

ESTUDIO REGIONAL CONTINENTAL DE ZONAS HOMOGENEAS EN EL
DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE, SAN JOSÉ DEL GUAVIARE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

SEDE BOGOTÁ

2013-I

AUTORES

Limnología

Edian Andrés Herrera Tequia
eaherrerat@unal.edu.co

Gina Jazbleidy Díaz Rodríguez
gjdiazr@unal.edu.co

Jeisson Danilo Castro Salamanca
jedcastrosa@unal.edu.co

Stephany Orjuela Leon
sorjuelal@unal.edu.co

Vivian Andrea López García
vialopezga@unal.edu.co

Yenni Lizeth Alonso Moreno
ylalonsom@unal.edu.co

Vegetación

Alejandra Robles Sanchez
arobless@unal.edu.co

Christian Daniel Martinez Rodriguez
cdmartinezr@g.unal.edu.co

David E. Hernández Rodríguez
dehernandezr@unal.edu.co

David Felipe Rodriguez Mora
dfrodriguezmo@unal.edu.co

Guriwun Marcelina Torres Zalabata
gmtorresz@unal.edu.co

Rafael Humberto Ramirez Bastidas
rhamirez@unal.edu.co

Faunación

Alejandra Alvarez
aalvarez@unal.edu.co

Luisa Fernanda Liévano Latorre
lflievanol@unal.edu.co

Lina Marcela Ojeda Prieto
limojedapr@unal.edu.co

Liliana Paola Cardenas Mahecha
lpcardenasm@unal.edu.co

Rocío Delvalle Quevedo
rochibiologa@gmail.com

Comité editorial

Luisa Fernanda Liévano Latorre
Rocío Delvalle Quevedo
Jeisson Danilo Castro Salamanca
Vivian Andrea López García
David E. Hernández Rodríguez
Rafael Humberto Ramírez Bastidas

Profesores Directores

Gabriel Antonio Pinilla
Silvio Zuluaga
Edgar Camero Rubio

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Gabriel Pinilla, Silvio Zuluaga y Edgar Caméro por su dirección, acompañamiento y pedagogía durante todo el semestre.

A la Universidad Nacional de Colombia por brindarnos las herramientas para la óptima realización de las prácticas.

Al señor Javier Melo y su familia por brindarnos la mejor atención y amabilidad durante la estadía en Playa Güío

1. INTRODUCCIÓN	16
2. METODOLOGÍA	17
2.1. General	17
2.2. Particular	18
2.2.1 Vegetación	18
2.2.2 Artropofauna	19
2.2.3 Limnología	22
3. ASPECTOS REGIONALES DEL GUAVIARE	27
3.1. Aspectos geográficos	27
3.2. Geología y suelos	28
3.3. Clima e hidrología	29
3.4. Biomas	30
4. LLANURA ALUVIAL	32
4.1. Geomorfología: Unidades de paisaje	32
4.2. Selva inundable	32
4.2.1 Vegetación	32
4.2.2 Artropofauna	34
4.3. Lagunas	41
4.3.1. Parámetros físico-químicos e hidrológicos	42
4.3.2. Fitoperifíton	44
4.3.3. Macroinvertebrados	47
4.3.4. Fitoplancton	49
4.3.5. Zooplancton	53
4.4. Caño La María	56
4.4.1. Parámetros físico-químicos e hidrológicos	56
4.4.2. Fitoperifíton	58
4.4.3. Macroinvertebrados	59
4.5. Síntesis	61
5. SABANAS DE LA FUGA	62
5.1. Geomorfología: Unidades de paisaje	62
5.2. Sabana edáfica	62
5.2.1 Vegetación	62
5.2.2 Artropofauna	64
5.3. Bosque de Cañada	71
5.3.1 Vegetación	71
5.3.2 Artropofauna	73
5.4. Caño El Morro	81
5.4.1. Parámetros físico-químicos e hidrológicos	81
5.4.2. Fitoperifíton	83
5.4.3. Macroinvertebrados	85
5.5. Síntesis	
6. SERRANÍA DE LA LINDOSA	87

6.1. Geomorfología: Unidades de paisaje	87
6.2. Selva sobre Coluvios	87
6.2.1 Vegetación	87
6.2.2 Artropofauna	89
6.3. Matorral	97
6.3.1 Vegetación	97
6.4. Caño Pozos Naturales	98
6.4.1. Parámetros físico-químicos e hidrológicos	98
6.4.2. Fitoperifíton	100
6.4.3. Macroinvertebrados	102
6.5. Sabana Casmófito (Elementos Guayanese)	104
6.5.1 Vegetación	104
6.5.2 Artropofauna	104
6.6. Mata de Monte	108
6.6.1. Artropofauna	108
6.7. Síntesis	114
7. ANÁLISIS REGIONAL	115
7.1. Vegetación	115
7.1.1. Características edáficas	120
7.1.2. Índices de diversidad	121
7.1.3. Estereodiagramas	122
7.2. Artropofauna	124
7.3. Limnología	127
8. ANÁLISIS A NIVEL DE BIOMA	153
8.1. Vegetación	153
8.2. Artropofauna	159
9. SÍNTESIS REGIONAL	159
10. REFERENCIAS	161
ANEXO 1	173
11. POYECTOS LIBRES	176
11.1. Influencia de la capacidad de campo y la densidad aparente del suelo sobre la densidad de individuos de nocuito (<i>Vitex orinocensis</i> , Verbenaceae) en el estadio de plántula.	
11.2. Relación entre la densidad de plántulas y juveniles de la palma <i>Euterpe precatoria</i> (Arecaceae) y la distancia a la cual se encuentran de la palma parental en un bosque de llanura aluvial, Guaviare, Colombia.	
11.3. Evaluación de la diversidad de coleópteros en relación a la hojarasca y a la estructura del bosque de vega del río Guaviare (Colombia-Guaviare).	

11.4. Relación entre la biomasa, necromasa y pendiente en *Andropogon virgatus* cf. (Poaceae) de la Serranía La Lindosa, Guaviare.

11.5. Evaluación del pH y la humedad del suelo sobre la densidad de *Sobralia liliastrum* en diferentes estratos de afloramientos rocosos en la Ciudad de Piedra de la Serranía La Lindosa, Guaviare, Colombia

11.6. Densidad de morfoespecies de briofitos de dos ecosistemas de la Serranía de La Lindosa y su relación con la capacidad de campo del suelo.

11.7. Coloración y proporciones corporales en Curculionidae: adaptaciones a la Sabana Casmófito de la Serranía La Lindosa.

11.8. Abundancia de una planta carnívora (*Drosera cayennensis*) en relación con la disponibilidad de agua en el suelo.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.2.1.1. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo en la selva inundable

Tabla 4.2.2.1.1. Variables ambientales de la Llanura aluvial.

Tabla 4.2.2.2.1. Composición artropofaunística de la Llanura Aluvial.

Tabla 4.2.2.3.1. Índices de diversidad para la Llanura Aluvial.

Tabla 4.2.2.4.1. Valores de herbivoría para la Llanura Aluvial

Tabla 4.3.1. Fechas de muestreo y geoposicionamiento de los sistemas lénticos de la llanura aluvial del río Guaviare.

Tabla 4.3.1.1. Parámetros fisicoquímicos de los sistemas lénticos muestreados en la llanura aluvial.

Tabla 4.3.2.1. Índices de diversidad de los sistemas lénticos de San José del Guaviare.

Tabla 4.3.3.1. Índices de composición y diversidad macroinvertebrados

Tabla 4.3.4.1. Índices de diversidad de la comunidad de fitoplancton para los tres ecosistemas lénticos

Tabla 4.3.4.2. Producción primaria neta (PPN), Producción primaria bruta (PPB) y respiración en las lagunas muestreadas en la llanura aluvial

Tabla 4.3.4.3. Producción primaria, bruta y respiración en la Región de Carimagua, Meta, Colombia

Tabla 4.3.5.1. Índices de composición y diversidad- zooplancton

Tabla 4.4.1.1. Geoposicionamiento del caño La María en la llanura aluvial del río Guaviare.

Tabla 4.4.1.2. Parámetros fisicoquímicos del caño La María, llanura aluvial del río Guaviare (Colombia)

Tabla 4.4.2.1. Índices de diversidad del fitoperifiton del caño La María

Tabla 4.4.2.2. Producción primaria neta (PPN) y respiración en el caño La María

Tabla 4.4.3.1. Índices de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados del caño La María

Tabla 5.2.1.1. Índice de valor de Importancia para el estrato herbáceo en la Sabana Edáfica

Tabla 5.2.2.1.1. Variables ambientales en la Sabana La Fuga.

Tabla 5.2.2.2.1. Composición atropofaunística de la Sabana La Fuga.

Tabla 5.2.2.3.1. Índices de diversidad para la Sabana de La Fuga

Tabla 5.2.2.4.1. Valores de herbivoría para la Sabana La Fuga

Tabla 5.3.1.1. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo en el Bosque de Cañada

Tabla 5.3.2.1.1. Variables ambientales del Bosque de Cañada.

Tabla 5.3.2.2.1. Composición atropofaunística del Bosque de Cañada.

Tabla 5.3.2.3.1. Índices de diversidad para el Bosque de Cañada

Tabla 5.3.2.4.1. Valores de herbivoría para el Bosque de Cañada.

Tabla 5.4.1.1. Geoposicionamiento del caño muestreado en el bosque de galería de la sabana La Fuga.

Tabla 5.4.1.2.: Parámetros Físico-químicos e hidrológicos de la caño El Morro, Sabana La Fuga.

Tabla 5.4.2.1. Índices de diversidad del caño El Morro

Tabla 5.4.2.2. Producción primaria neta (PPN) y respiración en el caño El Morro, Bosque de Galería (Sabana La Fuga)

Tabla 5.4.3.2. Índices de diversidad de la comunidad de macroinvertebrado de la caño El Morro

Tabla 6.2.2.1.1. Variables ambientales en la Selva sobre Coluvios.

Tabla 6.2.2.2.1. Composición artropofaunística de la Selva sobre Coluvios.

Tabla 6.2.2.3.1. Índices de diversidad para la Selva sobre Coluvios

Tabla 6.2.2.4.1. Valores de herbivoría para la Selva sobre Coluvios.

Tabla 6.4.1.1. Geoposicionamiento del caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

Tabla 6.4.1.2. Parámetros Físico-químicos e hidrológicos del caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

Tabla 6.4.2.1. Índices de diversidad del perifiton en el caño Pozos Naturales

Tabla 6.4.2.2. Producción primaria neta (PPN) y respiración en el caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

Tabla 6.4.3.1. Índices de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados en el caño Pozos Naturales.

Tabla 6.5.2.1.1. Variables ambientales en la Sabana Casmófito

Tabla 6.5.2.2.1. Composición atropofaunística de la Sabana Casmófito.

Tabla 6.5.2.3.1. Índices de diversidad para la sabana Casmófito

Tabla 6.5.2.4.1. Valores de herbivoría para la Sabana Casmófito.

Tabla 6.6.1.1.1. Variables ambientales en Mata de Monte

Tabla 6.6.1.1.2. Características de un suelo intervenido por hormigas arrieras (Tomado de Cortés y León, 2003).

Tabla 6.6.1.2.1. Composición artropofaunística de la Mata de Monte.

Tabla 6.6.1.3.1. Índices de diversidad para la Mata de Monte

Tabla 6.6.1.4.1. Valores de herbivoría para la Mata de Monte

Tabla 7.1.1. Características edáficas de los tres tipos de sabana de la región del Guaviare. Sabana casmófito (Serranía de La Lindosa), Sabana edáfica (Sabana de La Fuga) y Matorral sobre afloramiento rocoso (Serranía de La Lindosa).

Tabla 7.1.2. Características edáficas de los tres tipos de Bosques de la región del Guaviare. Bosque sobre ladera rocosa (Serranía de La Lindosa), Selva Inundable (Playa Güio) y Bosque de cañada (Sabana de La Fuga).

Tabla 7.1.3. Índices de diversidad para los diferentes ecosistemas estudiados (Vegetación)

Tabla 7.2.1. Valores de las binomiales negativas para los ecosistemas estudiados en la Región Guaviare

Tabla 7.3.1. Variables fisicoquímicas en todos los sistemas acuáticos muestreados en la región del Guaviare.

Tabla 7.3.2. Variables hidrológicas de los sistemas lóticos de la región del Guaviare

Tabla 7.3.3. Valores propios y porcentajes de varianza para cada componente en el análisis PCA de las variables fisicoquímicas.

Tabla 7.3.4. Clasificación de las formas de vida de los taxones de fitoplancton hallados en los sistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare (Adaptado de: Des Abbayes *et al.*, 1989; Bellinger, 1992)

Tabla 7.3.5. Abundancias (ind/mL) de las formas del fitoplancton en las lagunas estudiadas en la región del Guaviare.

Tabla 7.3.6. Diversidad beta de Whittaker para el zooplancton en los sistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare

Tabla 7.3.7. Clasificación de las formas de vida de los taxones de algas del perifiton hallados en los sistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare (Steinman, 1996)

Tabla 7.3.8. Abundancias (individuos /cm²) de las formas de vida de las algas perifíticas en los sistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

Tabla 7.3.9. Clave numérica de los géneros de algas perifíticas encontrados en los ecosistemas lóticos y lénticos de San José del Guaviare, representados en la Figura 7.3.10.

Tabla 7.3.10. Índices de diversidad para la comunidad de macroinvertebrados los seis ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare.

Tabla 7.3.11. Índices de diversidad beta de la comunidad de macroinvertebrados para los ecosistemas acuáticos estudios en la región del Guaviare

Tabla 7.3.12. Gremios tróficos de la comunidad de macroinvertebrados para los ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

Tabla 8.1.1. Densidad de plántulas según cada ecosistema.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1. Fotografía aérea de la zona de estudio, resaltando las unidades homogéneas. Tomado de: Google Earth.

Figura 4.2.1.2. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva Inundable

Figura 4.2.1.3. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva Inundable

Figura 4.2.2.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el suelo de la Llanura Aluvial.

Figura 4.2.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Llanura Aluvial.

Figura 4.2.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Llanura Aluvial.

Figura 4.2.2.2.4.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato dosel de la Llanura Aluvial.

Figura 4.3.1. Mapa de la ubicación de los ecosistemas acuáticos muestreados en la Región del Guaviare.

Figura 4.3.1.1. PCA de variables fisicoquímicas en los 3 sistemas lénticos muestreados en la llanura aluvial.

Figura 4.3.2.1. Dominancia de géneros presentes en la laguna La María

Figura 4.3.2.2. Dominancia de géneros presentes en la laguna Negra

Figura 4.3.2.3. Dominancia de géneros presentes en la laguna Chiquita

Figura 4.3.3.1. Taxones de macroinvertebrados predominantes en los ecosistemas lénticos

Figura 4.3.3.2. Taxones de macroinvertebrados presentes en la Laguna Chiquita (izquierda) y gremios tróficos (derecha).

Figura 4.3.3.3. Porcentaje de taxones de macroinvertebrados presentes en la Laguna La María (izquierda) y gremios tróficos (derecha)

Figura 4.3.3.4. Porcentaje de taxones de macroinvertebrados presentes en la Laguna Negra (izquierda) y gremios tróficos (derecha)

Figura 4.3.4.1. Porcentaje de géneros de Fitoplancton en la Laguna La María.

Figura 4.3.4.2. Porcentaje de géneros de Fitoplancton en la Laguna Chiquita.

Figura 4.3.4.3. Porcentaje de géneros de Fitoplancton en la Laguna Negra.

Figura 4.3.5.1. Taxones predominantes de los ecosistemas lénticos muestreados

Figura 4.3.5.2. Porcentaje de taxones de zooplancton presentes en la Laguna Negra

Figura 4.3.5.3. Porcentaje de taxones de zooplancton presentes en la Laguna La María

Figura 4.3.5.4. Porcentaje de taxones de zooplancton presentes en la Laguna Chiquita.

Figura 4.4.1.1. Perfiles batimétricos del caño La María, llanura aluvial.

Figura 4.4.2.1. Dominancia de géneros fitoperifíticos presentes en el caño La María

Figura 4.4.3.1. Abundancia de familias (superior) y gremios tróficos (inferior) en el caño La María

Figura 5.2.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana de La Fuga

Figura 5.2.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana de La Fuga

Figura 5.2.2.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato del suelo de la Sabana de La Fuga.

Figura 5.2.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Sabana de La Fuga.

Figura 5.2.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Sabana de La Fuga.

Figura 5.3.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en el Bosque de Cañada

Figura 5.3.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo para el Bosque de Cañada

Figura 5.3.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato suelo del Bosque de Cañada

Figura 5.3.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante del Bosque de Cañada. La categoría Otros incluye los gremios fungívoro y hematófago.

Figura 5.3.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo del Bosque de Cañada. Otros incluyen los gremios fungívoro y hematófago. La categoría Otros incluyen los gremios parásito, parasitoide, polífago, fungívoro y hematófago.

Figura 5.3.2.2.4.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato dosel del Bosque de Cañada.

Figura 5.4.1.1. Perfiles batimétricos del caño El Morro, Bosque de galería (Sabana La Fuga).

Figura 5.4.2.1. Dominancia de géneros presentes en el caño El Morro

Figura 5.4.3.1. Abundancias de familias (superior) y gremios tróficos (inferior) en el caño El Morro

Figura 6.2.1.1. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo en la Selva sobre Coluvios

Figura 6.2.1.2. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva sobre Coluvios

Figura 6.2.1.3. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva sobre Coluvios

Figura 6.2.2.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato suelo de la Selva sobre Coluvios

Figura 6.2.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Selva sobre Coluvios

Figura 6.2.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Selva sobre Coluvios

Figura 6.2.2.2.4.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato dosel de la Selva sobre Coluvios

Figura 6.3.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en el matorral

Figura 6.3.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en el matorral sobre roca guyanesa

Figura 6.4.1.1. Perfiles batimétricos del caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

Figura 6.4.2.1. Abundancia de géneros del perifiton en el caño Pozos Naturales

Figura 6.4.3.1. Abundancia de familias (superior) y gremios tróficos (inferior) en el caño Pozos Naturales

Figura 6.5.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana Casmófito

Figura 6.5.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana Casmófito

Figura 6.5.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Sabana Casmófito

Figura 6.6.1.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato suelo de la Mata de Monte

Figura 6.6.1.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Mata de Monte

6.6.1.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Mata de Monte

Figura 7.1.1. Análisis de componentes principales (PCA) para los ecosistemas de Sabana y Matorral sobre afloramiento rocoso del índice foliar específico (IFE), masa foliar específica (MFE) y contenido hídrico, asociados a características edáficas. (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH).

Figura 7.1.2. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para los ecosistemas de sabana y matorral sobre afloramiento rocoso, asociados a características edáficas

(Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH).

Figura 7.1.3. Análisis de componentes principales (PCA) para los ecosistemas de bosque de índice foliar específico (IFE) y masa foliar específica (MFE), asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH).

Figura 7.1.4. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para los ecosistemas de bosque, asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH)

Figura 7.1.5. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para los ecosistemas de bosque, asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH).

Figura 7.1.6. Estereodiagrama de la Serranía de La Lindosa. Se muestra los distintos ecosistemas que se presentan en el paisaje. Realizó: David Hernández.

Figura 7.1.7. Estereodiagrama de la Selva inundable de la Llanura Aluvial. Se muestra los distintos ecosistemas que se presentan en el paisaje Arriba se ve un fragmento del río Guaviare. Realizó: Lina Ojeda

Figura 7.1.8. Estereodiagrama de la Sabana de La Fuga. Se muestra los distintos ecosistemas que se presentan en el paisaje. Realizó: Stephany Orjuela

Figura 7.2.1. Análisis de los Componentes Principales 1 y 2 para las variables físico químicas del suelo en cinco ecosistemas de la región del Guaviare. Las letras mayúsculas en rojo corresponden a los ecosistemas: A. Mata de Monte de La Serranía de La Lindosa. B. Selva Coluvial de la La Serranía de La Lindosa. D. Selva inundables de la Llanura de inundación. E. Bosque de Cañada de La Fuga. F. Sabana de La Fuga. Las variables incluidas en el análisis fueron pH, Textura (porcentaje de Arenas-%Are, porcentaje de Arcillas-%Arc y porcentaje de Limos -% lim), Materia orgánica (MO) y Conductividad (Cond.).

Figura 7.2.2. Análisis de Correspondencia Linearizado de las familias de artrópodos del suelo de cinco ecosistemas de la región del Guaviare. Las letras mayúsculas en rojo corresponden a los ecosistemas: A. Mata de Monte de La Serranía de La Lindosa. B. Selva Coluvial de la La Serranía de La Lindosa. D. Selva inundables de la Llanura de inundación. E. Bosque de Cañada de La Fuga. F. Sabana de La Fuga. Los números azules corresponden a las familias de artrópodos que aparecen detalladas en la tabla X. Sólo se incluyeron las familias que tuvieron un coeficiente de variación mayor al 100%.

Figura 7.2.3. Análisis de Correspondencia Linearizado de las familias de artrópodos de los compartimentos por encima de la superficie del suelo de seis ecosistemas de la región del Guaviare. Las letras mayúsculas en rojo corresponden a los ecosistemas: A. Mata de Monte de La Serranía de La Lindosa. B. Selva Coluvial de la La Serranía de La Lindosa.

C. Sabana Casmofita de La Serranía de La Lindosa. D. Selva inundables de la Llanura de inundación. E. Bosque de Cañada de La Fuga. F. Sabana de La Fuga.

Figura 7.3.1. Análisis de Cluster de las variables fisicoquímicas para el índice r de correlación de Pearson con el algoritmo de Promedio de agrupamiento de pares no ponderado (UPGMA).

Figura 7.3.2. Correlación entre cada variable y la puntuación del componente principal (PC). Donde A: PC1, B: PC2 y C: PC3.

Figura 7.3.3. Componentes 1 y 2 del PCA de las variables fisicoquímicas de los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare y sus variables representativas. Donde L.C: Laguna Chiquita, L.N: Laguna Negra, L.M: Laguna La María, Q.M: Caño El Morro, C.M: Caño La María y P.N: Caño Pozos Naturales

Figura 7.3.4. Porcentajes de las formas de vida del fitoplancton en las lagunas estudiadas en la región del Guaviare.

Figura 7.3.5. Análisis de similaridad Bray-Curtis, con las abundancias de formas de vida del fitoplancton presente en los ecosistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare

Figura 7.3.6. Taxones de zooplancton predominantes de los ecosistemas lénticos muestreados

Figura 7.3.7. Porcentajes de las formas de vida de las algas perifíticas en los sistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

Figura 7.3.8. Análisis de similaridad Bray-Curtis con las abundancias de formas de vida de las algas perifíticas presentes en los ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

Figura 7.3.9. DCA de las formas de vida de las algas del perifíton en los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare.

