Méndez, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos. Grupo de Investigación Biorinoquia, Email: [luzquime@gmail.com](mailto:luzquime@gmail.com)

Diego Alejandro Rodríguez Torres, Departamento Ambiental – Poligrow Colombia Ltda. Email: [da.rodriguez@poligrow.com](mailto:da.rodriguez@poligrow.com)

José Ricardo Corredor Matus, Escuela de Ciencias Animales. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta, Colombia. Email: [jcorredormatus@gmail.com](mailto:jcorredormatus@gmail.com)

José Ariel Rodríguez Pulido, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos. Email: [rodriguezpjosea@yahoo.com.mx](mailto:rodriguezpjosea@yahoo.com.mx)

Martha Lucia Ortiz Moreno, Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad de los Llanos. Email: [mlortizm@unillanos.edu.co](mailto:mlortizm@unillanos.edu.co)

Abelardo Prada Matiz, Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías. Universidad de los Llanos. Email: [aprada@unillanos.edu.co](mailto:aprada@unillanos.edu.co)

Karlf Adolf Ciuderis Aponte, Escuela de Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos. Email: [adolfmvz@gmail.com](mailto:adolfmvz@gmail.com)

Julieta Esperanza Ochoa Amaya, Escuela de Ciencias Animales. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad de los Llanos. [julietaeochoa@yahoo.es](mailto:julietaeochoa@yahoo.es)

Martha Lucia Bueno, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología-Instituto de Genética, Sede Bogotá. Email: [mlbuenoa@unal.edu.co](mailto:mlbuenoa@unal.edu.co)

Tomás R. Deffer, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, Sede Bogotá. Director Reserva OME-Amazonas EM. Email: thomasdefler@gmail.com

Peñuela - La ganadería ligada a procesos de conservación Volumen 14 - Sup (1) - Año 2010-179

Carlos Julio Sejín Puche, Escuela de Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad de los Llanos. Email: carlossejin@hotmail.com

Mario Alfonso González Gómez, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad de los Llanos. Email: odrog3@hotmail.com

Diego Felipe Correa Gómez, Universidad Nacional de Colombia. Ciencias Biológicas Universidad de los Andes. Email: diegofelipecorrea@gmail.com

Pablo R. Stevenson, Universidad de los Andes, Colombia. Email: pstevens@uniandes.edu.co

# Revista ORINOQUIA

## Instrucción a los autores

La revista técnico científica ORINOQUIA publicará artículos originales, avances de investigación, comunicaciones científico-técnicas breves y reseña de publicaciones científicas. Los manuscritos serán aceptados sobre la base de su significación científica, se entiende que no han sido publicados, serán sometidos a evaluación por pares. Los artículos serán sometidos a revisión editorial.

### Tipos de Contribución

Podrán presentarse para publicación en la Revista ORINOQUIA:

1. Artículos de investigación originales. 2. Artículos técnicos. 3. Artículos de revisión, sólo por solicitud expresa del Comité Editorial. 4. Comunicaciones cortas. 5. Cartas al Editor.

### Estilo del Manuscrito

Título claro y conciso, preferiblemente que no exceda de 14 palabras; debe ir seguido de las iniciales del (los) nombre(s) y primer apellido completo del (los) autor(es) y el nombre de la institución donde se realizó el trabajo.

### Pie de Página

Los artículos deben llevar un pie de página con la siguiente información acerca del (los) autor(es): Título, cargo, entidad y dirección.

### Resumen

No debe exceder de 30 palabras y debe presentar brevemente el propósito del estudio y detalles importantes de los hallazgos y las principales conclusiones. Evitar frases redundantes, información generalmente conocida y las repeticiones.

Debe adicionarse una versión del abstract en idioma inglés.

### Introducción

Establecer brevemente la naturaleza y el propósito del trabajo y citar trabajos importantes recientes elaborados por otros autores.

### Materiales y Métodos

Describir los materiales, métodos, aparatos, procedimiento experimental y métodos estadísticos en suficiente detalle para permitir a otros autores reproducir los resultados. Esta parte puede tener subtítulos.

### Resultados

Los datos experimentales deben ser presentados breve y concisamente, evitar repetir información presentada en tablas y figuras.

### Discusión

Enfocar hacia la interpretación de los hallazgos experimentales. No repetir literalmente los datos presentados en la introducción o información dada en los resultados. Una síntesis de la confrontación de los datos obtenidos con la literatura más reciente. Los apartes, resultados y discusión deben ser presentados separadamente.

### Referencias

Citar únicamente las referencias utilizadas. Se debe examinar cuidadosamente el manuscrito, fijándose que la correcta escritura de los nombres de los autores y las fechas coincidan tanto en el texto como en la lista de referencias. En el texto se debe referir al apellido del autor (sin inicial del nombre) y el año de la publicación. Ejemplo: "Desde que Peterson (1966) demostró que ...", "Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos más tarde (Kramer 1989)".

### Para libros

Apellidos e iniciales de los nombres de los autores/ editores, año, título, editorial, sitio de la publicación, página(s). Ejemplo:

- Gaugh H.G. 1992. Stastiscal of regional yield triáis. Elsevier, Amsterdam. 278 pp.