Figura 7.3.10. DCA de los géneros las algas del Perifíton en los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare. Los números que representan los taxones se listan en la Tabla 7.3.9.

Figura 7.3.11. CCA de las formas de vida de las algas del Perifíton en los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare

Figura 7.3.12. Abundancias de familias de macroinvertebrados en los seis cuerpos de aguas estudiados en la región del Guaviare.

Figura 7.3.13. Gremios tróficos de macroinvertebrados para todos los sitios de estudio.

Figura 7.3.14. Análisis de correspondencia linealizado (DCA) de la comunidad de macroinvertebrados para los seis ecosistemas estudiados en la región del Guaviare.

Figura 7.3.15. Análisis de correspondencia canónica (CCA) de la comunidad de macroinvertebrados de todos los sistemas acuáticos (lénticos y lóticos) estudiados en la región del Guaviare.

Figura 7.3.16. Análisis de correspondencia canónica (CCA) de la comunidad de macroinvertebrados para sistemas lóticos de la región del Guaviare. El análisis muestra el 100% de varianza. La tabla de código numérico para cada familia (Ver anexo)

Figura 7.3.17. CCA para los macroinvertebrados de los sistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare. Este análisis muestra el 100% de varianza

Figura 8.1.1. Principales áreas foliares presentes en la vegetación de los bosques estudiados.

Figura 8.1.2. Contenido de agua de las hojas en las diferentes sabanas y Matorral carsoquersofítico.

Figura 8.1.3. Relación entre área foliar y peso de las hojas para las sabanas de La Fuga, La Lindosa y el Matorral.

Figura 8.1.4. Relación entre área foliar y peso de las hojas para los bosques estudiados

Figura 8.1.5. Relación entre peso seco y área foliar de las hojas de las sabanas de La Fuga, La Lindosa y el Matorral

Figura 8.1.6. Relación entre peso seco y área foliar de las hojas para las sabanas de La Fuga, La Lindosa y el Matorral.

Figura 8.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en la región de San José del Guaviare.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Numeración dada a las familias de artrópodos representadas en el Análisis de Correspondencia Linealizado.

1. INTRODUCCIÓN

El departamento del Guaviare se encuentra dentro de la Amazonía colombiana, la cual es una de las regiones biogeográficas del país con mayor biodiversidad. Sus bosques son considerados despensas de diversos productos naturales como alimentos y artesanías, además de ser un importante refugio de especies vegetales y animales (Cardenas y Ramirez, 2004). El departamento del Guaviare presenta influencia no solo de la Amazonía, sino que también tiene un importante componente Guayanes y Orinocense, representados por la Serranía de La Lindosa y las Sabanas de La Fuga, respectivamente. Esta composición biogeográfica le ha dado reconocimiento ecológico al departamento, atribuyéndole zonas de reserva amazónicas y de afloramientos rocosos del precámbrico (Departamento del Guaviare, 2012).

Específicamente, la Serranía de La Lindosa constituye una de las pocas formaciones rocosas de la Amazonía colombiana que presenta un variado número de ecosistemas con características orinocenses, guyanesas y de la selva amazónica, y junto con la Serranía de la Macarena y la del Chiribiquete hace parte de la expresión más occidental del núcleo Precámbrico de Suramérica (Cárdenas *et al.*, 2008). Debido a la edad de esta formación, la vegetación que allí habita ha desarrollado adaptaciones fisiológicas y morfológicas que le permiten sobrellevar las condiciones extremas que imperan en dicha la zona (suelos poco desarrollados y muy pobres en nutrientes, cambios drásticos de temperatura entre el día y la noche, estrés hídrico, fuerte exposición a los vientos, entre otras) y se asemeja en su apariencia fisionómica a las formas encontradas en los páramos andinos (Cárdenas *et al.*, 2008). Sin embargo, dada la diversidad de agrupaciones de formas de vida, existen diferentes biomas que hacen parte de los paisajes allí encontrados.

Debido a la gran diversidad de hábitos, formas y funciones que presentan las especies de insectos, pueden tener impactos positivos o negativos para el hombre. Dentro de las que causan impactos negativos se conocen aquellas que actúan como vectores de enfermedades (Uribarren, 2013), atacan cultivos (Selfa y Anento, 1997), o son considerados plaga. Pero realmente la mayoría son benéficas, ya que brindan servicios ecosistémicos como la polinización (Ollerton, 1999), la cual es indispensable para la reproducción de casi todas las plantas. Los insectos además son controladores biológicos de artrópodos considerados plagas. Muchos son detritívoros, que se alimentan de plantas y animales muertos o en descomposición. Técnicamente, la mayoría se alimentan realmente de una mezcla que incluye bacterias, hongos, nemátodos y otros organismos diminutos que se encuentran en el tejido muerto y actúan en su descomposición, lo que los hace ecológicamente importantes. Estos insectos son relativamente grandes y móviles, por lo que pueden dispersar grandes cantidades de detritos (Triplehorn y Johnson, 2005), a tal punto que podrían llevar a cabo una redistribución a gran escala del detrito y así contribuir directamente a la estructura del suelo (Begon *et al.*, 2006). Al representar un primer paso en la descomposición de tejidos, tienen también un papel importante en el ciclaje de materia, que posteriormente será descompuesta por organismos más pequeños, permitiendo de esta manera el curso de los ciclos biogeoquímicos (Begon *et al.*, 2006)

En el presente estudio se pretende hacer un primer acercamiento a la composición, estructura y función de la artropofauna, vegetación y aspectos limnológicos en varios ecosistemas del municipio San José del Guaviare. Para ello se aplicaron diferentes

metodologías que permitan la caracterización y análisis de los niveles ecológicos a diferentes escalas, que van desde el ecosistema hasta el nivel de región.

2. METODOLOGÍA

2.1. General

Para la realización del estudio regional, se estudiaron en primer lugar las características físicas y vegetacionales que influyen en la diferenciación ecológica del área de estudio. Para ello, se examinaron los factores topográficos, geológicos, geomorfológicos y climáticos de la zona. Posteriormente, se realizó la delimitación y caracterización de las unidades ecológicas regionales (*i.e.*: zonas que presentan cierta homogeneidad ecológica). Las unidades establecidas presentan un grado de homogeneidad en los rasgos esenciales del ambiente y la vegetación (Sarmiento *et al.*, 1971).

Este método se conoce como enfoque paisajístico (Mabbutt, 1960, citado por Sarmiento, *et al.* 1971) y se basa en la identificación de tipos de relieve (con ayuda de fotografías aéreas), tipos de suelo y tipos de vegetación. A partir de estos, se establecieron patrones, que a su vez permiten el establecimiento de las unidades homogéneas (sistemas de relieve). Una vez identificados, los sistemas de relieve se agruparon en paisajes. La fase siguiente fue la realización del muestreo en campo de las unidades regionales determinadas previamente. Por último, se procedió a los análisis de laboratorio necesarios y se describieron los componentes de cada sistema. El estudio regional posee un enfoque ecológico porque se quiere resaltar el carácter integral del estudio del paisaje, tomando como base el ecosistema (Sarmiento *et al.*, 1971).

El área de estudio comprendió principalmente tres zonas homogéneas caracterizadas por presentar diferentes patrones geomorfológicos y definidas por distintos ecosistemas. Se encuentran ubicadas en el departamento del Guaviare, en el municipio de San José del Guaviare, en cercanías a la cabecera municipal. Se definieron entonces como zonas homogéneas: la llanura aluvial del río Guaviare (con los ecosistemas de Bosque inundable, Laguna Negra, Laguna Chiquita y Caño La María), que influencia directamente la Reserva de la Sociedad Civil Playa Güío, sitio de campamento durante doce días. Adicionalmente, se trabajó en la Serranía de La Lindosa (Bosque de Coluvios, Sabana Casmófitas, Matorral y Pozos Naturales) y finalmente en la Sabana de La Fuga (Bosque de Cañada, Sabana Edáfica y caño El Morro). En la Figura 2.2.1. se puede apreciar la distribución espacial de estas zonas en el departamento del Guaviare.



Figura 2.2.1. Fotografía aérea de la zona de estudio, resaltando las unidades homogéneas.
Tomado de: Google Earth.

2.2. Particular

2.2.1. Vegetación

Sabanas

A partir de cuadrantes de 50 cm de lado se evaluó el número de plántulas y especies del estrato rasante (tamaño max. 10 cm), con dos replicas por cuadrante. En el estrato herbáceo, donde se observaron plantas que no superan los 30 cm de altura, se levantaron cuadrantes de 3 m de lado, en los que se contaron los individuos para macollas, monocotiledóneas y dicotiledóneas; se realizaron dos replicas por cuadrante. Los arbustos se evaluaron en cuadrantes de 5 m de lado con dos replicas por cuadrante y ellos se contó el número de individuos. Finalmente, para el levantamiento de árboles se realizó un cuadrante de 10 m de lado, contando el número de individuos. Adicionalmente, se muestrearon nueve hojas por morfoespecie de individuos diferentes, de las cuales se tomaron fotografías y se midió su peso fresco en el campamento.

Bosques

Se levantaron parcelas de 25 m² para el conteo de individuos pertenecientes a morfotipos tales como bejucos, helechos, hierbas, plántulas y arbustos. En tres cuadrantes de 100 m² cada uno, se contó el número de individuos. Los árboles se evaluaron a partir de tres cuadrantes de 500 m² en los que se contó el número de individuos y se registró su diámetro a la altura del pecho (DAP). Para la descripción del ecosistema se tuvo en cuenta el grado de epifitismo en el fuste y en la copa, observando el porcentaje de líquenes, musgos, helechos, bromelias y orquídeas. Para herbáceas y arbustos se tomaron nueve hojas por morfoespecie a partir de individuos diferentes; una vez en el campamento se pesaron en fresco y se fotografiaron. Para concluir la toma de datos en campo, se recolectó hojarasca en tres cuadrantes de 10 m de lado para cada ecosistema.

Suelos

Se tomó una muestra de suelo de 10 cm x 10 cm x 40 cm (monolito) en cada ecosistema para analizar el contenido orgánico en el suelo y el peso fresco de raíces. La características de los horizontes del suelo se estudiaron mediante una calicata de aproximadamente 1 m de profundidad. Se tomaron muestras de suelo con tubos Shelby para determinar posteriormente en laboratorio la máxima retención de agua del suelo y su densidad aparente.

En el laboratorio se calcularon Índices Foliare Específicos (IFE), que relacionan el área foliar con el peso seco (*área foliar/peso seco*), Índices de Masa Específicos (MFE) que relacionan el peso seco y el área foliar (*peso seco/área foliar*) y valores de contenido de agua que relaciona el peso fresco y peso de las hojas (*peso fresco/peso seco*). Se obtuvieron además los siguientes parámetros: i) peso seco de raíces/volumen de suelo retirado, ii) capacidad de campo o de maximización de la retención de agua por el suelo, para lo cual los tubos Shelby se cubrieron con anejo y se colocaron en bandejas con agua para llevar el suelo hasta la saturación hídrica; se pesó el tubo con el suelo con la máxima retención de agua y se colocó en estufa por 24 horas a 70 °C; pasado este tiempo se registró el peso seco; la diferencia arroja el porcentaje de retención de agua al multiplicarlo por 100; iii) densidad aparente del suelo a partir del volumen del tubo Shelby y el peso seco del suelo (*peso seco suelo/volumen del cilindro*); iv) contenido de materia orgánica mediante la incineración en mufla a 600 °C por 5 horas de una porción de suelo seco previamente pesado en un crisol pequeño; después de la combustión el suelo se pesó nuevamente y se calculó la diferencia para obtener el % d materia orgánica; v) textura por medio del método de Bouyoucos, que permite establecer los porcentajes de arenas, limos y arcillas; vi) pH y conductividad medidos con sondas portátiles en una solución de 1 g de suelo en 5 ml de agua desionizada.

Finalmente las variables físicas edáficas obtenidas fueron: capacidad de campo (%), densidad aparente del suelo (g/ml), textura del suelo, densidad de raíces, pH y conductividad. Las variables bióticas de interés fueron: IFE, MFE, área foliar y contenido de agua de las hojas.

Los análisis estadísticos se corrieron por medio del paquete estadístico de Excel 2010 y PAST.

2.2.2. Artropofauna

2.2.2.1. Nivel de ecotopo

Dentro de cada sitio de muestreo, el análisis de la artropofauna se orientó a los diferentes estratos (o compartimentos) presentes en cada ecosistema. Dentro de ellos se abordaron el estrato edáfico o interior del suelo, y sobre la superficie del suelo los estratos rasante, herbáceo y de dosel (arbóreo).

Para caracterizar el estrato edáfico, se tomaron dos muestras de 1000 cm³ de suelo, que se utilizaron para realizar análisis físico-químicos. Se obtuvieron variables de pH, conductividad, materia orgánica y los porcentajes de arenas, arcillas y limos para establecer a la textura del suelo (ver métodos explicados anteriormente). La recolección de individuos se basó en la trampa Berlesse (Sabu *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 2009; Sackmann, 2006), de la cual se hicieron cinco (5) réplicas por ecosistema muestreado.

Para los demás estratos se midieron las variables físicas de temperatura y humedad relativa mediante la instalación de un termohigrómetro a una altura de más o menos 1,50 m sobre el suelo. Las trampas estuvieron activas durante aproximadamente 24 horas; en todos los casos se usó como cebo atún, y todos los recipientes colectores tuvieron una mezcla de agua, jabón y alcohol, como modificación a la propuesta de Márquez (2005) de utilizar solo agua con jabón.

El método de recolección para cada estrato aéreo fue diferente. En el estrato rasante se utilizaron cinco (5) trampas pitfall por ecosistema, ubicadas en un transecto de cinco (5) metros, cada una separada de la otra por un metro (Villarreal *et al.*, 2004; Sabu *et al.*, 2011). En el estrato herbáceo se realizaron cinco (5) jameos de 100 pases y se instaló una trampa Malaise (Hutcheson y Jones, 1999; Sackmann, 2006) y una trampa de intercepción de vuelo (Márquez, 2005) y en el estrato del dosel (arbóreo) se utilizó un cubo de dosel.

En campo se etiquetaron y separaron los insectos recolectados para su posterior determinación en el laboratorio en Bogotá. Una vez allí, con el uso de claves taxonómicas, se catalogaron los individuos en familias siguiendo las claves de Triplehorn y Johnson (2006).

Al nivel de los ecotopos se realizaron tres análisis: abundancia y riqueza por estrato, evaluación de la calidad de muestreo, y determinación de la biomasa y su distribución en gremios tróficos (basados en Triplehorn y Johnson, 2006) (Ruíz-Montoya y Castro-Ramírez, 2005). Para ello, los individuos colectados, determinados hasta el nivel de familia, se contabilizaron, se determinó el tamaño promedio y se les asignó un gremio trófico por consulta bibliográfica.

Para los datos de las trampas con réplicas (*i.e.*: Berlesse en el suelo, “pitfall” en el estrato rasante y jameo en el estrato herbáceo), se evaluó la calidad del muestreo, esto para cada estrato en cada ecosistema. Para ello se utilizó el método de binomiales negativas que determina el número apropiado de unidades muestrales (Ecuación 2.2.2.1.1).

$$P(x) = \binom{x-1}{x-t} q^{x-t} \times p^k$$

Ecuación 2.2.2.1.1. Ecuación de binomiales negativas donde k es el número apropiado de unidades muestrales, t son los grados de libertad, p corresponde a la probabilidad de 0,04%, np es el número de muestras, S la mediana y X la media.

Por último, con las abundancias y tamaños se determinó la biomasa de cada familia en cada trampa mediante la fórmula propuesta por Stork y Blackburn (1993), modificada a partir de Rogers *et al.* (1976) (Ecuación 2.2.2.1.2).

$$Bc = N (0,0305 L^{2,62})$$

Ecuación 2.2.2.1.2. Ecuación de biomasa donde Bc es biomasa en miligramos, N es abundancia en número de individuos y L es la media geométrica de del tamaño corporal para las clases de tamaño relevantes, en milímetros.

Una vez obtenida la biomasa para cada familia, y asignado el gremio trófico dominante, se realizaron gráficas que muestran la distribución de dichos gremios a nivel de estrato.

2.2.2.2 Nivel de ecosistema

Se muestrearon seis ecosistemas en tres zonas homogéneas correspondientes a la Mata de Monte, la Selva sobre coluvios y la Sabana Casmoftica presentes en la zona de la Serranía de La Lindosa; la Selva Inundable presente en la Llanura Aluvial; y el Bosque de Cañada y la Sabana de la zona homogénea de La Fuga.

A este nivel se realizaron cuatro procedimientos: los análisis de diversidad, equitatividad y dominancia; la determinación de biomasa y su distribución en gremios tróficos; y la determinación de la herbivoría.

El primer procedimiento tuvo en cuenta la abundancia (número de individuos) y la riqueza (número de familias) de cada ecosistema. Así mismo, mediante el software PAST 2.17® se calcularon los índices de diversidad de Shannon y Brillouin, la dominancia y equitatividad de Simpson, y la equitatividad de Pielou (Hammer *et al.*, 2001). Para el segundo procedimiento se tuvieron en cuenta los datos obtenidos a nivel de estrato y se elaboró una gráfica de distribución de biomasa en gremios tróficos a nivel general de cada uno de los ecosistemas.

En la escala ecosistémica se determinó la cantidad de herbivoría que sufre la vegetación dominante. Para ello se establecieron las tres (3) morfoespecies de plantas dominantes en cada ecosistema. De cada morfotipo se tomaron al azar diez individuos y de ellos diez hojas jóvenes (García, 2005). Posteriormente se determinó el tipo de herbivoría (dentro de las categorías de defoliación, minación y agallas) de cada hoja, se les determinó el peso fresco y seco, así como el área foliar consumida y potencial. Las áreas de las hojas y de las zonas de la hoja consumida se calcularon con el software ImageJ® (García, 2005; Adams *et al.*, 2009). Estos datos se emplearon en la Ecuación 2.2.2.2.1, para determinar los porcentajes de herbivoría para cada una de las hojas (Dirzo *et al.*, 2012).

$$LH = (PLA - ALA) / PLA \times 100$$

Ecuación 2.2.2.2.1. Determinación de área ausente de hojas para estimación de porcentaje de herbivoría, donde LH es área ausente, ALA es área presente y PLA es el área potencial.

A partir de dichos datos se asignó a cada una de las hojas una de las siguientes categorías propuestas por Dirzo *et al.* (2012), que diferencian el grado de herbivoría en seis rangos: 0=hojas sin herbivoría; 1=1 – 5% de herbivoría; 2=6–12%, 3= 13–25%, 4=26–50% y 5=51–100%. El conjunto de hojas por individuo se utilizó para definir el índice de herbivoría (IH) por medio de la Ecuación 2.2.2.2.2 (Medinaceli *et al.*, 2004; Hladun y Adler, 2009).

$$IH = \sum (x_i \cdot c_i) / N$$

Ecuación 2.2.2.2.2. Índice de herbivoría (IH) donde x_i es número de hojas con daño en la categoría de daño (c_i) y N es el número total de hojas.

2.2.2.3. Niveles de zona homogénea y regional

A nivel regional se realizó la curva de calibración de familias usando la información obtenida mediante el software EstimateS 9.1.0® y las gráficas se realizaron en Excel®. Nuevamente, sólo se evaluó la calidad del muestreo para las trampas con réplicas, *i.e.*: Berlesse (suelo), “pitfall” (rasante) y jameo (herbáceo).

Dentro de este enfoque regional y por zonas homogéneas, los datos de abundancias de las diferentes familias en los ecosistemas se utilizaron para hacer Análisis de Correspondencia Linealizados (DCA). Estos permiten observar la distribución de los ecosistemas de acuerdo a las familias presentes, así como la afinidad de las familias por cada ecosistema, lo cual diferencia o agrupa zonas y regiones. Adicionalmente, se realizó un DCA general sin discriminar compartimentos, un DCA separado para suelos y uno para la parte superficial.

2.2.2.4. Nivel de bioma

A nivel de bioma se elaboró una gráfica de distribución de biomasa de los gremios tróficos con el uso de toda la información recolectada en las diferentes trampas de muestreo en los estratos de todos los ecosistemas.

2.2.3 Limnología

Para el análisis del componente limnológico se realizó el muestreo de seis ecosistemas acuáticos, 3 lóticos y 3 lénticos. Para cada ecosistema se determinaron tres puntos de muestreo para la toma de todas las variables de campo. Estas fueron: temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, pH, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno, las cuales se midieron con un equipo multiparamétrico Hach HQ40d Rugged. La transparencia se determinó con un disco Secchi y un periscopio cuando fue necesario. Para los ecosistemas lóticos se valoró en estos mismos puntos la velocidad superficial de la corriente mediante la estimación del tiempo de viaje de un objeto en una distancia determinada; también se midió el ancho y profundidad del cauce, esta última cada 0,5 a 1 m dependiendo del ancho del cauce.

La concentración de ortofosfatos, nitratos y amonio se midió en muestras integradas de agua recolectadas en los tres sitios de cada ecosistema, las cuales se acidificaron hasta pH 2 para su posterior análisis en el Laboratorio de Ecología en Bogotá. Estas determinaciones se realizaron en un espectrofotómetro Hach DR2000, en la muestra filtrada, siguiendo las recomendaciones de APHA (1995). Los sólidos suspendidos totales se determinaron filtrando entre 0,3 y 0,5 L de agua a través de filtros de fibra vidrio. Los filtros se secaron a 60°C y posteriormente se incineraron en mufla a 600°C, según la metodología dispuestas para la determinación de sólidos en APHA (1995).

Independientemente de los tres puntos de muestreo, se valoraron las siguientes variables para los sistemas lóticos:

El caudal, para el cual se usaron dos metodologías; la primera consistió en multiplicar el ancho, la profundidad media y la velocidad del agua; la segunda siguió varios pasos. Primero se precisó previamente la velocidad de salida de agua de un bidón plástico (volumen/segundo) con manguera. Esta velocidad de vertido del bidón se utilizó para calcular un factor KS (mg/segundo). El segundo paso fue preparar una solución salina de

500 g/l de NaCl dentro del bidón plástico. Esta se vertió al agua a través de la manguera de salida del bidón. Se registró la conductividad varios metros abajo del sitio de vertido cada 10 segundos, hasta que las lecturas alcanzaron su máximo valor y se estabilizaron. La distancia a la cual se hicieron las mediciones de conductividad se estableció mediante la ecuación de Yotsukura (Chapra, 1997). En los casos en que se empleó esta metodología, la ecuación arrojó distancias muy grandes, por lo que el punto de toma de conductividad se definió arbitrariamente.

Para evaluar el transporte de materia orgánica particulada gruesa se sumergieron 3 trampas de deriva hasta 2/3 partes de área durante el tiempo que se estuvo en el sitio (3 a 4 horas). Las trampas se amarraron a la vegetación ribereña. Una vez recogidas las trampas, el material colectado se dejó secar sobre papel periódico. En el laboratorio se secó en un horno a 60°C durante 24 horas y se separaron rocas y otros compuestos inorgánicos; posteriormente se pesó en una balanza de precisión (0,0001g) según lo dispuesto por Hauer y Lamberti (2007). Se hicieron cálculos de materia orgánica transportada en gramos de peso seco por área y tiempo.

Para determinar la retención de materia orgánica particulada gruesa se liberó una cantidad fija de aserrín previamente tinturado y secado en Bogotá. El aserrín se humedeció desde la noche anterior a su utilización en el río. Al final de un tramo, a una distancia conocida, se ubicó una red de pantalla para capturar el material no retenido, haciendo en lo posible 2 réplicas del proceso. El tiempo de exposición dependió de la distancia (3m=10 minutos, 10m=20 minutos, 20m=40 minutos). La fracción que se capturó con la trampa se almacenó en bolsas resellables. En el laboratorio este aserrín se secó y pesó. La retención se estimó en términos de porcentaje, por la diferencia entre el peso seco inicial liberado y el peso seco de la fracción que no es retenida en el tramo.

También se midieron la producción y la respiración en sistemas lóticos y lénticos de la siguiente manera:

La producción primaria neta, la respiración y la producción primaria bruta se valoró en los ambientes lénticos mediante la técnica de las botellas claras y oscuras. Se emplearon botellas DBO de 300 mL y se siguió el protocolo propuesto por Bonilla y Guillot (2003). El oxígeno antes y después de la incubación se midió con un kit de oxígeno Hanna (técnica miniwinkler).

Los cálculos de producción primaria se realizaron con las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{PPN} &= (B - K) / t \\ R &= (K - D) / t \\ \text{PPB} &= (B - D) / t \end{aligned}$$

Ecuación 2.2.3.1. Cálculo de la producción primaria. PPN: Producción primaria neta (mg O₂ / h / l), R: Respiración (mg O₂ / h / l), PPB: Producción primaria bruta (mg O₂ / h / l), B: OD final de la botella clara, D: OD final de la botella oscura, K: OD inicial, t: Tiempo en horas de incubación.

Para los ambientes lóticos se emplearon cámaras de incubación claras y oscuras. Estas se llenaron con agua del ecosistema, se colocó hojarasca en el fondo de las cámaras y se dejaron incubar por el tiempo que se permaneció en el sitio. Se midió oxígeno disuelto

antes y después de la incubación con la sonda del equipo multiparamétrico Hach. Para determinar la producción primaria bentónica en los ríos se usó la siguiente ecuación:

$$\text{PNC}_{\text{área}} = (\text{O}_{2t2} - \text{O}_{2t1}) * V * S^{-1} t^{-1}$$

$$\text{PNC}_{\text{área}} = \left(\frac{\Delta \text{O}_2}{\Delta t} \right) * \left(\frac{V}{S} \right)$$

Ecuación 2.2.3.2. Cálculo de la producción primaria bentónica. $\Delta \text{O}_2 = \text{O}_{2t2} - \text{O}_{2t1}$: variación de oxígeno a lo largo de la incubación, V: volumen de agua dentro de la cámara (en m^3), S: superficie de sustrato (m^2), $\Delta t = t_2 - t_1$: duración de la incubación

El procesamiento numérico y estadístico de los datos fisicoquímicos e hidrológicos (mediante los programas Excel y Past) incluyó una descripción general de cada ecosistema de acuerdo al comportamiento de estas variables, la realización de un análisis de correlaciones entre las variables fisicoquímicas: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$), pH, concentración de oxígeno disuelto (mg/L), nitrógeno/amonio, nitratos, fosfatos y sólidos suspendidos totales (mg/L), y un análisis de componentes principales PCA con estas mismas variables. De esta manera se exploró la influencia de cada variable en los ecosistemas acuáticos estudiados. Para el PCA se tuvieron en cuenta los distintos puntos muestreados por ecosistema. Se hizo adicionalmente análisis de cluster por correlaciones.

Para la caracterización y descripción de la comunidad de perifiton se realizaron raspados de rocas y otros sustratos con un cepillo de dientes o un bisturí. La muestra se tomó en un área idéntica para cada uno de los sustratos, excepto en el caño Pozos Naturales, donde el área de raspado fue mayor que en el resto de ecosistemas. Sin embargo, todos los datos se normalizaron a organismos por cm^2 . El número de sustratos se definió de acuerdo al tamaño y forma que presentó cada cuerpo de agua. Las muestras se almacenaron en frascos plásticos rotulados, que contenían 50 mL de solución transeau (este volumen se modificó de acuerdo a la cantidad de la muestra obtenida). Los frascos se almacenaron en una nevera de poliestireno. En el Laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá se identificaron y cuantificaron los organismos encontrados en cada muestra con ayuda de bibliografía especializada. Solamente se estudiaron las algas del perifiton, es decir el fitoperifiton.

La composición y estructura de la comunidad de perifiton de cada ecosistema estudiado se valoraron mediante los índices de dominancias de Simpson, uniformidad de Pielou, equitabilidad de Simpson y diversidad de Shannon. Se realizaron histogramas y diagramas para los géneros y formas de vida presentes en cada cuerpo de agua. Para el análisis regional se realizaron análisis de correspondencias linealizados (DCA) para observar los taxones más determinantes en la diferenciación entre cuerpos de agua, y un análisis de correspondencia canónica (CCA) para relacionar el patrón de distribución de los taxones por sitios, de acuerdo a las características físico-químicas de los mismos. Para el procesamiento de datos y la obtención de resultados estadísticos se usaron los programas Excel y Past.

Las metodologías empleadas para la captura de macroinvertebrados se determinaron según el tipo de sustrato presente en el sitio de muestreo. Se usó la red de Surber para la colecta sobre sustratos rocosos, hojarasca y gravas y en sustratos arenosos y lodosos se empleó un nucleador. Para la vegetación ribereña y las macrófitas se utilizó una red

Thienneman haciendo pases a lo largo de las zonas donde fue posible realizarlos. Para cada uno de los sustratos muestreados se realizaron tres réplicas en cada ecosistema. Las muestras se almacenaron en bolsas resellables con alcohol al 70%. La limpieza de las muestras se realizó en campo el mismo día de recolección y los organismos se almacenaron en frascos con alcohol al 70%. La determinación taxonómica de los individuos colectados se realizó con claves hasta familia y la determinación de gremios tróficos con de acuerdo con Rodríguez-Barrios *et al.* (2011).

La composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados en cada ecosistema estudiado se valoraron mediante los índices de diversidad de Simpson, Pielou, Equitabilidad y Shannon. Se realizaron histogramas y diagramas para las familias y gremios tróficos presentes en cada cuerpo de agua. Para el análisis regional se realizaron análisis de correspondencias linealizados (DCA) para observar los taxones más determinantes en la diferenciación entre cuerpos de agua, y un análisis de correspondencia canónica (CCA) para relacionar el patrón de distribución de los taxones por sitios con las características físico-químicas de los mismos. Para el procesamiento de datos y la obtención de resultados estadísticos se usaron los programas Excel y Past.

Para el muestreo de fitoplancton, en cada ecosistema léntico se filtraron 150 litros de agua a través de la red de fitoplancton utilizando un balde de 10 litros. Las muestras de fitoplancton se preservaron con solución transeau, agregada en igual cantidad al volumen de la muestra obtenida del filtrado. En cada sitio se tomó también una muestra integrada, para lo cual se extrajo volúmenes de agua a varias profundidades y se mezcló en un balde; de esta muestra integrada se conservaron 250 ml en un frasco plástico y se preservaron con lugol concentrado hasta que la mezcla tomó un color café oscuro (color brandy). En el laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá se identificaron y cuantificaron los organismos encontrados en cada muestra. Para el esto se emplearon cámaras de sedimentación de Utermöhl o cámaras Sedgewick-Rafter.

Para calcular la densidad los conteos de algas filamentosas, se contó cada filamento como un organismo, al igual que las colonias, para obtener resultados en organismos/área en la cámara. Los datos se se reportaron en organismo por mL con la fórmula sugerida por Ramírez (2011):

$$D = \frac{N \times A_1 \times V_1}{A_2 \times V_2 \times V_3}$$

Ecuación 2.2.3.3. Densidad de conteos de algas filamentosas.

D = organismos/mL

N = Número de organismos contados

A1 = Área total del fondo de la cámara de sedimentación (mm²)

V1 = Volumen total de suspensión original de la muestra (mL del frasco)

A2 = Área contada (campos o bandas) (mm²)

V2 = Volumen de muestra usada en la cámara (mL)

V3 = Volumen muestreado del lago (mL)

La composición y estructura de la comunidad de fitoplancton en cada ecosistema estudiado se valoraron mediante los índices de dominancias de Simpson, uniformidad de

Pielou, equitabilidad de Simpson y diversidad de Shannon. Se realizaron histogramas y diagramas para los géneros y formas de vida presentes en cada cuerpo de agua.

Para el estudio del zooplancton en los ambientes lénticos se seleccionaron dos puntos en los cuales se recolectaron muestras de arrastres vertical y horizontal y filtración con balde de un volumen conocido que se determinó según las condiciones del sitio. El arrastre vertical consistió en llevar la red hasta el fondo del lago y arrastrarla rápidamente hacia la superficie. Se registró la profundidad y el número de réplicas realizadas. La filtración con balde se realizó pasando volúmenes de agua conocidos a través de la red de zooplancton de 80 micras de poro. El arrastre horizontal se hizo en uno de los puntos cercano a la orilla; para este caso se midió la distancia horizontal y se arrastró la red por la superficie del agua. Todas las muestras recogidas con la red se almacenaron en frascos de 250 mL y se preservaron con una solución de formol al 4%.

La clasificación taxonómica se hizo con claves especializadas. Se utilizó la fórmula del volumen de un cilindro para calcular la cantidad de agua filtrada por la red en los arrastres horizontal y vertical, como lo muestra la Ecuación 2.2.3.4. donde VC representa el total de volumen filtrado en el arrastre horizontal o vertical y Nr es el número de réplicas realizadas. Se hicieron diagramas de barras y tortas para analizar la abundancia y diversidad del zooplancton en los distintos sitios de estudios.

$$VC = (\pi * r^2 * h) * Nr$$

Ecuación 2.2.3.4. Cálculo del volumen filtrado en un arrastre vertical u horizontal

$$DZ = \frac{\left(\frac{VC * \left(\frac{Na * Vf}{Va} \right)}{Vf} \right)}{VT}$$

Ecuación 2.2.3.5. Cálculo de densidad de zooplancton paracada método, donde Vf= volumen de solución en el frasco, Na= número de individuos en el volumen analizado, Va= volumen analizado y VT= volumen total

La densidad de zooplancton se calculó para cada ecosistema mediante la sumatoria por método de cada taxón, para lo cual se utilizó la ecuación Y, donde DZ es la densidad de zooplancton para una zona con determinado método y VC corresponde en este caso al volumen total filtrado con el método específico.

3. ASPECTOS REGIONALES DEL GUAVIARE

3.1. Aspectos geográficos

El departamento de Guaviare está ubicado en la parte norte de la Amazonía colombiana, tiene una extensión total de 55.794 km² y limita al norte con los departamentos de Meta y Vichada, por el Oriente con Guainía y Vaupés, por el Sur con Caquetá y Vaupés y por Occidente con los departamentos de Meta y Caquetá. El departamento cuenta con cuatro municipios (San José del Guaviare, El Retorno, Calamar y Miraflores) y 328 veredas. Un porcentaje de la población es indígena (4,1%), distribuida en 13 grupos étnicos pertenecientes a las familias lingüísticas Tukano oriental, Guahibo, Makú, Puinave y Arawak. Los asentamientos indígenas ocupan el 19,2% del territorio. Asimismo, el Guaviare cuenta con una importante fracción de población afrocolombiana (5.270 habitantes). La población se centra en el municipio de San José del Guaviare (Departamento de Guaviare, 2012)

Dentro del departamento es posible encontrar elementos tanto orinocenses como amazónicos, ya que la región cuenta con una cobertura original de 70% bosques, 30% de sabanas naturales y 8,47% de afloramientos rocosos. El 79,73% del territorio corresponde a tierra firme y el 3,41% a terrazas antiguas. Dentro del departamento hay una alta tasa de deforestación y praderización, y a su vez, áreas naturales protegidas legalmente (22,2% del territorio). Igualmente, el Guaviare cuenta con una gran red hídrica de ríos de aguas blancas (Andes), negras y claras (Orinoco y Amazonas), siendo los más importantes los ríos Guaviare e Inírida al norte, y las cuencas de los Ríos Vaupés, Apaporis, Ajajú y Papunaúa al sur. La llanura aluvial de los ríos andinos corresponde al 2,66% del departamento, y la de los ríos amazónicos al 3,02%; el restante 2,71% es completado por valles menores (Departamento de Guaviare, 2012).

San José del Guaviare es la capital del departamento, fundada en 1938 y erigida como municipio en 1976. Limita al norte con el departamento del Meta, al sur con los municipios de Calamar y El Retorno, al oriente con el departamento de Guainía y al occidente con el departamento de Caquetá. San José se encuentra ubicado a 376 Km de Bogotá y 278 Km de Villavicencio. El municipio ocupa 1'660.000 Ha, correspondientes al 30% del departamento. Se encuentra a una altura promedio de 175 m y presenta una temperatura promedio es de 25°C. Dentro de sus límites se encuentra el río Guaviare (compartido con el departamento del Meta) y el río Inírida (con el departamento del Vichada). Cuenta con un relieve plano-ondulado y llanuras aluviales. Es posible encontrar geformas como planicies de denudación, terrazas, meandros abandonados y diques naturales (Municipio San José del Guaviare, 2012).

Dentro del municipio se encuentran cuatro reservas Diamante de las Aguas, Reserva Forestal Protectora Serranía de La Lindosa, El Capricho, Mirolindo y Cerritos, Reserva Forestal Protectora Caños La Esperanza y Aguabonita y la Reserva Indígena La Fuga (Municipio San José del Guaviare, 2012; Ministerio de Medio Ambiente, 2013).

En cuanto a la población humana, de acuerdo con el Censo Nacional aplicado en el 2005, la población del municipio era de 39.839 habitantes, centrándose la mayoría en la cabecera del municipio. De esa población el 42,40% tiene NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas). El promedio de personas por hogar es 4 y el 89% de la población vive en casa/casa-indígena. El 94% no presenta actividad económica y el 53,8% de los

establecimientos son de uso comercial. La mayor parte de la población es menor de 19 años. El 2,1% se reconoce como indígena y el 5,3% como afrocolombiano. El 42,2% tiene el nivel educativo de básica primaria, y el 9% de la población mayor a 15 años es analfabeta (DANE, 2005).

En el municipio se encuentran 11 resguardos indígenas de las tribus Kubeo, Tucano, Desano, Guayabero, Sikuani, Nukak-Makú, Piratapuyo, Kurripako, siendo el más grande el resguardo Nukak, con 1670 habitantes (Municipio San José del Guaviare, 2012; Resguardo Indígena de El Refugio, 2005).

La zona de estudio pertenece a la provincia biogeográfica de la Guayana con los distritos Selvas Norte del Guaviare y Ariari – Guayabero (Hernández y Sánchez, 1992). Los sitios visitados fueron Playa Güío, donde se encuentra la Laguna Negra (Sitio Ramsar), y Caño Negro, La Serranía La Lindosa, que cuenta con rocas del escudo Guayanés, y las Sabanas de La Fuga, donde se encuentra también un resguardo indígena.

3.2. Geología y suelos

Las unidades geológicas de la zona están compuestas por rocas de variada composición y diverso origen, desde sedimentarias del Cuaternario, hasta las ígneo-metamórficas del Precámbrico. Comprende la Formación Araracuara (Pzim) que es la formación sedimentaria más antigua del Paleozoico Inferior, compuesta por estratos horizontales o ligeramente inclinados ($\approx 10^\circ$ al Oeste), cuyo espesor alcanza los 200 m. Sus suelos son mal drenados, ácidos y de baja fertilidad. Esta zona también abarca la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare (Pzig) del Paleozoico, que forma pequeñas colinas, representada por roca plutónica compuesta esencialmente por feldespato alcalino y esfena. Este tipo de roca (en la tierra firme) origina suelos con una fertilidad potencial mayor dada su composición mineralógica, en contacto con las rocas más blandas de los terrenos ondulados se forman escarpes subverticales, obedece a la meteorización y erosión selectiva, sus suelos son muy superficiales, ácidos y de drenaje variable con tendencia a ser excesivo, como es el caso de la Serranía de La Lindosa que tiene un afloramiento con edades entre 445 a 485 Ma (Ponson *et al.*, 1962; Cárdenas *et al.*, 2008). También incluye el Grupo Arenoso de Mariñame (Ngc) que es del Terciario Superior Amazónico (Tsa) y se caracteriza por ser un área extensa y heterogénea de depósitos continentales producto de una activa erosión de la Cordillera Oriental principalmente (Proyecto Radargramétrico del Amazonas, 1979). Los estratos inferiores son más heterogéneos en toda el área y el resto presenta capas de arcillas de diferentes colores, que en general tiene buen drenaje (con pocas excepciones), alta profundidad efectiva, texturas desde francas a franco-arenosas, poco contenido de bases, bajo contenido de fósforo disponible, fertilidad baja y susceptibilidad a la erosión y a la degradación por compactación superficial, la cual aumenta a medida que la deforestación es más marcada. En la región también se presenta la unidad de Depósitos Aluviales recientes a subrecientes (Qal) que vienen del Holoceno y pertenecen al Cuaternario. Estos son sedimentos no consolidados como limos, arcillas y gravas, con carácter ácido, con bajos contenidos de bases, alta saturación de carbón orgánico y de aluminio, pobremente drenados, superficiales y de nivel freático alto. Esta unidad se extiende a lo largo de los principales ríos como el Guaviare (Proyectos de Ingeniería Ambiental y Agropecuaria, 2005; Arango *et al.*, 2011).

3.3. Clima e hidrología

De acuerdo a la clasificación de Thornthwaite, San José del Guaviare se caracteriza por presentar un clima húmedo, con poco o nulo estrés hídrico a lo largo del año y ser megatermal. La T° tiene sus valores más altos en diciembre, enero y febrero (26-28,5 °C) y presenta los valores más bajos en junio y julio (24,5°C). La temperatura promedio anual es de 25,7°C. La precipitación alcanza su máximo en mayo y junio (350 mm) y cae drásticamente en diciembre y enero (50 mm) siendo en promedio anual de 2739,40 mm. La evapotranspiración se mantiene casi constante (100-150mm) y la evapotranspiración real toma casi los mismo valores anteriores, aunque presenta un déficit hídrico entre enero y marzo (50mm aprox). La humedad relativa es alta y permanece casi constante todo el año (80-90%) y las horas de brillo solar son directamente proporcionales a la T°; la nubosidad es inversamente proporcional a las dos anteriores, por lo que tiene sus valores más altos en la mitad del año, cuando la T° y el brillo solar son menores.

Al hacer una comparación entre el clima de San José con el de Carimagua (Orinoquia) y Araracuara (Amazonía) se encuentra que la precipitación anual se distribuye de manera similar para Carimagua y San José, en donde los picos de mayor precipitación se dan entre abril y julio, y se observan grandes descensos para el periodo comprendido entre diciembre y febrero, aunque las menores precipitaciones se presentan en Carimagua (entre 60-19 mm) y en San José no son tan bajas (entre 102-47 mm). Para el caso de Araracuara, los meses con mayor precipitación son abril y mayo, y los valores mínimos se encuentran para diciembre y enero (entre 189-212 mm). En los tres sitios se observa que para el mes de octubre se presenta un incremento leve (menor a 50 mm) y la precipitación vuelve a descender.

San José del Guaviare presenta un balance hídrico muy similar al de Carimagua casi todo el año. La diferencia principal es que la precipitación presenta valores mayores en San José, por lo que el déficit es menos marcado y se da sólo para el mes de enero. Esta característica permite desarrollar ecosistemas arbóreos. Las sabanas presentes en la zona (La Fuga) serían de tipo azonal (ecosistemas que no corresponden a lo que se esperaría encontrar según el clima) y podrían deberse a condiciones edáficas tales como baja retención del agua en el suelo por la presencia de caliches y capas de arcillas impermeabilizantes, más que por condiciones climáticas, como ya se evidenció anteriormente. Araracuara por otra parte corresponde a un clima típicamente amazónico donde las precipitaciones son mayores a lo largo de todo el año y nunca existe déficit hídrico, por lo que allí el ecosistema corresponde a un sistema boscoso.

Por lo anterior se concluye que el clima de San José es más orinocense que amazónico. Sin embargo, en cuanto a la precipitación se asemeja más al patrón observado en la Amazonía.

Los ecosistemas que se encuentran en la zona, están fuertemente influenciados por la precipitación. No obstante, se deben tener en cuenta otros factores como los vientos alisios del nordeste que al bajar en dirección al piedemonte toman humedad en su recorrido, y al llegar a las primeras estribaciones andinas, acumulan grandes masas de nubes que al ascender y enfriarse determinan las precipitaciones sobre esta zona, lo que favorece el establecimiento de coberturas selváticas. Los factores edáficos como la presencia de caliches y de capas de arcilla poco permeables, pueden permitir el desarrollo de sabanas azonales por falta de agua para sostener el bosque.

Los sistemas acuáticos de la región del Guaviare a grandes rasgos hacen parte de la gran cuenca del río Orinoco. Ésta es una cuenca binacional, compartida entre Venezuela y Colombia, nace en cerro Delgado Chalbaud en Venezuela, durante su recorrido pasa por Colombia y vuelve a Venezuela atravesándola casi por completo hasta que sus aguas desembocan en el Atlántico. La superficie total de la cuenca incluyendo todos sus afluentes es de 1 000 000 km², y el área que ocupa en Colombia representa el 32% de todo su territorio nacional. La vertiente oriental de la Orinoquía colombiana se formó en el pleistoceno tras el levantamiento de la Cordillera Oriental. Su afluente más largo es el río Guaviare. Éste río tiene su origen en el cerro los Picachos y en el páramo de Sumapaz. Toma su nombre propiamente en la confluencia entre el río Guayabero y el Ariari (García y Galindez, 2011).