Para libros de varios autores

- Shigeno K. 1992. Shrimp culture industry in Japan. In: Fast W. and Lester L. J. (Editors), Marine Shrimp Culture; Principles and practices. Elsevier, Amsterdam, pp. 641 - 652.

*Revista ORINOQUIA - Univeisidaó de los Llanos - Villavicencio. Meta. Colombia*  
*Volumen II - If 2 - Ano 2007*

### **Tablas**

Deben ser enviadas en hojas separadas; tener un encabezamiento conciso y ser numeradas secuencialmente con números arábigos.

### **Figuras (Fotos)**

Deben ser de buena calidad, brillantes, el número de la figura, el nombre de la figura, el nombre del autor y en la parte superior de la figura se deben indicar suavemente con lápiz en el reverso. Se deben numerar secuencialmente con números arábigos. Enviar las descripciones en hojas separadas. Referir las figuras en el texto y su localización aproximada indicada en el margen. Se aceptan fotografías en formato electrónico, las cuales deben ser enviadas en archivo independiente del archivo de texto.

### **Abreviaciones y Símbolos**

Expresadas las cantidades en sistema métrico. Aclarar las abreviaciones cuando se usen por primera vez en el texto.

### **Referencias**

Si se hace referencia en el texto a una publicación escrita por más de dos autores se debe utilizar el apellido del primer autor seguido por "et al" o "y cois". Esta indicación, sin embargo, no debe ser usada nunca en la lista de referencias. En ésta, tanto el apellido o inicial del primer autor como de todos los coautores deben ser menciona-dos. Cuando se citan referencias en el texto deben ser ordenadas cronológicamente. La lista de

referencias debe ordenarse alfabéticamente por apellidos de autores y cronológicamente por autor. Si un autor es mencionado con coautores se debe utilizar el siguiente orden. Publicaciones únicas del autor, ordenar de acuerdo con las fechas de publicación. Publicaciones del autor con más de un coautor. Publicaciones del mismo autor en el mismo año se deben ordenar así: 1974 a. 1974 b., etc.

Ordenar las referencias, así. Para publicaciones periódicas:

a. Apellidos e inicial(es) de los nombres de todos los autores, separados por comas (punto), año. Título abreviado de la revista de acuerdo al index Medicus. Volumen, primera y última página. Ejemplo:  
Sen Band Fleeger J.W. 1995. The modern techniques in agricultural sciences. Am J Vet Res. 34:150-65.

b. Para simposios editados, números especiales, presentados en una publicación periódica. Ejemplo:  
Benzie JAH, Ballement E, and Frusher S. 1993. Genetic structure of Penacus monom in Australia; Concordant results from DNA in alozymes. In: Gall GAE and Chen H. (Editors), genetics in aquaculture IV. Proceedings of the Fourth International Symposium. 29 abril - 3 mayo 1991, Wuahn, China, Aquaculture, 111; 89-98.

Las contribuciones para la Revista Orinoquia deberán ser enviadas en medio impreso y en disquete de 3.5 en formato Word 95, 97, 98, 2000 a la siguiente dirección:  
Comité Editorial

REVISTA ORINOQUIA  
Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana  
Universidad de los Llanos  
Km 12 vía a Apiay, Vereda Barcelona  
Telefax 6698630  
Villavicencio, Meta  
E-mail: orinoquiacolombiana@hotmail.com

# Revista ORINOQUIA

## Author guidelines

The *Revista Orinoquia* is a technical scientific journal which is interested in publishing original articles, research advances, brief scientific-technical communications and summaries of scientific publications. Manuscripts will be accepted based on their scientific importance. It must be clearly understood that they have not already been published and that they will be submitted to peer-review. Articles will be submitted to editorial review.

### Types of contribution

The following may be submitted for consideration for being published in the *Revista Orinoquia*:

1) original research articles, 2) technical articles, 3) review articles, but only at the express request of the Editorial Committee, 4) short communications and 5) letters to the Editor.

### Manuscript style

A clear and concise Title must be used, preferably not exceeding 14 words; this must be followed by the initials of all authors' Christian names, complete first surname and the name of the institution where the work was done.

### Footnote

Articles must have a footnote containing the following information about the author(s): degrees held, position, entity and address.

### Summary

This must not exceed 300 words and must briefly present the study's purpose and give important details regarding its findings and main conclusions. Redundant phrases, generally/widely known information and repetition must be avoided. A version of the summary written in English must also be provided.

### Introduction

This should briefly establish the work's nature and purpose and cite recent important work carried out in the field by other authors.

### Materials and Methods

This section should describe the materials, methods, apparatus used, experimental procedure and statistical methods in sufficient detail to allow other authors to reproduce the results. This part may have subtitles.

### Results

The experimental data must be briefly and concisely presented, ensuring that information presented in the Tables and Figures is not repeated in the text.

### Discussion

The Discussion should be focused on interpreting experimental findings. Do not repeat verbatim the data presented in the Introduction or information given in the Results; give a concise comparison of the data obtained with that given in the most recent literature. The parts, results and discussion must be presented separately.