Por tener un origen andino se espera que el río sea de aguas blancas (alto transporte de sedimentos, alta conductividad, pH cercano al neutro, muy nutritivo). Sin embargo, varios de los afluentes que lo nutren a lo largo de su recorrido, pueden tener origen amazónico o guyanés, por lo que en algunas zonas puede presentar un porcentaje importante de aguas claras (con menor conductividad, pH más ácido, menos transporte de sedimentos, menos nutritivo) y de aguas negras (presencia de taninos, materia orgánica en descomposición, pH aún más ácidos y baja conductividad). El río Guaviare suele tener ciclos de inundación de sus lechos, asociados principalmente a las bajas pendientes por las que transcurre, y el alto régimen de precipitación al que está sometido. Además, su recorrido es muy meándrico y sinuoso, dejando madre viejas en su recorrido que dan lugar a los ambientes lénticos más conspicuos de la zona.

3.4. Biomas

El concepto de bioma es muy apropiado para agrupar grandes unidades bióticas que ocupan vastas extensiones. Cuando se estudia la manera como la fauna y la flora se distribuyen en el espacio, es posible reconocer de inmediato conjuntos o paisajes caracterizados por el aspecto general que presenta la vegetación natural. Un conjunto de ecosistemas afines por sus características estructurales y funcionales constituyen un bioma. Conviene reparar en que los biomas se han diferenciado por características de la vegetación, ya que éstas, por lo general son más fácilmente perceptibles que las de la fauna (Hernandez y Sanchez, 1992).

Una posible clasificación de los biomas encontrados en la región se presenta a continuación, según la clasificación dada por Hernández y Sánchez (1992), de la siguiente manera:

Biomas Zonales

Zonobioma húmedo ecuatorial *No existe déficit hídrico a lo largo del año y si se presenta es pasajero.*

Biomas Azonales

Pedobiomas. Afloramientos rocosos. Meteorización lenta de la roca por parte de plantas pioneras como líquenes, musgos y algas, cubren la roca y comienza la pedogénesis. Factores como la escasez de agua disponible para el desarrollo de las plantas, la erosión debida al viento y a las lluvias, y el relieve inhiben o retardan el proceso evolutivo de los suelos y de la vegetación. Los suelos por su poco espesor no son capaces de almacenar

agua suficiente para las necesidades de las plantas. Dentro de estos pedobiomas, los de mayor interés se hallan en la Orinoquia y la Amazonía, a manera de enclaves sobre un substrato granítico o de areniscas cuarcíticas, que puede estar más o menos descubierto, localizados en mesetas o montañas con cimas aplanadas, cerros- islas o inselbergs y a menudo en colinas o afloramientos inmediatos a los ríos. Por lo general se hallan circundados por selvas higrofiticas o subhigrofiticas, pero pueden contactar las sabanas alternohigras de la llanura, como acontece en algunos sitios de la margen izquierda del río Orinoco. La cobertura vegetal consta de matorrales más o menos abiertos, con árboles achaparrados pequeños o enanos y arbustos y elementos herbáceos. En árboles y arbustos, el follaje tiende a ser perenne y coriáceo. La vegetación tiene un marcado aspecto xeromórfico a pesar de que el clima regional puede favorecer el desarrollo de una selva exuberante. En realidad, cuando llueve, la mayor parte del agua escurre, ya que los suelos pueden almacenar cantidades mínimas o muy reducidas, y en días soleados las rocas se recalientan e irradian calor en las primeras horas de la noche, todo lo cual contribuye a acentuar la sequedad. No obstante, durante la noche es usual que la niebla cubra la vegetación, salvo cuando hay la temporada de sequía. Este hecho contrarresta la tendencia a la sequedad, pues la niebla nocturna se condensa y moja el conjunto (Hernández y Sánchez, 1992).

Pedobiomas freáticos. Los más frecuentes y los de mayor importancia corresponden a selvas o bosques riparios o de galería que pueden formar franjas a lo largo de ríos de aguas permanentes o temporales y en muchos casos son inundados transitoriamente cada año. Los bosques riparios son muy evidentes en áreas subxerofíticas o de sabanas naturales porque ofrecen mayor exuberancia que la vegetación circundante, lo cual se debe a la presencia de agua freática durante todo el año o en su mayor parte, disponible para la vegetación, como es el caso de los bosques riparios de las sabanas de los Llanos Orientales. Tienen gran importancia como verdaderos corredores para la dispersión de la biota silvícola y a menudo como albergue para la fauna silvestre durante temporadas secas desfavorables. Típicamente la biota allí representada corresponde a la de un bioma o una comunidad más higrófila que la circundante (Hernández y Sánchez, 1992).

Pedobiomas de sabana (Complejo de sabanas guayanesas lito-casmo-quersofíticas, Sabanas de la Orinoquia). Las sabanas naturales son formaciones climáticas tropicales, del piso térmico cálido, con predominio de pastos, en las cuales pueden aparecer entremezclados subarbustos esparcidos e inclusive árboles y palmeras. Se desarrollan por lo general en planicies con muy ligero declive y en ocasiones en terrenos quebrados u ondulados. Las características de los suelos, la topografía y el fuego como un factor natural, junto con los factores climáticos, determinan la presencia de sabanas. En general, los suelos de las sabanas son pobres en materia orgánica, más o menos lixiviados y ricos en óxidos de hierro; pueden contener aluminio, como factor tóxico limitante para la vegetación, un exceso de sales (halofitia) o una cantidad considerable de elementos calcáreos (calcofitia). En algunos casos la circulación normal interna del agua dentro del suelo es impedida por la presencia de corazas de plintita o de horizontes arcillosos impermeabilizantes (Hernández y Sánchez, 1992).

Peinobioma amazónico. En áreas de la Amazonía sobre suelos muy pobres en nutrientes y con escasa capacidad de retención de agua, que se derivan de arenas cuarcíticas blancas. A manera de enclaves extensos aparecen comunidades de sabanas entremezcladas con bosque de porte mediano o bajo, con tendencia al follaje esclerificado por peinomorfosis, o con un arbolado caracterizado por fustes delgados. La precipitación anual total es del orden de 3000-4000 mm, sin una temporada seca pronunciada. Estos

peinobiomas, que en el Departamento del Guainía son denominados catingales, guardan notables puntos de similitud con las caatingas de la Amazonía brasileña, tanto en rasgos de su fisionomía como en composición florística. No es improbable que en otras áreas húmedas del país se encuentren comunidades que por su pronunciada oligotrofia puedan ser consideradas como peinobiomas. Algunos árboles de estas sabanas alcanzan más de 15-20 metros, pero en general son de menor porte y el dosel no es cerrado. Sus hojas por lo general son coriáceas. Localmente las epífitas, tanto musgos y líquenes como fanerógamas, son abundantes (Hernández y Sánchez, 1992).

4. LLANURA ALUVIAL

4.1. Geomorfología: Unidades de paisaje

Los cuerpos de agua que confluyen en la región son los agentes más influyentes en el modelado del paisaje. Dados los gradientes inferiores a 0,2 m/km, los ríos transcurren sobre los sedimentos acumulados en sus propias llanuras de inundación. Como consecuencia de la unión de los ríos Guayabero y el Ariari, estas llanuras se amplían desde 4 y 7 km respectivamente, hasta alcanzar un ancho de 21 Km para la llanura de inundación del río Guaviare. Los cursos de estos ríos son meandriformes y describen curvas amplias (radio promedio de 2 km). Como es característico de este tipo de paisaje fluvial, el río transcurre sobre su llanura de inundación cambiando de curso debido a la erosión en las curvas externas que conduce al ahorcamiento de los meandros y dejando en consecuencia intervalos de sus meandros abandonados que evoluciona con la formación de lagunas o madre viejas. En las curvas internas del curso de los ríos las menores velocidades de la corriente facilitan el depósito de arenas y algunos niveles de gravas para formar barras punto o complejos de orillares. Dada la susceptibilidad de la llanura de inundación a ser inundada en épocas de invierno, cuando el río se desborda por encima de sus diques naturales las barras terminan colmatándose de sedimentos finos (arcillas y limos) para dar paulatinamente paso a ciénagas y bajos (Arango *et al.*, 2011).

4.2. Selva inundable

4.2.1. Vegetación

Los bosques de llanura de inundación se encuentran asociados a ríos y presentan ambientes extremos de inundación, imponiendo a la comunidad vegetal periodos anuales de crecida de más de 200 días, en virtud de una columna de agua de agua que llega a un promedio de 10 m² (Junk *et al.*, 1989, citados en Piedade *et al.*, 2010). A continuación se muestran los datos obtenidos durante el presente estudio.

Morfoespecies Árboles	IVI (%)
Hojas opuestas-Corteza café	0.119
Anonaceae 1	0.173
Bejuco	0.354
Falsa Anacardiaceae	0.800
Falsa Myrtaceae	0.863
Arecaceae	1.366
Rubiaceae	1.598
Falsa Flacurtaceae	1.807
Apocynaceae	2.076
Annonaceae	2.813
Flacurtaceae	3.057
Clusiaceae	3.440
Corteza oxidable	4.309
Arbol maderable	9.591
Verbenaceae	33.438
Malvaceae	34.194

Tabla 4.2.1.1. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo en la selva inundable

En la selva inundable, contundentemente las morfoespecies con mayor índice de importancia pertenecen a las familias Verbenaceae (33,4%) y Malvaceae (34,2%) para el estrato arbóreo (Tabla 4.2.1.1).

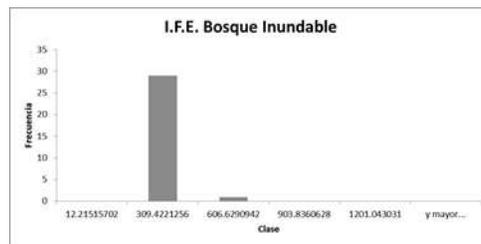


Figura 4.2.1.2. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva Inundable

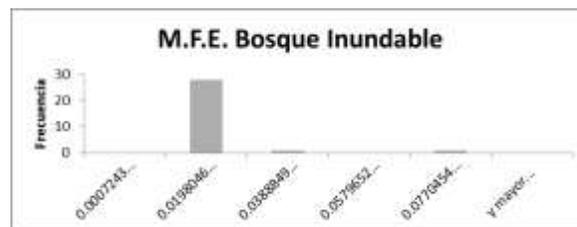


Figura 4.2.1.3. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva Inundable

Si bien el índice foliar específico IFE (Figura 4.2.1.2.) presenta un tipo de hojas de área pequeña que se comparte en su gran mayoría por todos los morfotipos presentes, la masa de las hojas de este ecosistema presenta una gran variedad y los tipos de hojas más representativos corresponden al tipo malacófilo. No obstante, se observan también algunas estrategias de succulencia o retención de materia en las hojas (Figura 4.2.1.3.) lo que demuestra un periodo de estrés hídrico dentro de los integrantes de esta comunidad.

4.2.2. Artropofauna

4.2.2.1. Variables ambientales

SUELO					SUPERFICIE		
pH	3,8	Porcentaje Arenas	19,42	Peso Raíces (g)	31,192	Temperatura(°C)	26,85
Conductividad(us)	64	Porcentaje Limos	29,13	Capacidad de campo (g/ml)	0,7518	Humedad Relativa (%)	87,5
Materia Orgánica (%)	16,571	Porcentaje Arcillas	51,46	Densidad aparente	1,00		

Tabla 4.2.2.1.1. Variables ambientales de la Llanura aluvial.

El suelo de este ecosistema es ácido con porcentajes de materia orgánica altos (Tabla 4.2.2.1.1.). Es bien conocido que la materia orgánica es un factor importante de la acidificación del suelo (Jaramillo, 2002).

4.2.2.2. Ecotopos

COMPARTIMENTO	ORDEN	FAMILIA	GREMIO	ABUNDANCIA	BIOMASA (g)		
Dosel	Acari	Acari	Parásito	2	0,0002		
	Araneae	Araneae	Depredador	6	0,0039		
	Coleoptera		Chrysomelidae	Fitófago	1	0,0007	
			Curculionidae	Fitófago	24	0,0326	
			Leiodidae	Saprófago	1	0,0001	
			Oedemeridae	Fitófago	1	0,0040	
			Staphylinidae	Polífago	40	1,7821	
			Collembola	Collembola	Saprófago	7	0,0046
	Diptera		Ceratopogonidae	Hematófago	2	0,0038	
			Chironomidae	---	1	0,0007	
			Drosophilidae	Fitófago	1	0,0040	
			Phoridae	Saprófago	1	0,0040	
			Rhagionidae	Depredador	1	0,0718	
			Stratiomyidae	Saprófago	1	0,0572	
			Hemiptera	Rhopalidae	Fitófago	2	0,0038
			Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	24	0,0444
			Lepidoptera	Nymphalidae	Fitófago	1	0,0040
	Herbáceo	Acari	Acari	Parásito	4	0,0010	
		Araneae	Araneae	Depredador	34	0,2797	
Blattodea		Blattidae	Polífago	1	0,0572		
Isoptera		Isopteridae	Saprófago	2	0,0234		

Coleoptera	Anobiidae	Fitófago	1	0,0012	
	Bruchidae	Fitófago	1	0,0019	
	Cantharidae	Depredador	3	0,0320	
	Carabidae	Depredador	9	0,0687	
	Ceratocanthidae	Saprófago	3	0,0525	
	Chelonariidae	Fitófago	1	0,0117	
	Chrysomelidae	Fitófago	17	0,1890	
	Curculionidae	Fitófago	110	0,1174	
	Dryophthoridae	Fitófago	2	0,1468	
	Elateridae	Fitófago	1	0,0001	
	Erotylidae	Fitófago	1	0,0117	
	Histeridae	Depredador	1	0,0072	
	Hydrophilidae	Fitófago	24	0,1148	
	Lycidae	Fitófago	1	0,0040	
	Ptilodactylidae	Fitófago	2	0,0145	
	Scarabaeidae	Coprófago	4	0,1338	
	Staphylinidae	Polífago	148	6,5754	
	Dermaptera	Labiduridae	Saprófago	1	0,0248
	Diptera	Asilidae	Depredador	1	0,0117
Bibionidae		Fitófago	1	0,0014	
Ceratopogonidae		Hematófago	1	0,0007	
Chironomidae		---	2	0,0024	
Conopidae		Fitófago	1	0,0175	
Culicidae		Hematófago	2	0,0059	
Drosophilidae		Fitófago	3	0,0057	
Muscidae		Coprófago	1	0,0072	
Pantophthalmidae		Fitófago	1	0,0001	
Piophilidae		Saprófago	1	0,0019	
Psychodidae		Hematófago	1	0,0001	
Scatopsidae		Saprófago	2	0,0029	
Stratiomyidae		Saprófago	3	0,2286	
Tabanidae		Hematófago	4	0,5465	
Ephemeroptera	Baetidae	Fitófago	1	0,0013	
	Caenidae	---	1	0,0014	
	Leptohyphidae	---	1	0,0016	
Hemiptera	Aphididae	Fitófago	1	0,0040	
	Cercopidae	Fitófago	2	0,0081	
	Cicadellidae	Fitófago	15	0,1201	
	Derbidae	Fitófago	1	0,0004	
	Formicidae	Fitófago	1	0,0017	
	Hebridae	Depredador	1	0,0008	
	Lygaeidae	Fitófago	1	0,0019	
	Notonectidae	Depredador	2	0,0013	

		Pentatomidae	Fitófago	2	0,1701
		Polycetenidae	Parásito	1	0,0001
		Reduviidae	Hematófago	4	0,1410
	Hymenoptera	Bethylidae	Depredador	1	0,0040
		Braconidae	Parasitoide	3	0,0635
		Eupelmidae	Parasitoide	1	0,0117
		Formicidae	Fitófago	124	0,3133
		Ichneumonidae	Parasitoide	2	0,1361
		Trichogrammatidae	Parasitoide	1	0,0002
		Vespidae	Depredador	10	0,7994
	Microcoryphia	Meinertellidae	Saprófago	1	0,1289
	Neuroptera	Sialidae	Depredador	1	0,0007
	Orthoptera	Gryllacrididae	Depredador	14	0,1053
		Gryllidae	Polífago	5	0,0584
	Psocodea	Psocidae	Saprófago	1	0,0040
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	1	0,0007
Rasante	Acari	Acari	Parásito	2	0,0002
	Araneae	Araneae	Depredador	7	0,0614
	Blattodea	Blattellidae	Polífago	1	0,0248
		Blattidae	Polífago	2	1,1462
	Coleoptera	Cerambycidae	Fitófago	1	0,0001
		Passalidae	Saprófago	1	0,0175
		Phalacridae	Fitófago	1	0,0248
		Staphylinidae	Polífago	4	0,0204
		Trogossitidae	Depredador	1	0,0072
	Collembola	Collembola	Saprófago	7	0,0154
	Diptera	Culicidae	Hematófago	1	0,0001
		Dolichopodidae	Depredador	2	0,0081
		Drosophilidae	Fitófago	2	0,0038
		Otitidae	Fitófago	1	0,0072
		Phoridae	Saprófago	1	0,0019
		Sarcophagidae	Saprófago	2	0,0081
		Scathophagidae	Depredador	1	0,0040
		Sciomyzidae	Fitófago	1	0,0248
		Tipulidae	Fitófago	2	0,0013
	Hemiptera	Miridae	Fitófago	1	0,0072
	Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	136	0,3087
Suelo	Acari	Acari	Parásito	6	0,0006
	Araneae	Araneae	Depredador	3	0,0020
	Coleoptera	Anobiidae	Fitófago	15	0,0177
		Curculionidae	Fitófago	63	0,0810
		Dytiscidae	Depredador	1	0,0007
		Leiodidae	Saprófago	6	0,0006

	Noteridae	Depredador	5	0,2234
	Passalidae	Saprófago	5	0,0159
	Staphylinidae	Polífago	22	0,0634
Diptera	Chironomidae	---	1	0,0007
	Culicidae	Hematófago	4	0,0026
	Mycetophilidae	Fungívoro	1	0,0019
	Phoridae	Saprófago	3	0,0020
	Psychodidae	Hematófago	2	0,0003
	Tachinidae	Parasitoide	2	0,0038
Hemiptera	Reduviidae	Hematófago	1	0,0007
Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	7	0,1038
	Sierolomorphidae	Parasitoide	3	0,0629
Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	1	0,0007
Total Selva inundable de la Llanura Aluvial			1038	15,0820

Tabla 4.2.2.2.1. Composición artropofaunística de la Llanura Aluvial.

4.2.2.2.1. Ecotopo suelo

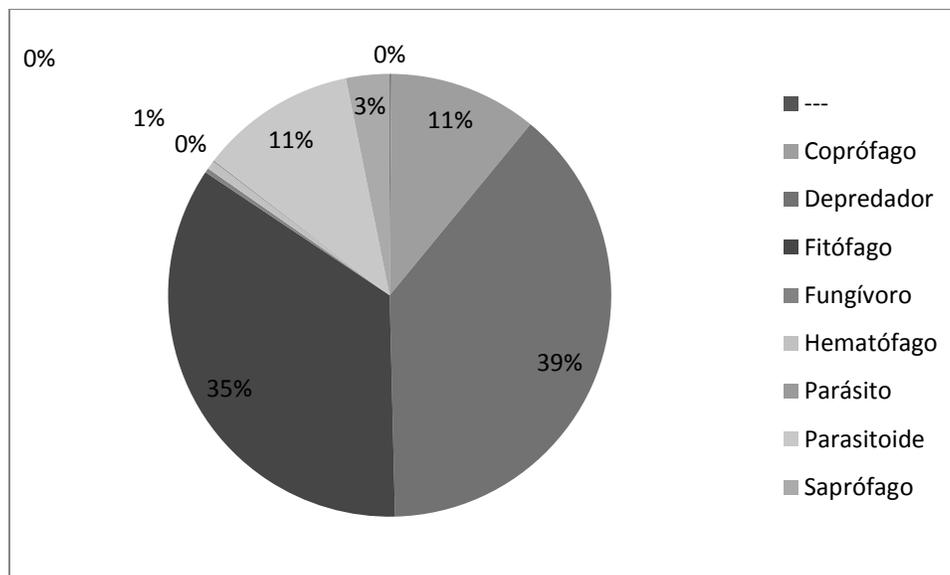


Figura 4.2.2.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el suelo de la Llanura Aluvial.

De acuerdo a con la Tabla 4.2.2.2.1. y la Figura 4.2.2.2.1.1., el gremio de depredadores es el que cuenta con un mayor porcentaje en biomasa; dentro de estos se destaca la familia Noteridae (Coleoptera). Es interesante que esta familia y otras que componen este compartimento, tales como Dytiscidae (Coleoptera) y Chironomidae (Diptera), tienen larvas y adultos acuáticos (Tabla 4.2.2.2.1) (Triplehorn y Johnson, 2006). Los suelos de la llanura aluvial están sometidos a eventos periódicos de inundación, lo cual puede explicar la presencia de estas familias en este compartimento, que en algunas épocas del año se convierte en el fondo de un ambiente léntico. La figura 4.2.2.2.1.1. también muestra el porcentaje importante de la familia Formicidae (Hymenoptera). Gran parte de

estas hormigas son fitófagas pero, como es bien sabido, en esta familia hay también un amplio rango de hábitos alimenticios (Triplehorn y Johnson, 2006).

4.2.2.2.2. Ecotopo rasante

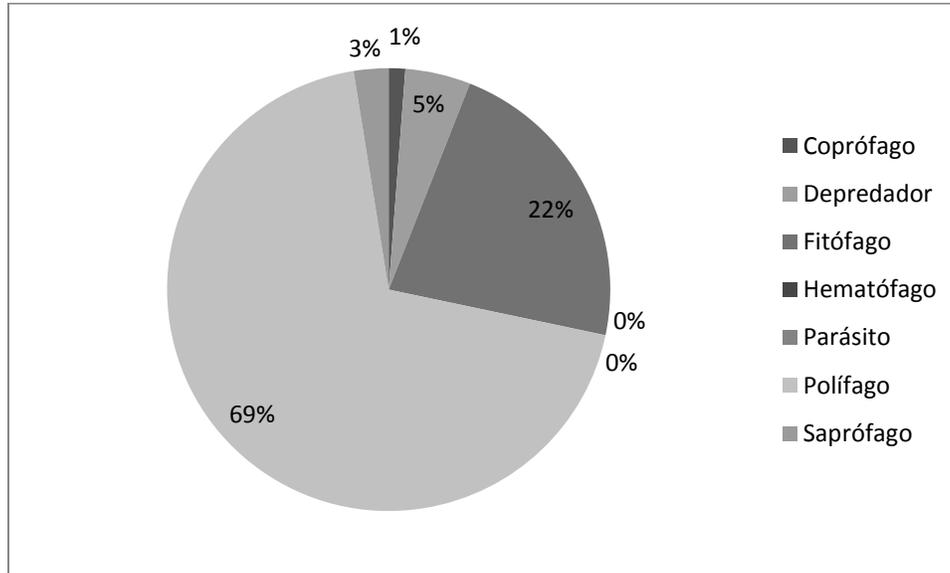


Figura 4.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Llanura Aluvial.

En este estrato hay una dominancia en biomasa de polifagos en cabeza de la familia Blattidae (Blattodea) y seguido de la familia Formicidae (Hymenoptera). Es probable que este dominio en biomasa de Blattodea en este estrato se vea sesgado por su tamaño puesto que su abundancia no fue muy alta (Tabla 4.2.2.2.1.), mientras la abundancia de hormigas sí fue la más alta en este estrato. De todas formas los insectos del Orden Blattodea suelen estar asociadas en en general a los estratos rasantes de los bosques entre la hojarasca donde encuentras las condiciones óptimas para vivir y alimentarse. Por su parte la presencia de hormigas en este estrato puede asociarse entre otras cosas a la alta densidad de plántulas en este estrato en este ecosistema, que pueden ser una fuente importante de recursos para las hormigas fitófagas.

4.2.2.2.3. Ecotopo herbáceo

En el estrato herbáceo (Figura 4.2.2.2.3.1.) se encontró una dominancia en biomasa de Staphylinidae (Coleoptera). Esta familia tiene hábitos alimenticios muy diversos distribuidos entre las especies que la conforman, pero el hábito saprófago fue el más representativo. Otros gremios encontrados en este ecotopo fueron los fitófagos en cabeza de la familia Formicidae (Hymenoptera) y los Depredadores con la presencia del orden Araneae.

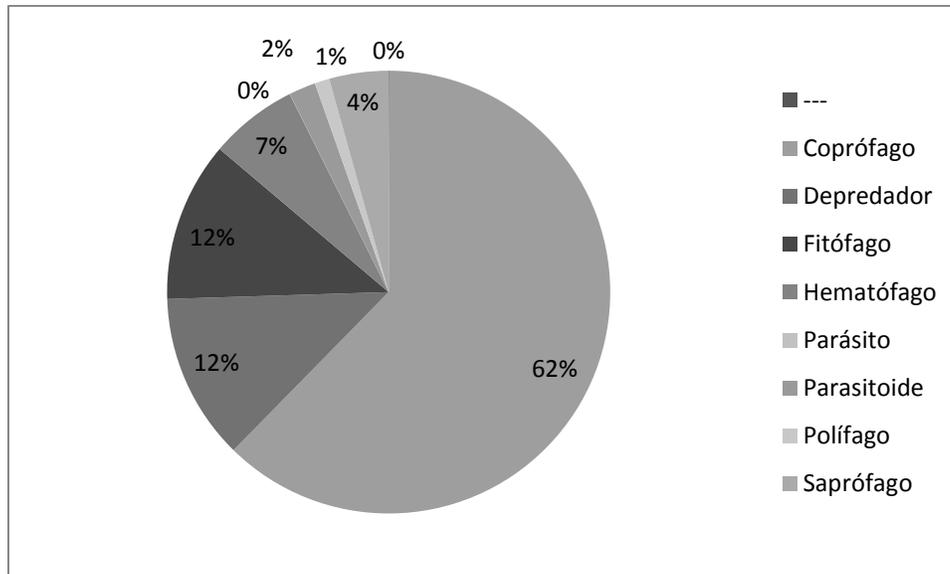


Figura 4.2.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Llanura Aluvial.

4.2.2.2.4. Ecotopo dosel

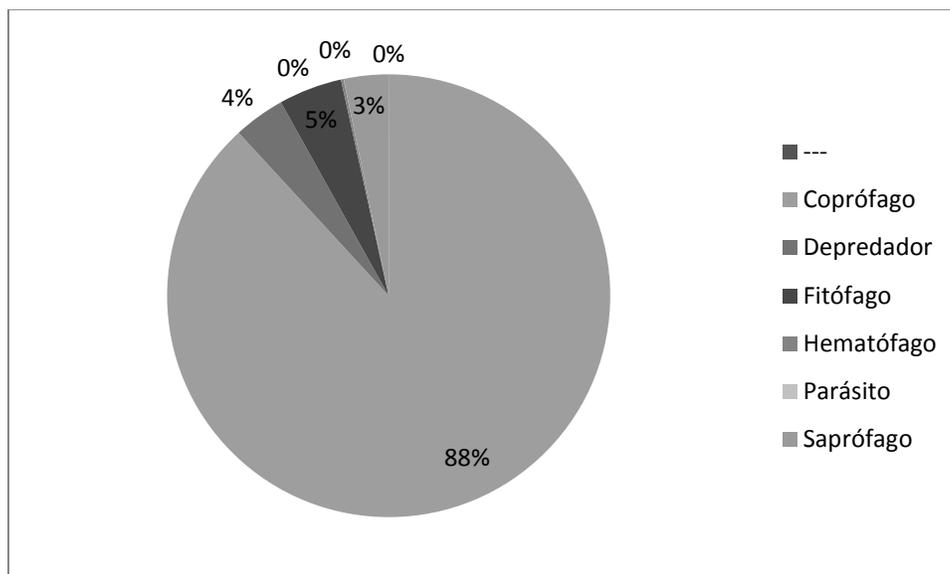


Figura 4.2.2.2.4.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato dosel de la Llanura Aluvial.

La familia Staphylinidae (Coleoptera) también tuvo una importante representación en biomasa en el ecotopo del dosel (Figura 4.2.2.2.4.1.), así como la familia Formicidae (Hymenoptera), con hábitos tróficos predominantemente saprófagos.

4.2.2.3. Diversidad

BIODIVERSIDAD	
Riqueza de familias	85
Abundancia de individuos	987
Dominancia de simpson	0,1771
Equitatividad de Simpson	0,8229
Equitatividad de Pielou	0,5584
Índice de Shannon	2,481
Índice de Brillouin	2,363

Tabla 4.2.2.3.1. Índices de diversidad para la Llanura Aluvial.

Las riquezas de familias y las abundancias de individuos en la llanura aluvial (Tabla 4.2.2.3.1.) son relativamente bajas con respecto a los otros bosques de la región. Es posible que esto esté relacionado con los pulsos de inundación. La equitatividad es alta y en consecuencia la dominancia es baja y los índices de diversidad son relativamente elevados. Dicha equitatividad puede en parte relacionarse con que los porcentajes de los gremios dominantes en cada estrato no son tan altos en comparación con otros ecosistemas de la región y que los fitófagos en general tengan porcentajes parecidos a los depredadores. La presencia de diferentes estratos en estos tipos de ecosistemas boscosos de la llanura aluvial puede explicar las diversidades altas, ya que más estratos implican más nichos para ser ocupados.

4.2.2.4. Herbivoría

HERBIVORÍA	
Porcentaje de Hojas Defoliadas (%)	20
Porcentaje de hojas Minadas (%)	0
Porcentaje de Hojas Con agallas (%)	0
Porcentaje de Defoliadores (%)	40,111
Porcentaje de Minadores (%)	10,506
Porcentaje de Agalladores (%)	26,448
Porcentaje de Biomasa Consumida (%)	2
Suculencia	111,87
IH	0,274

Tabla 4.2.2.4.1. Valores de herbivoría para la Llanura Aluvial.

El índice de herbivoría en este ecosistema no fue muy alto a pesar de tener un 20% en biomasa de defoliadores, 10,5% de minadores y un 26.45% de agalladores en su composición. El porcentaje de hojas con agallas, minadas o defoliadas (Tabla 4.2.2.4.1) tampoco parece responder a una presencia tan importante de fitófagos en el ecosistema. Es probable que de acuerdo a la metodología expuesta, las tres morfoespecies de la vegetación que se tomaron como muestra, a pesar de ser las más abundantes, no respondieran a las preferencias alimenticias de las diferentes familias en los diferentes gremios de fitófagos presentes en el ecosistema.

4.3. Lagunas

Las lagunas de la región de la Orinoquía y la Amazonía presentan un flujo anual proveniente de la entrada y salida de agua durante las estaciones de lluvia y sequía en un proceso conocido como pulso de inundación (Homer *et al.*, 1983). Dependiendo del área, poseen características limnológicas diferentes, pero son altamente productivas y permiten una elevada diversidad faunística. Se caracterizan por tener altas temperaturas (Lasso *et al.*, 2006). La composición iónica de estas lagunas depende principalmente del aporte de la precipitación pluvial, pero en aguas altas los ríos pueden influenciarlas notablemente. La concentración de iones es baja y el pH tiende a la acidez. Presentan también una baja concentración de nutrientes. Los nutrientes provienen principalmente del movimiento horizontal a través del plano de inundación y no de los arrastres desde la parte alta de la cuenca (Rivera *et al.*, 2010). La vegetación puede aportar una parte importante de nutrientes durante la inundación como consecuencia de su descomposición, la cual finalmente puede sostener la producción secundaria del sistema (Cotner *et al.*, 2006).

En el present trabajo se analizaron tres ecosistemas lénticos dentro de la llanura aluvial: la laguna Negra, la laguna La María y la laguna Chiquita. Los datos de geoposicionamiento y las fechas de muestreo se consignan en la Tabla 4.3.1. En la Figura 4.3.1 se muestra la ubicación de estos ecosistemas en la región del Guaviare.

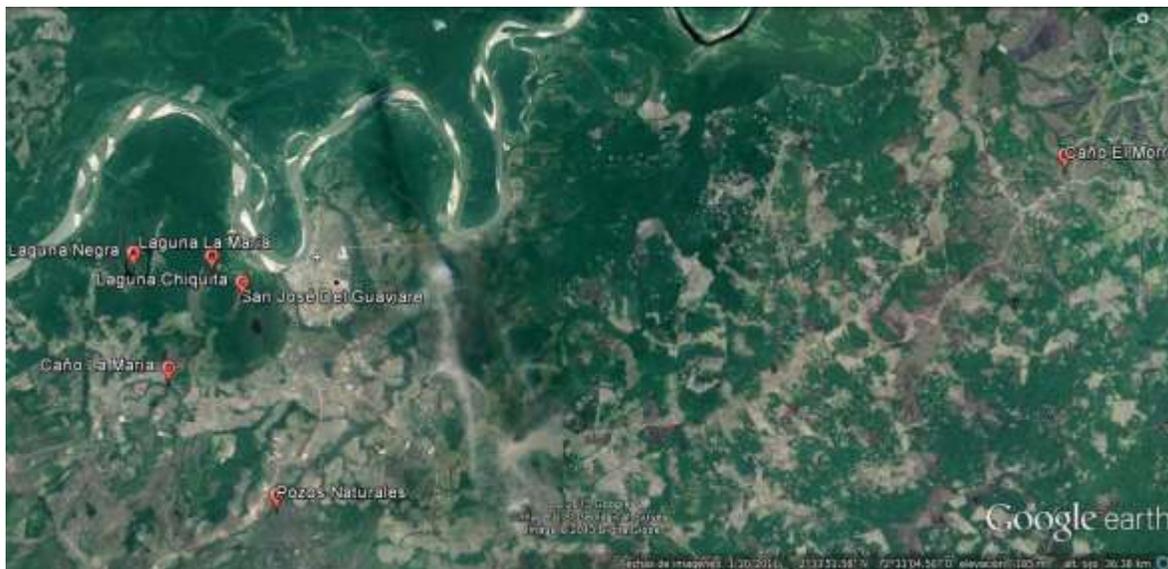


Figura 4.3.1. Mapa de la ubicación de los ecosistemas acuáticos muestreados en la Región del Guaviare. Siendo A: Laguna Negra, B: Laguna La María, C: Laguna Chiquita, D: Caño La María, E: Caño El Morro y F: Pozos Naturales

FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
15-abr-13	Laguna Negra	2°34'13,3"N	72°41'53,9"W	185
18-abr-13	Laguna La María	2°34'9,6"N	72°40'23,6"W	176
21-abr-13	Laguna Chiquita	2°33'39,6"N	72°39'48,7"W	190

Tabla 4.3.1. Fechas de muestreo y geoposicionamiento de los sistemas lénticos de la llanura aluvial del río Guaviare.

4.3.1. Parámetros físico-químicos e hidrológicos

PARAMETRO	Laguna Negra			Laguna La María			Laguna Chiquita		
	P.1	P.2	P.3	P.1	P.2	P.3	P.1	P.2	P.3
Temperatura (°C)	29.6	29.5	29.7	28.5	27.4	28.2	32.6	30	28
Conductividad (µs/cm)	3.41	3.43	3.35	6.9	7.08	7.13	10.76	9.81	16.6
pH	4.56	5	5.14	4.77	5.32	5.27	5.9	5.28	5.32
Oxígeno Disuelto (mg/l)	1.81	1.59	1.64	5.52	5.45	5.41	3.96	3.54	3.51
Saturación O2 (%)	19.9	19.9	19.9	72.8	71.3	70.8	49	44.9	45.1
Sólidos Disueltos (ppm)	1.705	1.715	1.675	2.94	3.02	3.06	5.38	4.905	8.3
Prof. Media (m)	5.19	4.91	4.19	1.96	2.5	2.91	3.7	4.55	4.71
Transp. Secci (m)	2.2	1.68	1.68	0.53	0.54	0.5	0.67	0.66	0.65
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	0,0485			0,0126			0,516		
Sólidos suspendidos orgánicos (mg/l)	0,0023			0,0018			0,001566		
Sólidos suspendidos inorgánicos (mg/l)	0,0462			0,0108			0,514434		
Amonio (mg/l)	0.24			0.26			0.46		
Nitratos (mg/l)	Nd			Nd			Nd*		
Fosfatos (mg/l)	0.01			0.13			0.01		

Tabla 4.3.1.1. Parámetros fisicoquímicos de los sistemas lénticos muestreados en la llanura aluvial. *Nd: No detectable con método usado

En la Tabla 4.3.1.1. se muestran las variables físico-químicas e hidrológicas de los sistemas lénticos estudiados en la llanura aluvial del río Guaviare. Se observa que la laguna Negra es la de mayor profundidad, seguida por La Chiquita y La María. Las tres lagunas presentan temperaturas altas que varían en el rango de 26,5° a 32,6°. La temperatura media mayor se registró en la laguna Chiquita. La conductividad permite deducir algunos aspectos sobre los macronutrientes y sobre las tasas de productividad primaria y de descomposición de materia orgánica (Roldán y Ramírez, 2008); la laguna Chiquita es la que presenta valores mayores de conductividad y es por consiguiente la que tiene más sólidos disueltos y suspendidos totales. Una conductividad más elevada indica que hay un mayor grado de mineralización (Ramírez y Viña, 1998); en el caso de la laguna Chiquita este hecho se debe a su cercanía al río Guaviare, el cual tiene una gran influencia sobre este sistema léntico. No obstante, en general los ecosistemas acuáticos de la región son de baja conductividad. Estas lagunas evidentemente tienen pocos sólidos disueltos en el agua, comparables a la mayoría de las aguas de la región amazónica, que pueden tener valores cercanos a 10 mg/L (Roldán y Ramírez, 2008). Las menores concentraciones de sólidos disueltos y suspendidos se encuentran en la laguna Negra, lo

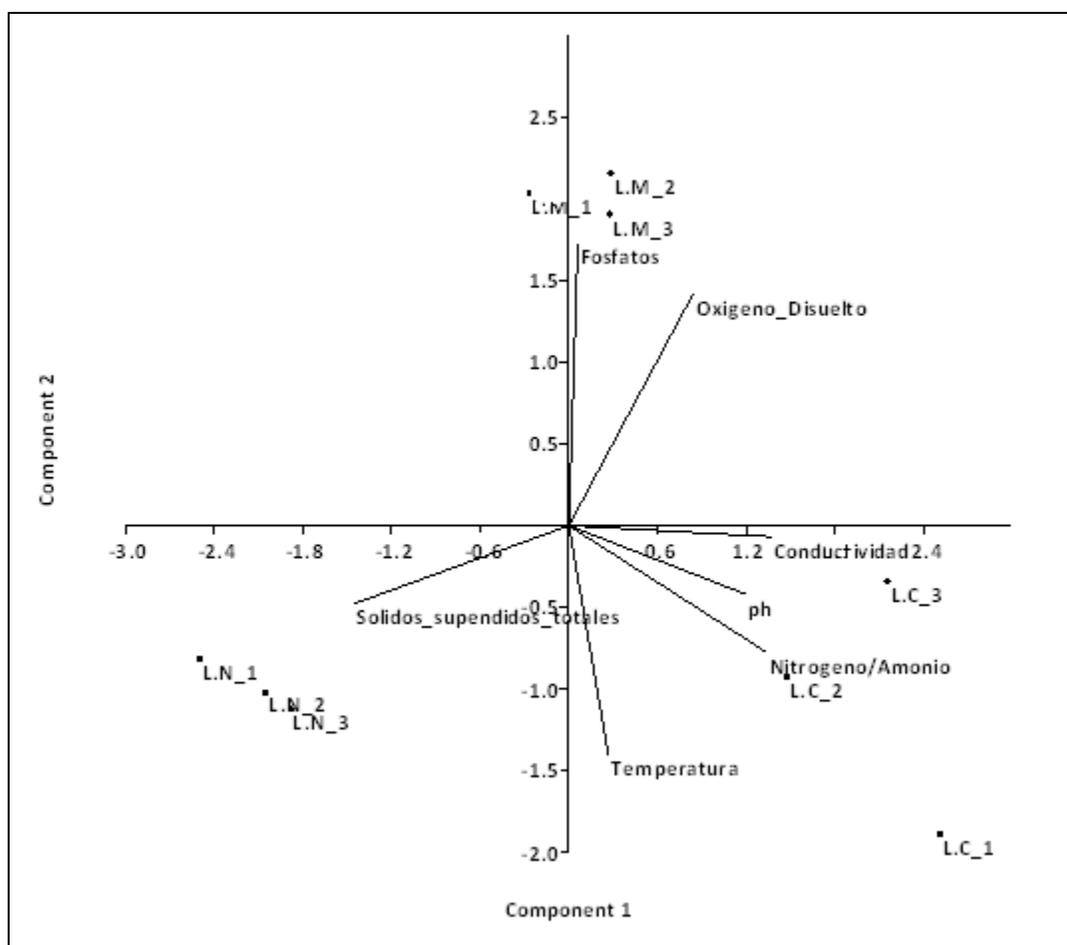
cual explica su relativa alta transparencia Secchi, a su vez explicada por una posible menor circulación de corrientes de agua que generan una menor resuspensión de los sedimentos de la laguna y que dispersan menos la materia orgánica presente. La menor resuspensión probablemente se deba a que esta laguna es más profunda. El pH en las tres lagunas es ácido, siendo el de la laguna Negra en promedio un poco menor. Al parecer, esta acidez se podría deber a la abundante materia orgánica en descomposición que hay en este sistema (Roldán y Ramírez, 2008).

El oxígeno disuelto y su porcentaje de saturación fueron muy bajos en la laguna Negra, donde el oxígeno disuelto en promedio fue de 1,68mg/l y el porcentaje de saturación fue de 19,9. Esto concuerda con la alta densidad de macrófitas en esta laguna, las cuales pueden estar aportando una carga orgánica muy alta que provoca un gasto elevado de oxígeno. Los valores más altos se registraron en la laguna La María, la cual es una madre vieja que parece tener muchas hojarasca y troncos en descomposición, por lo cual se esperaría poco oxígeno disuelto, dado que las bacterias descomponedoras estarían consumiéndolo; se puede hipotetizar que la influencia del río Guaviare con aguas más oxigenadas es la responsable de las concentraciones de oxígeno en esta laguna.

A continuación se presenta un análisis de componentes principales (PCA) (Figura 4.3.1.1.) en el que se evidencian las variaciones químicas entre los lagos. Estas se presentan incluso si su fuente de agua es la misma (Hamilton y Lewis, 1990). Gran parte de la variación de estos lagos se debe a su morfología y a su distribución espacial en el plano de inundación. Dependiendo de la estación climática, durante el llenado, por ejemplo, las características químicas y ecológicas varían en un amplio rango debido a los cambios en la disponibilidad de elementos como el nitrógeno y el fósforo. Esto afecta la presencia de plantas y la acumulación del fitoplancton (Hamilton y Lewis, 1987).

Según el análisis de PCA, los componentes 1 y 2 explican más del 80% de la varianza, lo cual es lo ideal, ya que de lo contrario se dice que el análisis de PCA no ha sido muy exitoso (Hammer, 1999).

En el análisis se muestra que los tres puntos de muestreo de cada laguna se agrupan en distintos cuadrantes, lo cual, como se explicó atrás, indica que son lagunas diferentes en sus condiciones fisicoquímicas. La laguna La María está fuertemente definida por los fosfatos y el oxígeno disuelto, lo cual está de acuerdo con su producción primaria considerablemente mayor que la de las otras dos lagunas. Por otro lado, la laguna Chiquita es más variable a lo largo de su área, ya que se observa que sus tres puntos de muestreo no están tan juntos en la gráfica; a este ecosistema lo define el amonio y la conductividad, y en menor medida la temperatura y el pH. Por último, en la laguna Negra los sólidos suspendidos constituyen la variable más determinante; a su vez, es el sistema con aguas más desmineralizadas e hipóxicas.



PC	Eigenvalue	% variance
1	3,42145	48,878
2	2,48723	35,532
3	0,755393	10,791
4	0,289512	4,1359
5	0,0456137	0,65162
6	0,00079617	0,011374
7	6,60E-32	9,43E-31

Figura 4.3.1.1. PCA de variables fisicoquímicas en los 3 sistemas lénticos muestreados en la llanura aluvial. Donde la numeración (_1, _2, _3) corresponde a los distintos puntos de muestreo. L.N: Laguna Negra, L.C: Laguna Chiquita, L.M: Laguna La María

4.3.2. Fitoperifíton

Dentro de los ecosistemas lénticos de la llanura aluvial que se estudiaron, se destaca el perifíton de la laguna La María, que estuvo representado por cinco géneros de la división Bacillariophyta. Dominó *Navicula* con el 74% (Figura 4.3.2.1.), seguida de las Chlorophytas (*Cosmarium* y *Closterium*) con el 15%, y de las Cyanophytas (*Oscillatoria* y *Phormidium*) con un 11% (Fig. 4.3.2.1). Tanto *Navicula*, *Cosmarium*, *Closterium* y

Oscillatoria son características de aguas oligo y mesotróficas en sistemas lénticos (Peña *et al.*, 2005). La diversidad y la abundancia de Bacillariophyceae y de algunos representantes del género *Cosmarium* en el perifiton, está relacionada con la baja concentración de nutrientes y la prevalencia del pH ácido en este ecosistema (Roldán y Ramírez, 2008).

La mayor densidad de individuos/cm² se presentó en este sistema léntico, que es la más extenso de todos los lagos estudiados. Esto está relacionado con la mayor concentración de fosfatos en el agua, que es uno de los elementos que más está involucrado en la limitación del crecimiento (Roldán y Ramírez, 2008). Para ecosistemas lénticos el incremento de la biomasa y el crecimiento algal se ven favorecidos por una concentración de fosfatos elevada.