### References

Only cite those references used in the manuscript. It must be carefully examined, making sure that the correctly written authors' names and dates coincide in both the text and the list of references. References made in the text must contain the author's surname (without giving the initial for the Christian name) and the year of publication. Example: "since Peterson (1966) showed that ...", "This agreed with results obtained later on (Kramer 1989)."

For books: Authors/editors' surnames and Christian name initials, year, title, publisher, place where published, page(s). Example:

- Gaugh H.G. 1992. Statistical of regional yield tripis. Elsevier, Amsterdam. 278 pp.  
For books having several authors:
- Shigeno K. 1992. Shrimp culture industry in Japan. In: Fast W. and Lester L. J. (Editors), Marine Shrimp Culture; Principles and practices. Elsevier, Amsterdam, pp. 641-652.



### Tables

These must be sent on separate sheets; they must be given a concise heading and be numbered sequentially using Arabic numbers.

### Figures (photos)

These must be good quality, glossy; the number of the Figure, its name and the author's name must be given on the upper part of the reverse of the Figure written lightly in pencil. They must be numbered sequentially using Arabic numbers. The descriptions must be submitted on separate sheets. Refer to the Figures in the text, indicating their approximate location in the margin. Photographs can be accepted in electronic format; these must be sent in a separate file to that containing the text.

### Abbreviations and symbols

Quantities should be expressed using the metric system. Abbreviations should be clarified when used in the text for the first time.

### References

If a publication written by more than two authors is referred to in the text, then the first author's surname must be used, followed by *et al.* Such indication, however, must never be used in the list of references; here the surname or initial of the first author as well as all the co-authors must be mentioned. When references are cited in the text, they must be chronologically ordered. The reference list must be alphabetically ordered by authors' surnames and chronologically by author. The following order must be used if an author is mentioned as being a coauthor. The author's sole publications, ordered according to publication date.

Author's publications having more than one co-author. The same author's publications in the same year must be ordered as follows: 1974 a. 1974 b., etc.

Order references as follows. For periodic publications:

- a. All authors' surnames and initials (separated by full-stops). The year of publication. The journal's abbreviated title according to Index Medicus. The volume: first and last pages. Example:  
Sen Band Fleeger J.W. 1995. The modern techniques in agricultural sciences. *Am J Vet Res.* 34:150-65.
- b. For edited symposia, special issues, presented in a periodic publication. Example:  
Benzie JAH, Ballement E, and Frusher S. 1993. Genetic structure of *Penacus monom* in Australia; Concordant results from DNA in alozymes. In: Gall GAE and Chen H. (Editors), *Genetics in Aquaculture IV. Proceedings of the Fourth International Symposium.* 29<sup>th</sup> April – 3<sup>rd</sup> May 1991, Wuahn, China, *Aquaculture*, 111; 89-98.

Contributions for the *Revista Orinoquia* should be sent in printed form and on a 3.5 diskette in Word 95, 97, 98 or 2000 format to the following address:  
Editorial Committee,

Revista Orinoquia,  
Instituto de Investigaciones de la Orinoquia  
Colombiana,  
Universidad de los Llanos,  
Km 12 vía a Apiay, Vereda Barcelona,  
Telefax 6698630  
Villavicencio, Meta  
e-mail: orinoquiacolombiana@hotmail.com



# ORINOQUIA

# URINOQUIA



## Cupón de Suscripción

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_  
Títulos: \_\_\_\_\_  
Empresa: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_ Apartado Aéreo: \_\_\_\_\_  
Teléfonos: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

## Valor de la Suscripción

NÚMERO	PRECIO REVISTA	PRECIO VOLUMEN
Volumen 4	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 5	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 6	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 7		\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 8	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 9	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 10	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$14.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>
Volumen 11	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$2,5 <input type="checkbox"/>	\$7.000 <input type="checkbox"/> US\$5 <input type="checkbox"/>



### CONSIGNACIÓN BANCO DE BOGOTÁ

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS CUENTA No. 364-10663-3  
EN FORMATO DE RECAUDO NACIONAL SUCURSAL LOS CENTAUROS

### ENVIAR CUPÓN DILIGENCIADO Y PAGO DE SUSCRIPCIÓN

UNILLANOS Sede Barcelona  
Instituto de Investigaciones de la Orinoquia  
Localizada a 12Km del centro de Villavicencio vía a Puerto López  
Teléfonos: 669 8630 - 6698600 - 6698069 - 6698189 - 6698823  
A.A. 110 Villavicencio, Meta, Colombia



# ORINOQUIA

La revista Orinoquia pretende destacar los principales cambios técnico-científicos de la región de la Orinoquia, el papel de la Universidad de los Llanos en la formación de recurso humano y la potencialidad de los investigadores frente a los problemas de la región de cara al país.

Orinoquia es una Revista Científica del Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana (IIOC), de la Universidad de los Llanos; dedicada a difundir los resultados de investigación y nuevos conocimientos, por medio de la publicación de artículos originales que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la región y en general de la Población colombiana.