Laguna La María

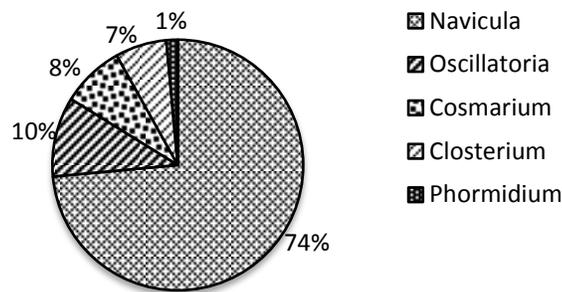


Figura 4.3.2.1. Dominancia de géneros presentes en la laguna La María

En lo que corresponde a la laguna Negra se encontró un total de 15 géneros, con lo que se constituyó como el ecosistema léntico más rico en taxones de los tres lagos estudiados. *Stichococcus* (Chlorophyta) y *Aphanothece* (Cyanophyta), fueron los géneros más abundante, cada uno con el 19% de abundancia (Fig. 4.3.2.2.). El primero tiene la facilidad de incorporar glucosa a los ciclos metabólicos (Carthew y Hellebust, 1983) y el segundo género es un buen indicador de oligotrofia en sistemas lénticos (Peña *et al.*, 2005).

Laguna Negra

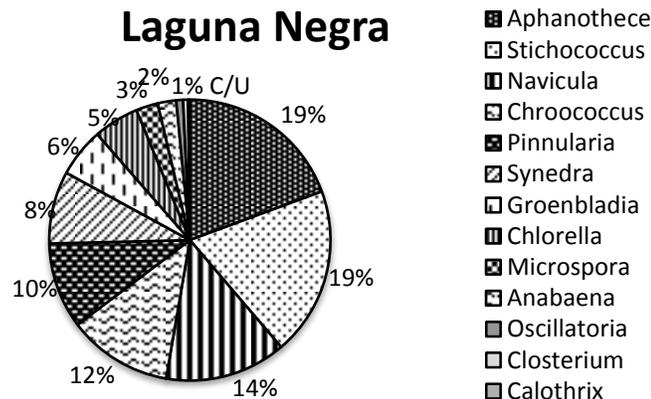


Figura 4.3.2.2. Dominancia de géneros presentes en la laguna Negra

En la laguna Chiquita se presentaron valores intermedios, en comparación con los ecosistemas lénticos anteriores. Se identificaron en total de 9 géneros. Los taxones *Synechococcus* (Cyanophyta, 45%) y *Closterium* (Chlorophyta, 33%) fueron los

dominantes (Fig. 4.3.2.3.). La dominancia de *Synechococcus* está relacionada con la baja transparencia del agua (por los sólidos disueltos). Al ser una Cyanophyta es capaz de absorber mejor la luz y crecer mejor en condiciones de baja iluminación, con lo que puede estar más representada en la comunidad; además, es posible que al igual que otras Cyanophytas, pueda fijar nitrógeno atmosférico, lo cual le daría una ventaja competitiva. Lo contrario ocurre con las Chlorophytas que requieren de buena luz para su crecimiento y que requieren de mayor cantidad de nitrógeno inorgánico disuelto en el agua. La presencia de Desmidiás (*Closterium* y *Cosmarium*) en los ecosistemas lénticos de San José del Guaviare, permite concluir que se trata de ecosistemas con pH ácidos, puesto que estos organismos son indicativos de esta propiedad del ecosistema (Roldán y Ramírez, 2008)

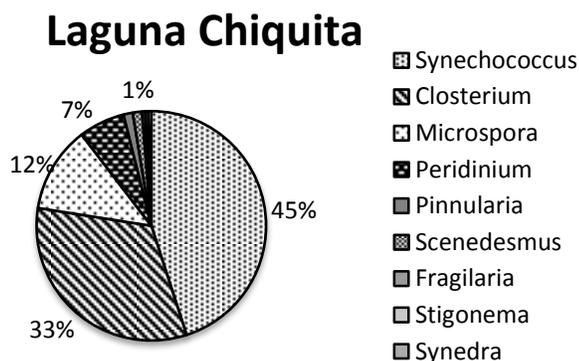


Figura 4.3.2.3. Dominancia de géneros presentes en la laguna Chiquita

En cuanto a los índices de diversidad, la laguna La María se caracteriza por presentar bajas riqueza, uniformidad y diversidad, por lo que su comunidad se puede describir como pobre en número de géneros y algunos de estos con abundancias muy altas, éste último es el factor principal de su baja diversidad (Tabla 4.3.2.1.). El índice de diversidad de Shanon de la laguna Negra es el mayor de los ecosistemas lénticos (2,2); su comunidad se puede describir como de diversidad y equitatividad medias. La diversidad en la Chiquita fue baja (Shanon 1,3) y la dominancia alta porque las abundancias no se encuentran bien distribuidas.

Índices	Laguna La María	Laguna Negra	Laguna Chiquita
Dominancia (D) Simpson	0,562	0,133	0,327
Equitatividad de Simpson	0,112	0,0102	0,0364
Diversidad Shanon	0,9053	2,172	1,341
Uniformidad (Pielou)	0,562	0,847	0,610
Riqueza (# de morfoespecies)	5	13	9
Abundancias (células/cm ²)	1654,66	347,44	369,60

Tabla 4.3.2.1. Índices de diversidad de los sistemas lénticos de San José del Guaviare.

4.3.3 Macroinvertebrados

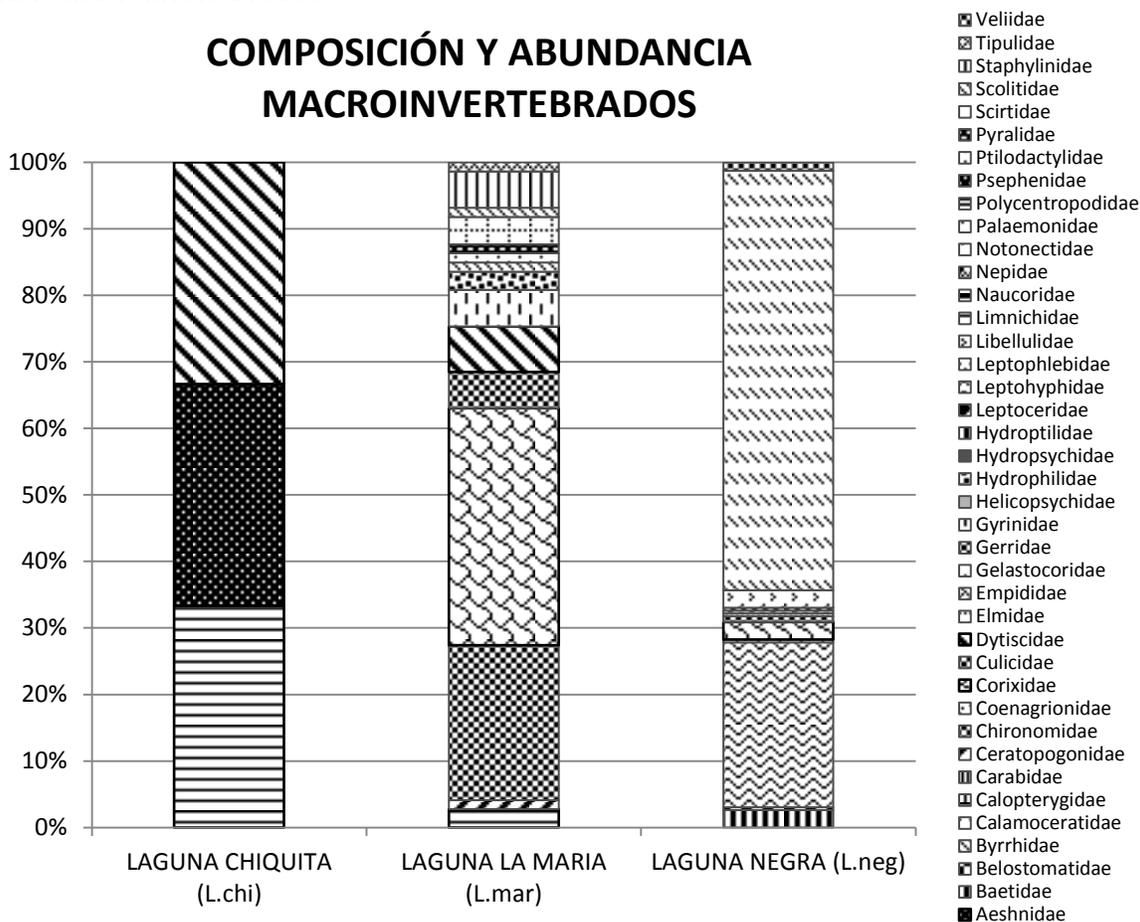


Figura 4.3.3.1. Taxones de macroinvertebrados predominantes en los ecosistemas lénticos muestreados: en la laguna Negra familia Notonectidae, seguida por Chironomidae; en laguna La María familia Corixidae, seguida por Chyronomidae; en laguna Chiquita sólo se colectaron tres individuos de las familias Dytiscidae, Aeshnidae y Acari.

Índices	L. Chiquita	L. La María	L. Negra
Taxones_S	3	15	12
Individuos	3	73	230
Dominancia_D	0,333	0,199	0,461
Simpson_1-D	0,667	0,801	0,539
Shannon_H	1,099	2,049	1,138
Equitabilidad_J	1,000	0,757	0,458
Equitabilidad Simpson (E)	0,111	0,013	0,038

Tabla 4.3.3.1. Índices de composición y diversidad macroinvertebrados

La laguna Negra presenta el mayor número de taxones (12), seguida de las lagunas La María (15) Chiquita (3) (Figura 4.3.3.1. y Tabla 4.3.3.1.). Este orden se mantiene para el total de individuos. Debido al bajo registro de individuos en la laguna Chiquita, sus datos de diversidad deben tomarse con precaución. Según el índice de Shannon, la laguna La María es el ecosistema que presenta mayor biodiversidad. La equitabilidad de Pielou (J)

muestra una proporcionalidad del número de individuos por especies mayor en la laguna Chiquita, dado que hay un individuo para cada una de las tres especies presentes. La equitabilidad es relativamente alta en La María y es baja en la laguna Negra. Esto indica la dominancia de un taxón (Notonectidae) en este lago.

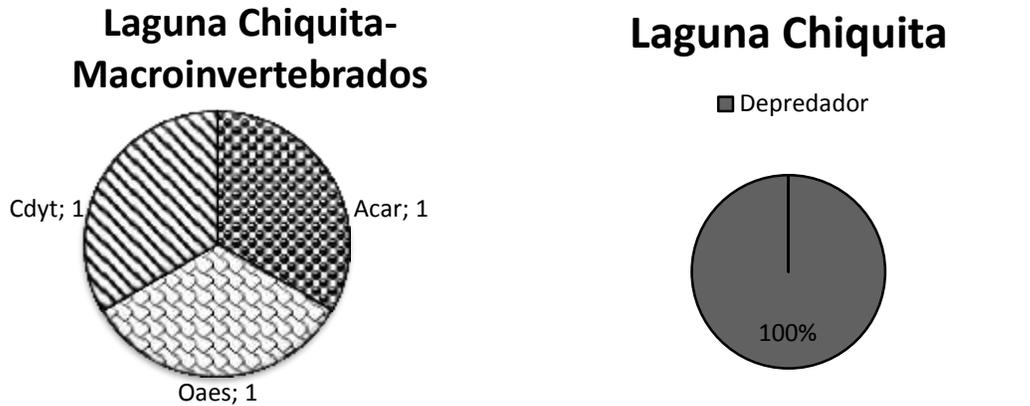


Figura 4.3.3.2. Taxones de macroinvertebrados presentes en La Laguna Chiquita (izquierda) y gremios tróficos (derecha).

En la laguna Chiquita se observa una baja diversidad de macroinvertebrados. Como se mencionó, se recolectaron sólo tres individuos de las familias Dytiscidae, Aeshnidae y Acari. Todos son depredadores (Fig. 4.3.3.2.). Debido a la escasez de datos, probablemente por inconvenientes con el muestreo y por la deficiente identificación de los taxones debido a la mala fijación de las muestras, no es posible sacar conclusiones ni comparar éste ecosistema con los demás.

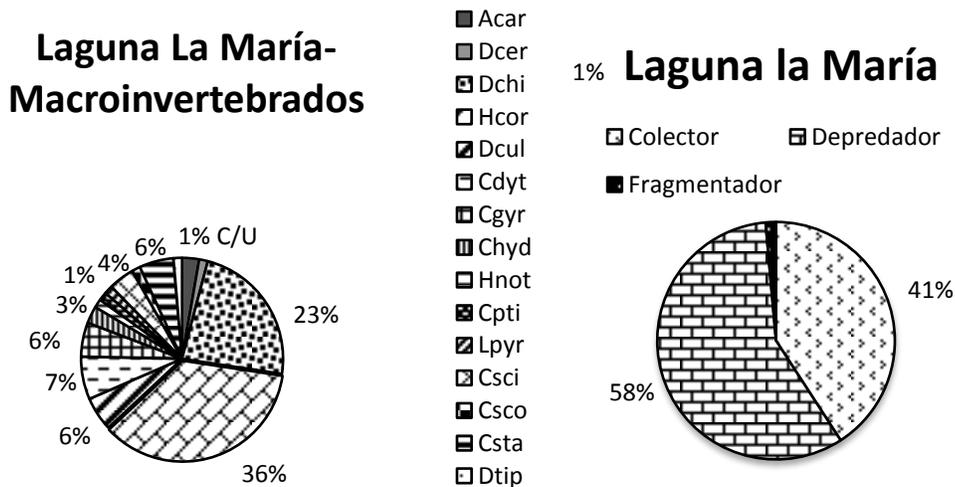


Figura 4.3.3.3. Porcentaje de taxones de macroinvertebrados presentes en La Laguna La María (izquierda) y gremios tróficos (derecha)

En la laguna La María, los taxones mayoritarios fueron Corixidae y Chironomidae, con 26 y 17 individuos respectivamente. El principal gremio fue el de los depredadores (58%), seguido por el de los colectores (41%). Estos últimos atrapan su alimento por medio de la filtración. Los fragmentadores ocupan solamente el 1% (Fig. 4.3.3.3.).

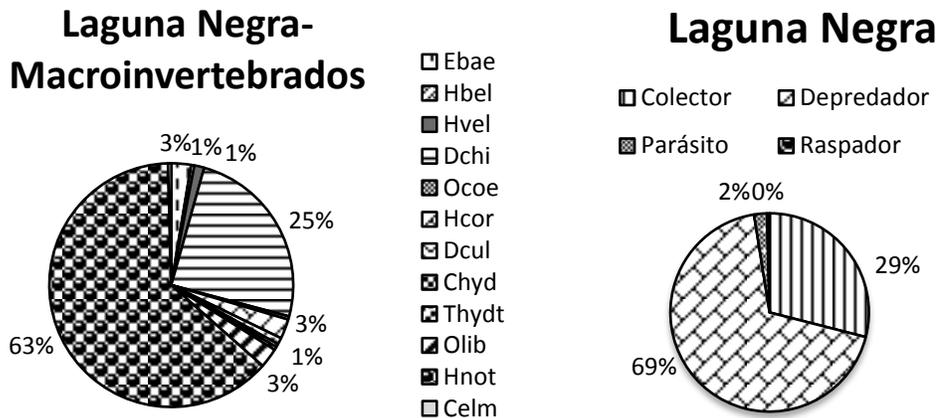


Figura 4.3.3.4. Porcentaje de taxones de macroinvertebrados presentes en La Laguna Negra (izquierda) y gremios tróficos (derecha)

En la laguna Negra predominaron las familias Notonectidae y Chironomidae, con 145 y 57 individuos respectivamente. La gran mayoría fueron depredadores (69%) y les siguieron los colectores (29%); los parásitos constituyeron solamente el 2% y no se recolectaron raspadores (Fig. 4.3.3.4.). Hay que tener en cuenta que la gran mayoría fueron depredadores, pero no eston no sólo estuvieron constituídos por unos pocos taxones, sino que estuvieron conformados por diferentes niveles de depredación (p.e. depredadores que consumen a otros depredadores).

Los integrantes de la familia Notonectidae son depredadores y atacan a presas tan grandes como renacuajos y peces pequeños, habitan en agua dulce, se encuentran comúnmente en lagos, piscinas, pantanos, y están a veces en pequeños estanques. Son ágiles voladores y así migran con facilidad a nuevos hábitats (Hungerford, 1933).

4.3.4 Fitoplancton

Para el nivel ecosistémico se realizó un análisis de los datos para cada una de las lagunas muestreadas. La laguna La María fue más diversa en microalgas; la comunidad encontrada en este sistema constó de 28 géneros y el número de individuos/ml casi dobló al de la laguna Chiquita (262,5 y 136 inds/ml respectivamente). La María tuvo la menor equitatividad entre los tres ecosistemas lénticos, pero éste, y el Índice de dominancia de Simpson D, fueron muy similares a los de la laguna Negra (Tabla 4.3.4.1.). La dominancia en La María fue tan baja que 23 de los géneros representan el 31% del total, cada uno con menos del 7% del total de la comunidad. Hubo una dominancia clara de Cyanophyta, representada por los géneros *Raphidiopsis* y *Spirulina*; y Chlorophyta con los géneros *Stichococcus*, *Chlorococcum* y *Coelastrum* (Fig. 4.3.4.1.). La abundancia de *Raphidiopsis* está relacionada con la alta concentración de fósforo (Ludeña, 2007). El género *Spirulina* es mixotrófico y está influenciado por la intensidad de luz y la concentración de sustrato orgánico (glucosa) (Chojnacka y Noworyta, 2004). Por ello presenta adaptación a bajas entradas de energía radiante (Roldán y Ramírez, 2008), *Stichococcus* tiene la particularidad de incorporar glucosa a los ciclos metabólicos (Carthew y Hellebust, 1983), *Chlorococcum* generalmente domina cuando hay menos materia orgánica (Roldán y Ramírez, 2008) y *Coelastrum* abunda cuando hay mayor ingreso de agua y posiblemente aumento de nutrientes, lo que sugiere cierto grado de eutroficación (Torres-Rodríguez *et al.*, 2012).

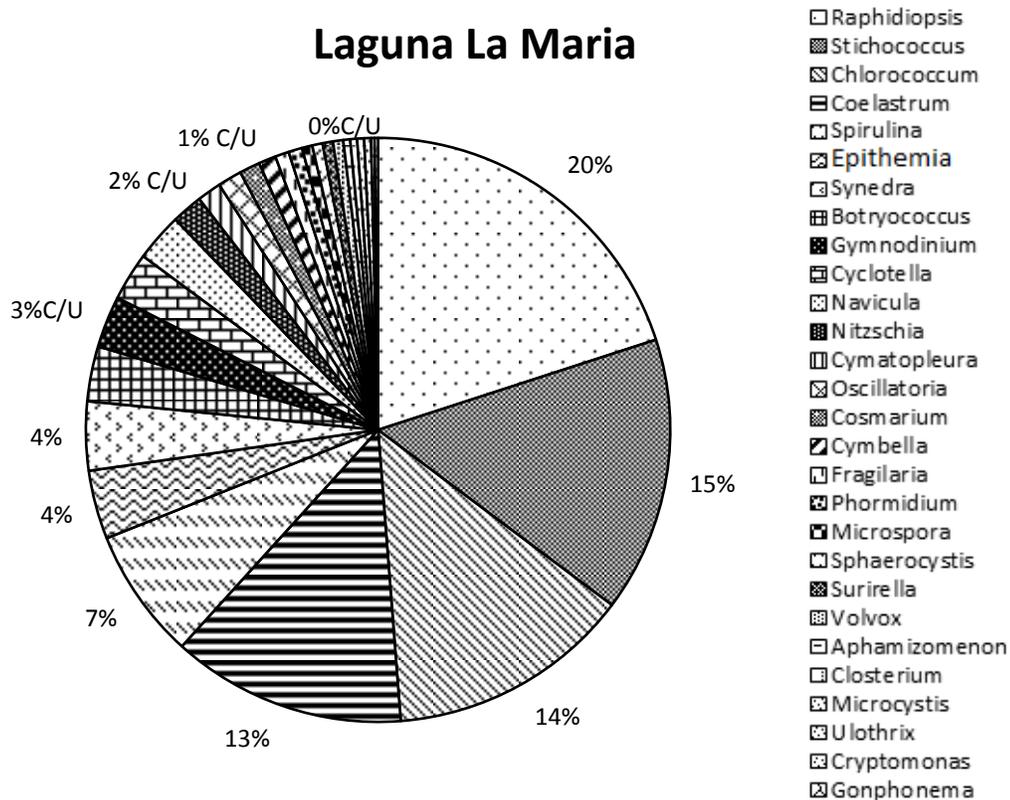


Figura 4.3.4.1. Porcentaje de géneros de Fitoplancton en la Laguna La María.

La laguna Chiquita presentó la menor diversidad, con tan sólo 9 géneros. Representa el sistema léntico con menor densidad de individuos (Tabla 4.3.4.1.), pero con un fuerte dominio de la Cyanophyta *Gloeotheca* (Fig. 4.3.4.2.). Estas algas poseen un mecanismo de compartimentalización con membranas internas que separan la respiración de la fotosíntesis y así fijan Nitrógeno (Orozco, 1999). Por otra parte, una abundancia importante de *Peridinium* muestra un alto contenido de nutrientes que promueven su abundancia (Gárate-Lizárraga y Muñetón-Gómez, 2008). La dominancia fue la más altas de las tres lagunas.

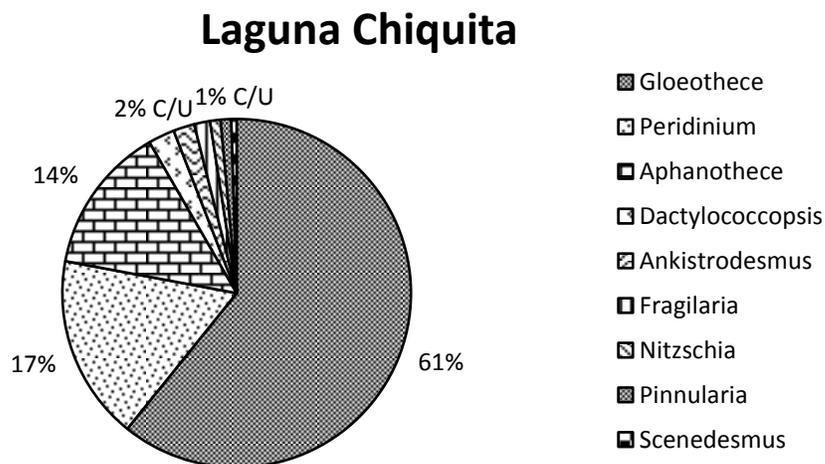


Figura 4.3.4.2. Porcentaje de géneros de Fitoplancton en la Laguna Chiquita.

En la laguna Negra se registraron 20 géneros y una abundancia de 170,60 individuos por mL (Tabla 4.3.4.1.). La dominancia se debió a Cyanophytas y Chlorophytas. Dentro de las primeras se destacaron *Aphanothece* y *Gomphosphaeria*, que alcanzaron el 38%, mientras que *Chlamydomonas* se destacó entre las Chlorophytas, con un 15% (Fig. 4.3.4.3.). El contenido en proteínas (76%) de *Aphanothece* es superior al de otras cyanophytas, cumpliendo un papel fundamental en la red trófica (Tindall *et al.*, 1977). El incremento en la abundancia de *Gomphosphaeria* está relacionado con el aumento en los nitritos (NO₂) (Ramírez-Ruiz, 2009). El predominio de Cyanophytas y de flagelados como *Chlamydomonas* y *Cryptomonas* se puede asociar con valores promedio más bajos de los nutrientes (fósforo reactivo y nitrógeno en forma de nitratos y de amoníaco) (Oliva-Martínez *et al.*, 2008). Los registros de dominancia, equitatividad, diversidad de Shanon y uniformidad de Pielou fueron muy similares a los reportados para la laguna La María.

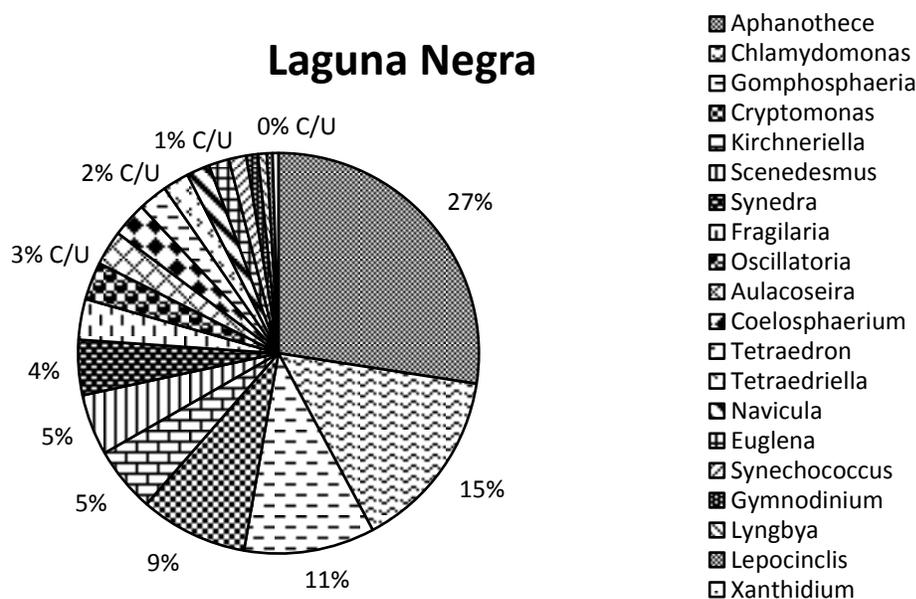


Figura 4.3.4.3. Porcentaje de géneros de Fitoplancton en la Negra.

En cuanto a los registros de dominancia (D.) se observó que las lagunas La María y Negra presentaron valores bajos, lo que a su vez está relacionado con el hecho de que estos sistemas también presentaron la mayor riqueza de géneros y una diversidad medianamente alta, con taxones cuya abundancia estuvo uniformemente distribuida. La menor riqueza y diversidad se encontraron en la Laguna Chiquita, en donde la comunidad de algas presentó taxones con abundancias desiguales, es decir, con menos equitatividad. Según Margalef (1997), la disminución de la diversidad indica un incremento de la actividad metabólica de los organismos, de modo que las variaciones de la diversidad están asociadas a las características productivas de la comunidad. Según Duarte *et al.* (1992), los lagos dominados por Cyanophyta serían eutróficos, es decir, laguna Chiquita y muy probable laguna Negra; la abundancia de estas algas ocurre especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las relaciones habituales en la relación entre nitrógeno y fósforo (Margaleff, 1983).

Lugar	Laguna Negra	Laguna Chiquita	Laguna La Maria
Dominancia (D) Simpson	0,128	0,419	0,111
Equitatividad de Simpson	0,0064	0,0466	0,0039
Diversidad Shanon	2,449	1,224	2,566
Uniformidad (Pielou)	0,817	0,557	0,770
Riqueza (# de morfoespecies)	20	9	28
Abundancias (células por mililitro)	170,60	136,00	262,50

Tabla 4.3.4.1. Índices de diversidad de la comunidad de fitoplancton para los tres ecosistemas lénticos

Como se observa en la tabla 4.3.4.2., en general, la producción primaria en los tres ecosistemas fue baja. Sin embargo, se presentó mayor producción en la laguna La María, lo cual concuerda y se explica porque es la laguna con mayor abundancia de nutrientes (especialmente fosfatos); otro factor que podría estar explicando este comportamiento es la alta radiación que ocurrió a las horas del muestreo, mayor a la de los días de los otros muestreos, y la alta temperatura. En contraste, los valores más bajos de producción se dieron en las Lagunas Negra y Chiquita, donde la baja presencia de nutrientes no permitió una producción primaria alta. Se asume que en estos ecosistemas no se está produciendo oxígeno y únicamente se está consumiendo por medio de la respiración.

PARAMETRO	Laguna Negra	Laguna La María	Laguna Chiquita
Producción primaria neta ($\text{MgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$)	0.05	0.1	0.008333
Respiración ($\text{MgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$)	0.0125	-0.683333	0.208333
Producción primaria bruta ($\text{MgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$)	0.0625	-0.583333	0.216667

Tabla 4.3.4.2. Producción primaria neta (PPN), Producción primaria bruta (PPB) y respiración en las lagunas muestreadas en la llanura aluvial

En comparación con otras regiones de la Orinoquía, a simple vista no hay muchas semejanzas. Así por ejemplo, la laguna Carimagua en el Vichada (Franco *et al.*, 2012) tiene más nutrientes que la laguna La María, que fue la de mayor producción para la región del Guaviare, pero a diferencia de esta, en Carimagua hay más respiración. Estas lagunas presentan valores similares de pH y conductividad, pero sus condiciones de temperatura, saturación de oxígeno y nutrientes son diferentes.

	Laguna Carimagua	Laguna 2
PPN	0,101	0,017
R	0,095	0,049
PPB	0,006	0,032

Tabla 4.3.4.3. Producción primaria, bruta y respiración en la Región de Carimagua, Meta, Colombia (Franco *et al.*, 2012).

4.3.5 Zooplancton



Figura 4.3.5.1. Taxones predominantes de los ecosistemas lénticos muestreados: en la laguna Negra familia Calanoida, seguida por *Daphnia gessneri*; en laguna La María familia Lecane, seguida por Cyclopidae; en laguna Chiquita *Diaptomus sp.* y luego *Camptocercus sp.*

Índices	L. Negra	L. María	L. Chiquita
Taxones_S	8	12	16
Total Individuos/Litro	62373.02	3100.00	2933.33
Dominancia_D	0.20	0.24	0.16
Simpson_1-D	0.80	0.76	0.84
Shannon_H	1.78	1.80	2.32
Equitabilidad_J	0.86	0.72	0.84
Equitatividad Simpson (E)	0.03	0.02	0.01

Tabla 4.3.5.1. Índices de composición y diversidad- zooplancton

La laguna Chiquita presentó el mayor número de taxones (16), seguida por la laguna La María (12) y la laguna Negra con 8 taxones. (Tabla 4.3.5.1.) El orden se invierte al analizar el total de individuos por litro, siendo la laguna Negra la de mayor abundancia. Según el índice de Shannon, la laguna Chiquita es el ecosistema que presentó mayor

diversidad. La dominancia muestra que en las tres lagunas la distribución individuos/especies fue bastante uniforme, aunque en La María se observó la dominancia de un taxón (*Lecane* sp., Figura 4.3.5.1.). La equitabilidad de Pielou (J) y la equitatividad de Simpson muestran una diversidad relativamente alta para los tres lugares, siendo mejor la repartición de individuos entre los taxones en la laguna Negra.

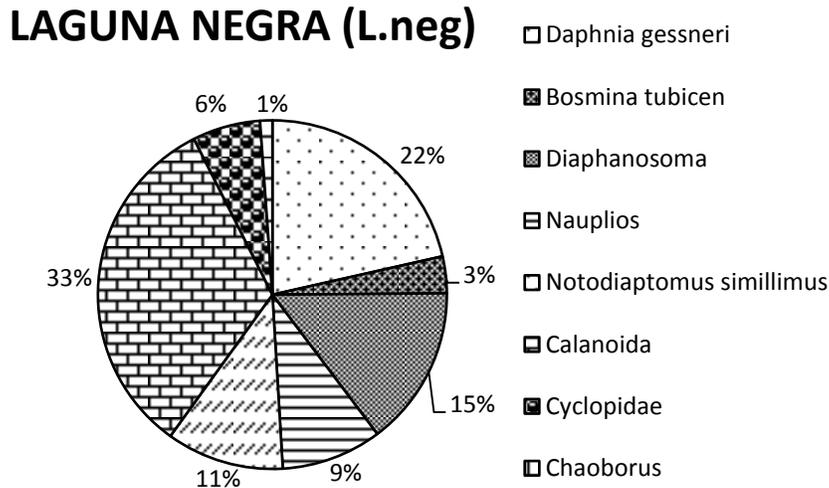


Figura 4.3.5.2. Porcentaje de taxones de zooplancton presentes en La Laguna Negra

En la laguna Negra casi la mitad de los individuos pertenecieron a la familia Diaptomidae - Calanoida con 499 individuos. Le siguieron Daphniidae- *Daphnia gessneri* con 13.388 individuos, Sididae- *Diaphanosoma* con 9.269 individuos y Diaptomidae- *Notodiptomus simillimus* (Figura 4.3.5.2.). Los Diaptomidae en general, habitan lagos y ríos en altitudes medias hasta zonas bajas. *N. simillimus* se encuentra en ríos de Colombia a altitudes de 300 msnm y está reportada en los departamentos de Meta y Guainía (Gaviria y Aranguren. 2007). Con este estudio se confirma por primera vez su presencia en el Guaviare.

La laguna Negra presentó los valores más bajos de sólidos disueltos y suspendidos, los cuales influyen en gran medida el ecosistema. Es importante notar la posible menor circulación de corrientes de agua que generan una menor resuspensión de los sedimentos de la laguna y que dispersan menos la materia orgánica más profunda. La escasa concentración de nutrientes no permite una producción primaria alta, por lo que las vías detríticas serían las responsables de la abundancia de copépodos; posiblemente hay muchas bacterias que son consumidas por ciliados y éstos a su vez por los copépodos.

LAGUNA LA MARIA (L.mar)

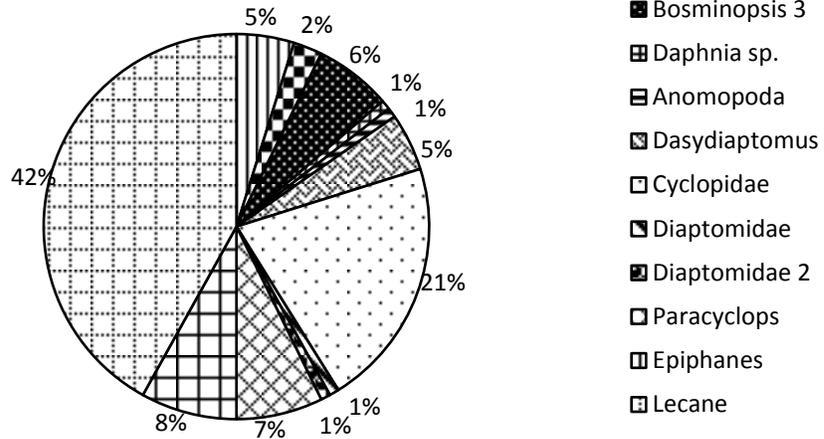
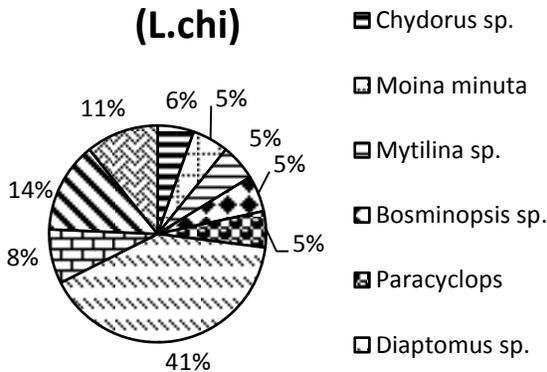


Figura 4.3.5.3. Porcentaje de taxones de zooplancton presentes en la laguna La María

En la laguna La María predominó el taxón *Lecane* sp. (42%), seguido de *Cyclopidae* (21%) y *Epiphanes* sp. 8 %. (Figura 4.3.5.3.) Este ecosistema es una madre vieja rica en hojarasca y troncos, por lo cual se esperaría muy poco oxígeno disuelto, pero la influencia de aguas oxigenadas del río Guaviare parece suministrar suficiente oxígeno al sistema. Estuvo fuertemente definida por los fosfatos y el oxígeno disuelto, y posiblemente por eso su producción primaria fue mayor.

El análisis fisicoquímico mostró que en general esta laguna fue oligotrófica. La presencia de copépodos y rotíferos indica lo contrario, debido a que dichos organismos predominan en ecosistemas eutróficos, con una buena disponibilidad de detritos, algas, bacterias y ciliados, que son sus principales fuentes de alimento. Sin embargo, aunque en baja concentración, éste ecosistema presentó comparativamente la mayor cantidad de fosfatos, factor que podría explicar este resultado.

LAGUNA CHIQUITA (L.chi)



LAGUNA CHIQUITA (L.chi) Otros

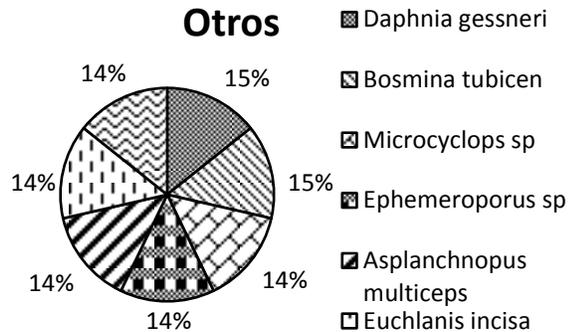


Figura 4.3.5.4. Porcentaje de taxones de zooplancton presentes en La Laguna Chiquita. Se observa la gráfica de los taxones más abundantes (izquierda) y la gráfica con los taxones menos abundantes "otros"(derecha).

En la laguna Chiquita predominó Diaptomidae- *Diaptomus* sp. con 1000 individuos, seguido de *Mesocyclops* sp. con 333.33 y *Camptocercus* sp con 266.66. Se observa gráfica con la distribución de los taxones dominantes (izquierda) y la gráfica “Otros” con la distribución de los taxones menos dominantes (derecha) (Fig. 4.3.5.4.).

Diaptomidae- *Diaptomus* sp. es un copépodo de grandes lagos de agua dulce y de aguas tranquilas, por lo que es muy común encontrarlo en ecosistemas como la laguna Chiquita. Los nauplios de *Mesocyclops* son depredadores activos en sus primeros estadíos; múltiples estudios confirman que son los responsables de la baja densidad poblacional de Dípteros y son excelentes colonizadores, llegando a convertir en plaga.

La laguna Chiquita fue muy variable fisicoquímicamente, pero estuvo definida principalmente por el amonio, la temperatura, la conductividad y en menor medida por el pH. Los nutrientes fueron escasos, lo que no permitió una producción primaria alta. Por ello, la presencia de copépodos puede deberse a la energía que llega a través de las vías detríticas, es decir, a una gran cantidad de bacterias que son alimento de ciliados, y éstos últimos son consumidos por los copépodos. Se observó en ésta laguna la mayor cantidad de sólidos disueltos y suspendidos totales y un mayor grado de mineralización. El grado de eutrofia y la posible presencia de peces son importantes limitantes biológicos del zooplancton. Las aguas eutróficas se caracterizan por un predominio de rotíferos y cladóceros, mientras que la participación de los copépodos aumenta en aguas más profundas y menos fértiles, como se observa en este caso particular.

4.4. Caño La María

4.4.1 Parámetros físico-químicos e hidrológicos

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas geográficas, la altura y la fecha en la que se muestreó el caño La María, sistema lótico en la llanura aluvial.

FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
17-abr-13	Caño La María	2°32'0,9"N	72°41'13,2"W	195

Tabla 4.4.1.1. Geoposicionamiento del caño La María en la llanura aluvial del río Guaviare.

En la Tabla 4.4.1.1. se registran los datos de ubicación del punto de muestreo en el caño La María. En la Tabla 4.4.1.2 se ve que la temperatura estuvo alrededor de los 26,3°C. Los fosfatos, los nitratos y el amonio fueron muy bajos, especialmente los nitratos que no se pudieron detectar. Se puede afirmar que el sistema lótico La María tiende a ser oligotrófico, con limitación por nitrógeno. Esto se refleja también en alta transparencia Secchi, el pH ácido, la baja conductividad y, por consiguiente, los pocos sólidos disueltos y suspendidos encontrados en este cuerpo de agua (Salcedo, 2008).

El oxígeno disuelto en este caño fue alto. En los sistemas lóticos en general el oxígeno es elevado debido a la dinámica de reariación y de turbulencia del sistema. La materia orgánica particulada gruesa se retuvo casi en un 100%, en concordancia con la densidad de deriva que presentó valores muy bajos. Este comportamiento está influenciado por la presencia de obstáculos en el lecho del caño; quizás la relativa baja velocidad del agua permite que la MO se sedimente; además, el cauce es irregular (Fig. 4.4.1.1.). Esta última

característica indica la formación relativamente reciente del caño ya que muestra que aunque ha tenido varios procesos de sedimentación y erosión la morfología aún forma una U y no se evidencian accidentes marcados. Los datos negativos de producción primaria neta, bruta y señalan que en el bentos no hay producción sino solo respiración.

En comparación con los otros sistemas lóticos muestreados en la región, La María tiene un caudal alto. El calculado por el método de la conductividad ($4 \text{ m}^3/\text{s}$) es más confiable debido a que el cauce no es uniforme. Por consiguiente, el caudal por el método "geométrico" (velocidad por área) es más impreciso.

PARAMETRO	Caño La María		
Temperatura (°C)	26.1	26.4	26.5
Conductividad (ms/cm)	6.02	6.13	6.02
pH	4.47	4.56	4.91
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7.04	6.98	6.95
Saturación O2 (%)	88.7	88.5	87.6
Sólidos Disueltos (ppm)	2.69	2.74	2.69
Ancho cauce (m)	12.5	11.16	10.5
Prof. Media(m)	0.5589	0.6558	0.583
V. Sup. (m/s)	0.3042	0.157	0.301
Transp. Secci hor. (m)	2.8	2.5	2.65
Caudal por Salinidad (m^3/s)	3,971775697		
Caudal "geométrico" (m^3/s)	1,733565521		
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	0.0107		
Sólidos suspendidos orgánicos (mg/l)	0.0031		
Sólidos suspendidos inorgánicos (mg/l)	0,0076		
Amonio (mg/l)	0.45		
Nitratos (mg/l)	0		
Fosfatos (mg/l)	0.7		
Densidad de deriva MOPG (g/m^3)*	0,00136		

Tabla 4.4.1.2. Parámetros fisicoquímicos del caño La María, llanura aluvial del río Guaviare (Colombia)

*Se calculó con $D = g/(T.V.A)$, donde T: tiempo en segundos y V: velocidad en m/s, por lo que la unidad de tiempo se elimina



Figura 4.4.1.1. Perfiles batimétricos del caño La María, llanura aluvial. Guaviare (Colombia)

4.4.2 Fitoperifíton

En el caño La María se presentó la mayor abundancia por área de algas perifíticas (2477,78 individuos por cm^2). Se hallaron 11 géneros, con predominancia de taxones como *Sphaerocystis* (46%, Chlorophyta) y *Navicula* y *Nitzschia* (35%, Bacillariophyta), que representaron en conjunto el 81% de la abundancia (Fig. 4.4.2.1.). Este patrón no se observó en los demás ecosistemas lóticos, en los que las cianobacterias perdieron importancia. Este resultado no era el esperado, ya que este caño La María fue el de mayor caudal, y los géneros abundantes allí no presentan estructuras de fijación fuertes al sustrato, por lo que deberían verse afectados por la corriente. Este fenómeno posiblemente se debió a la ubicación del sustrato en zonas de remanso en el caño, donde estos taxones se ven menos afectados por efecto del arrastre de la corriente.

La densidad tan alta de fitoperifíton en este río, en comparación con los demás sistemas lóticos, puede estar relacionada con que el caño La María presentó el mayor valor de fosfatos. Este es uno de los nutrientes que más limitan el crecimiento de las algas, por lo que la mayor concentración de este elemento favorece una alta productividad perifítica. Por otro lado, la razón de la mayor proporción de Chlorophyceas puede estar influenciada por la elevada transparencia del agua, ya que estas algas necesitan de buena cantidad de luz para su desarrollo, dado que sus cloroplastos son capaces de utilizar mejor la longitud de onda roja (Roldán y Ramírez, 2008). Otro factor importante de la diferencia en composición del fitoperifíton de este caño es su conexión con la laguna La María, en donde *Navicula* fue uno de los taxones importantes y se comparte con este ecosistema. Lo mismo ocurre con *Oscillatoria*, lo que influencia mucho su composición taxonómica.

En cuanto a los índices ecológicos, la dominancia fue relativamente alta (0,29) y la diversidad de Shannon y la equitatividad de Simpson fueron bajas. Por ello, la comunidad se caracteriza por presentar ciertos taxones con muchos individuos y otros con muy pocos, es decir, poca uniformidad y equitatividad (Tabla 4.4.2.1.).

Por su parte, la producción primaria bentónica estuvo remplazada por la respiración (Tabla 4.4.2.2).

Caño La María

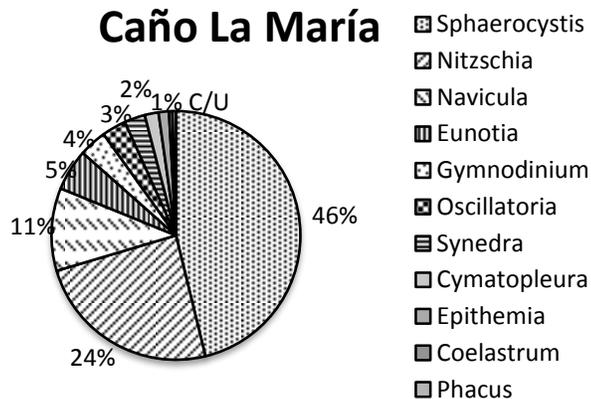


Figura 4.4.2.1. Dominancia de géneros fitoperifíticos presentes en el caño La María

Lugar	Caño La María
Dominancia (D) Simpson	0,29
Equitabilidad de Simpson	0,0264
Diversidad Shanon	1,601
Uniformidad (Pielou)	0,667
Riqueza (# de morfoespecies)	11
Abundancias (células/cm ²)	2477,78

Tabla 4.4.2.1. Índices de diversidad del fitoperifiton del caño La María

Producción primaria y Respiración

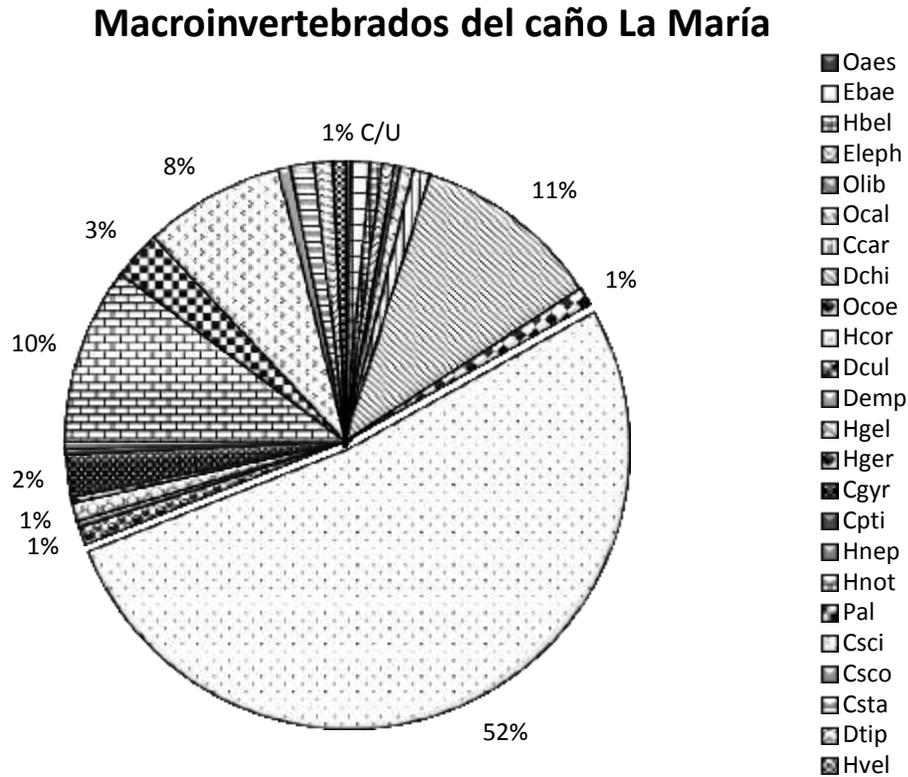
PARAMETRO	CAÑO LA MARÍA
Producción primaria neta (MgO ₂ m ⁻² h ⁻¹)	-0.0527
Respiración (MgO ₂ m ⁻² h ⁻¹)	-2.065

Tabla 4.4.2.2. Producción primaria neta (PPN) y respiración en el caño La María

4.4.3 Macroinvertebrados

La estructura de la comunidad de macroinvertebrados del caño La María mostró una clara dominancia por la familia Corixidae con 148 individuos, seguida por Chironomidae y Notonectidae con 31 y 29 individuos respectivamente. En la Figura 4.4.3.1. se muestra la composición en porcentaje. Los órdenes predominantes fueron Coleóptera y Hemíptera con 10 familias. En cuanto a grupos funcionales, un 79% correspondió a depredadores, con Corixidae y Notonectidae como las familias más abundantes. El grupo de los colectores estuvo representado principalmente por la familia Chironomidae. De los fragmentadores solo se encontró la familia Palaemonidae. Los índices de diversidad mostraron una comunidad moderadamente diversa y de uniformidad media (Tabla 4.4.3.1.).

Como se mencionó atrás, los perfiles batimétricos del caño La María (Fig. 4.4.1.1.) dejan ver que el curso del río tiende a ser meándrico, con curvas interiores de velocidad de la corriente lenta y curvas exteriores más rápidas. Estas variaciones condicionan la distribución de las formas de vida como macrófitas y macroinvertebrados dentro del tramo del río estudiado.



Gremios tróficos en el Caño La María

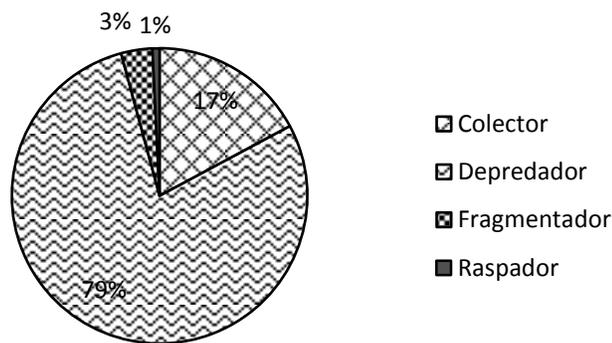


Figura 4.4.3.1. Abundancia de familias (superior) y gremios tróficos (inferior) en el caño La María

El sustrato que presentó la mayor cantidad de individuos y taxones fue el de la vegetación ribereña, con más del 90% de la abundancia total del caño. Este tipo de vegetación puede modificar la velocidad de la corriente, haciéndola menor y permitiendo la presencia de individuos de familias como Corixidae, que prefieren ambientes lénticos como lagos grandes y pequeños, o en remansos de ríos en los cuales la velocidad de la corriente es menor. Sólo algunas especies de esta familia están asociadas a corrientes fuertes (Menke, 1979). Un patrón similar se presenta en varias de las familias de hemípteros y algunos coleópteros que habitan en la película superficial del agua (Aristizabal, 2002). Es el caso de la familia Gerridae, que se encuentra en aguas abiertas de flujo lento como lagos, pantanos y remansos de ríos. En este mismo sustrato los individuos de la familia Chironomidae y otros pocos colectores parecen ser los encargados de sostener la diversidad de los depredadores (Franco *et al.*, 2012). En cuanto a los fragmentadores, solo se encontraron individuos del género *Macrobrachium*, que por su gran tamaño poseen la capacidad de movilizarse por varios sustratos. Sin embargo es difícil encasillarlos únicamente como fragmentadores, debido a que su nicho ecológico es más amplio y su función trófica puede cambiar según la disponibilidad de recursos (Rodríguez-Barrios *et al.* 2011, Pringla y Blake, 1994). En cuanto a gremios tróficos, la abundancia de depredadores (Figura 4.4.3.1.) puede estar dada por la presencia de muchos niveles de depredadores, es decir, solo algunos de estos depredadores se alimentan de otros grupos como colectores y raspadores, y de estos se alimentarían otros niveles de depredadores (Rodríguez-Barrios y Ospina-Torres, 2007).

Índices	Valores
Taxones_S	24
Individuos	284
Dominancia_D	0,303
Simpson_1-D	0,697
Shannon_H	1,852
Equitabilidad_J	0,583
Equitabilidad Simpson (E)	0,013

Tabla 4.4.3.1. Índices de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados del caño La María

4.5. Síntesis

La llanura aluvial del río Guavire presenta características propias de los ambientes selváticos, tales como altas humedades y temperaturas, suelos con alta materia orgánica y pH ácidos, así como varios estratos de vegetación. Todas estas características propician el desarrollo de diferentes hábitats y nichos para la vegetación, lo cual se ve reflejado en valores de equitatividad y de diversidad altos. Los pulsos de inundación a los que se ve sometida la llanura aluvial pueden fertilizar el suelo, con lo cual sus conductividades tienden a ser altas, al igual que la riqueza y diversidad de la artropofauna. Esto también explicaría la presencia de algunas familias de invertebrados acuáticos en la composición del suelo del ecosistema. Sin embargo, los pulsos de inundación a los que se ve sometido parece tener como consecuencia que la riqueza, abundancia y diversidad de esta selva inundable sean menores que los de los otros ecosistemas selváticos y boscosos de la región (Quintero *et al.*, 2007).

Con respecto a los ecosistemas acuáticos ubicados en la llanura aluvial, se encontró que la laguna Negra se diferencia de las otras dos lagunas y del caño La María en características fisicoquímicas similares a las que Sioli (1975) denomina aguas negras, a pesar de ser una madre vieja del río Guaviare (aguas blancas). Las características particulares que presenta esta laguna se deben a la ausencia de mineralización. Probablemente en algún momento de la historia de estos cuerpos de agua, la laguna Negra hacía parte del plano de inundación del Guaviare; al disminuir éste su plano de inundación, la laguna Negra dejó de ser lavada en épocas lluviosas. Las lagunas Chiquita La María se encuentran más cerca del río Guaviare, de manera que aún están bajo su influencia. El origen de las aguas que recorren el caño La María y las lagunas de la región de estudio es principalmente andino, puesto que se derivan del río Guaviare, aunque existen influencias locales de aguas claras y negras. El caño y la laguna La María comparten un número considerable de taxones de macroinvertebrados y perifiton por la conexión que hay entre estos dos sistemas. La familia Corixidae y las formas algales gelatinosas y postradas dominan en los remansos del caño La María, donde la velocidad de la corriente es baja y donde la vegetación ribereña ayuda a disminuir aún más dicha velocidad. Los índices de diversidad beta para los macroinvertebrados y el perifiton indican que la laguna Negra también comparte un número considerable de taxones con la laguna y el caño La María, debido posiblemente a la conexión histórica de los cuerpos de agua en la plano de inundación del río Guaviare. Dado que la laguna Chiquita presentó una composición de macroinvertebrados bastante pobre, es difícil relacionarla con los otros sistemas acuáticos de la llanura aluvial, aunque en el perifiton presenta una similaridad del 66% con la laguna Negra. Los tres ecosistemas lénticos se caracterizaron por la presencia de formas postradas, seguramente por el poco movimiento del agua.

5. SABANAS DE LA FUGA

5.1. Geomorfología: Unidades de paisaje

Esta unidad homogénea presenta terrenos ondulados y de sabana. Los primeros, como su nombre lo indica, están conformados por planicies onduladas a levemente onduladas con alturas reducidas. Presentan una red de drenajes sub-dendrítico de carácter denso en los afluentes de tercer orden, con curvas suaves y cursos cortos no mayores a un kilómetro, los cuales confluyen a tributarios de segundo orden alineados más o menos paralelos. Estos drenajes tienen pendientes más o menos uniformes. Se presentan extensiones con pendientes bajas que presentan una vegetación rala sometida a quemadas frecuentes. Esta unidad muestra algunos drenajes largos con un patrón recto, parcialmente controlados por la litología (Arango *et al.*, 2011).

5.2. Sabana edáfica

5.2.1. Vegetación

El estrato herbáceo de la Sabana de La Fuga (edáfica) se encuentra dominado por la especie de la familia Lamiaceae, representada por *Hyptis sp.* con un índice de valor de importancia (IVI) del 21 %, seguido representantes de la familia Poaceae (*Trachypogon sp.*) con un índice de valor de importancia del 20% (Tabla 5.2.1.1.). Los representantes de las familias Cyperaceae (*Dyckromena*), Poaceae (*Andropogon selloanus*) y Heliconiaceae (*Heliconia sp.*) obtuvieron respectivamente un IVI de 18%, 16% y 14%, respectivamente. La

presencia de Cyperaceas y Poaceas con IVIs altos eran de esperarse en la sabana por ser familias adaptadas a las condiciones climáticas dominantes.

Morfoespecies Herbáceo	IVI (%)
Hibiscus	1.949
NN vena roja	1.949
Palicourea rígida	1.949
Seleria	1.949
Verbenaceae	1.949
Pasto andino	2.026
Schyeikia	2.026
Pastel	2.103
Cyperus	2.232
Hoja glabra	2.335
Fabaceae	2.607
Bejuco opuesto	2.607
Chaparro juvenil	2.607
Melastomataceae glabra	2.607
Pubescente	2.607
Vena Roja	2.607

Glabro	2.821
Hoja Grande	4.001
4 foliolos	4.026
Clidemia	5.214
Sida	5.214
Hyptis 2	5.357
Triverticilada	6.582
Hoja Ancha	6.847
NN	7.000
Fabaceae pastel	8.036
Pasto ancho	9.502
Menispermaceae	9.642
Heliconia	13.979
Andropogon selloanus	16.286
Dychromena	18.086
Trachypogon	20.195
Hyptis	21.098

Tabla 5.2.1.1. Índice de valor de Importancia para el estrato herbáceo en la sabana edáfica

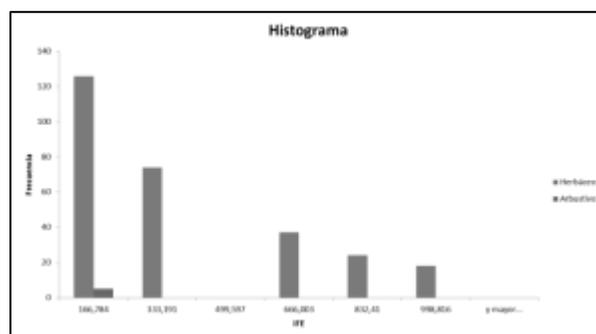


Figura 5.2.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana de La Fuga

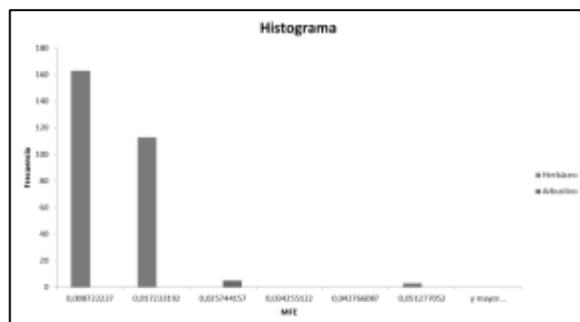


Figura 5.2.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana de La Fuga

El índice foliar específico IFE (Figura 5.2.1.1.) y el índice de masa foliar específica MFE (Figura 5.2.1.2.) muestran un sesgo hacia hojas de áreas pequeñas y masas bajas, tendiendo a hojas de tipo malacófilo, las cuales se caracterizan por tener índices fotosintéticos altos y baja acumulación de taninos u otros elementos de reserva, típicos de la vegetación herbácea encontrada.

5.2.2. Artropofauna

5.2.2.1. Variables ambientales

SUELO				SUPERFICIE			
pH	4,06	Porcentaje Arenas	20	Peso Raíces (g)	11,86	Temperatura(°C)	38,1
Conductividad (us)	0,21	Porcentaje Limos	55	Capacidad de campo (g/ml)	0,0664	Humedad Relativa (%)	58
Materia Orgánica (%)	17,481	Porcentaje Arcillas	25	Densidad aparente	1,1		

Tabla 5.2.2.1.1. Variables ambientales en la Sabana La Fuga.

Los suelos de la Sabana de La Fuga están asociados a un alto porcentaje de limos (55%), seguidos por arcillas (25%) y arenas (20%) (Tabla 5.2.2.1.1.). Otro factor importante es el pH del suelo es el cual es un poco ácido (4,06) con una conductividad de 0,21 microSiemens/cm y un contenido de materia orgánica del 17,48%. En el suelo de este ecosistemas se encontraron 1,86 g gramos de raíces; tiene una capacidad de campo de 0,0664 g/m y una densidad aparente de 1,1. A nivel superficial la temperatura es alta (38,1° C) y la humedad relativa baja (58%). Como es natural, la falta de una cobertura boscosa más densa incrementa la radiación incidente.

5.2.2.2. Nivel de ecotopo

COMPARTIMENTO	ORDEN	FAMILIA	GREMIO	ABUNDANCIA	BIOMASA (g)
Herbáceo	Acari	Acari	Parásito	61	1,5371
	Araneae	Araneae	Depredador	86	0,7297

Blattodea	Blattidae	Polífago	2	0,0784	
Isoptera	Isopteridae	Saprófago	2	0,0321	
Coleoptera	Brentidae	Fitófago	1	0,0248	
	Carabidae	Depredador	9	0,0117	
	Cerambycidae	Fitófago	1	0,1289	
	Chrysomelidae	Fitófago	27	0,1578	
	Curculionidae	Fitófago	39	0,3072	
	Histeridae	Depredador	1	0,0040	
	Hydroscaphidae	Fitófago	4	0,0076	
	Lampyridae	Fitófago	7	0,0683	
	Nitidulidae	Fitófago	2	0,0081	
	Nosodendridae	Saprófago	1	0,0035	
	Scarabaeidae	Coprófago	6	0,6197	
	Staphylinidae	Polífago	196	0,7195	
	Collembola	Collembola	Saprófago	19	0,0020
	Diptera	Agromyzidae	Fitófago	1	0,0007
		Asteiidae	Fitófago	18	0,0342
Calliphoridae		Fitófago	3	0,0121	
Cecidomyiidae		Fitófago	3	0,0025	
Ceratopogonidae		Hematófago	7	0,0702	
Chamaemyiidae		Depredador	1	0,0031	
Chironomidae		---	2	0,0005	
Conopidae		Fitófago	1	0,0072	
Culicidae		Hematófago	19	0,0322	
Dolichopodidae		Depredador	11	0,1285	
Drosophilidae		Fitófago	125	0,1442	
Empididae		Fitófago	3	0,0217	
Ephydriidae		Fitófago	7	0,0122	
Lauxaniidae		Fitófago	7	0,0283	
Micropezidae		Depredador	6	0,1490	
Milichiidae		Parásito	1	0,0007	
Muscidae		Coprófago	15	0,5750	
Mycetophilidae		Fungívoro	5	0,0123	
Otitidae		Fitófago	2	0,0081	
Phoridae		Saprófago	22	0,0309	
Richardiidae		Fitófago	2	0,0059	
Sciaridae		Fungívoro	21	0,0464	
Stratiomyidae		Saprófago	9	1,3415	
Syringogastridae		---	12	0,0882	
Syrphidae		Fitófago	11	0,2365	
Tephritidae		Fitófago	13	0,5155	
Tipulidae		Fitófago	6	0,1248	
Ulidiidae		Fitófago	1	0,0072	

Hemiptera	Aleyrodidae	Fitófago	2	0,0013	
	Aphididae	Fitófago	1	0,0007	
	Cercopidae	Fitófago	20	0,5384	
	Cicadellidae	Fitófago	37	0,7510	
	Cixiidae	Fitófago	29	0,0452	
	Coreidae	Fitófago	1	0,0175	
	Cydnidae	Fitófago	1	0,0117	
	Delphacidae	Fitófago	2	0,0350	
	Derbidae	Fitófago	3	0,0028	
	Dictyopharidae	Fitófago	3	0,2490	
	Membracidae	Fitófago	1	0,0019	
	Miridae	Fitófago	1	0,0072	
	Pentatomidae	Fitófago	1	0,0040	
	Psyllidae	Fitófago	2	0,0038	
	Reduviidae	Hematófago	4	0,4549	
	Scutelleridae	Fitófago	1	0,3516	
	Tropiduchidae	Fitófago	1	0,0072	
	Hymenoptera	Agaonidae	Fitófago	12	0,0079
		Anthophoridae	Fitófago	5	0,0095
Apidae		Fitófago	3	0,0806	
Braconidae		Parasitoide	7	0,1163	
Chalcidoidea		Parasitoide	4	0,0249	
Diapriidae		Parasitoide	1	0,0007	
Encyrtidae		Parasitoide	1	0,0007	
Figitidae		Parasitoide	1	0,0175	
Formicidae		Fitófago	352	4,8452	
Pteromalidae		Parásito	1	0,0117	
Scelionidae		Parasitoide	2	0,0019	
Sierolomorphidae		Parasitoide	1	0,0338	
Vespidae		Depredador	4	0,3880	
Lepidoptera		Geometridae	Fitófago	4	0,4753
		Hesperiidae	Fitófago	2	0,1772
Mantodea		Mantidae	Depredador	3	4,7636
Neuroptera	Ascalaphidae	Depredador	3	0,0598	
	Chrysopidae	Depredador	1	0,0718	
Orthoptera	Acrididae	Fitófago	60	7,6257	
	Gryllacrididae	Depredador	24	3,8773	
	Gryllidae	Polífago	9	0,4876	
	Proscopiidae	Fitófago	2	1,5913	
	Pyrgomorphidae	Fitófago	1	0,3516	
	Tetrigidae	Fitófago	1	0,0338	
	Tettigoniidae	Fitófago	4	0,7762	
Tridactylidae	Fitófago	1	0,0248		

Rasante	Psocodea	Epipsocidae	Saprófago	4	0,0031	
		Psocidae	Saprófago	7	0,0121	
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	21	0,0063	
	Trichoptera	Beraeidae	Fitófago	1	0,0072	
	Acari	Acari	Parásito	2	0,0001	
	Araneae	Araneae	Depredador	2	0,0591	
	Blattodea	Blattidae	Polífago	20	6,6906	
	Coleoptera	Cicindelidae	Depredador	3	0,1509	
		Curculionidae	Fitófago	7	0,0071	
		Hydroscaphidae	Fitófago	1	0,0019	
		Scarabaeidae	Coprófago	17	2,7520	
		Staphylinidae	Polífago	3	0,0121	
	Collembola	Collembola	Saprófago	1	0,0007	
	Diptera	Fanniidae	Saprófago	5	0,3334	
		Rhagionidae	Depredador	2	0,0002	
	Hemiptera	Alydidae	Fitófago	1	0,0718	
		Cercopidae	Fitófago	1	0,0019	
		Coreidae	Fitófago	9	0,3768	
		Mesoveliidae	Fitófago	1	0,0718	
		Reduviidae	Hematófago	2	0,1437	
Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	594	3,1113		
Orthoptera	Gryllidae	Polífago	6	5,4757		
Trichoptera	Calamoceratidae	Detritívoro	1	0,0248		
Suelo	Acari	Acari	Parásito	1	0,0001	
	Araneae	Araneae	Depredador	1	0,0001	
	Coleoptera	Curculionidae	Fitófago	257	0,1688	
		Laemophloeidae	Fitófago	1	0,0072	
		Noteridae	Depredador	2	0,0013	
		Staphylinidae	Polífago	4	0,0076	
	Collembola	Collembola	Saprófago	1	0,0001	
	Diptera	Ceratopogonidae	Hematófago	1	0,0007	
		Chironomidae	---	1	0,0007	
		Dip	Saprófago	1	0,0007	
		Psychodidae	Hematófago	1	0,0001	
		Hemiptera	Anthocoridae	Depredador	1	0,0007
	Cixiidae		Fitófago	1		
	Hebridae		Depredador	1	0,0007	
	Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	1	0,0007	
		Sierolomorphidae	Parasitoide	1	0,0117	
	Total Sabana La Fuga				2404	55,9339

Tabla 5.2.2.1. Composición atropofaunística de la Sabana La Fuga.

5.2.2.2.1. Ecotopo suelo

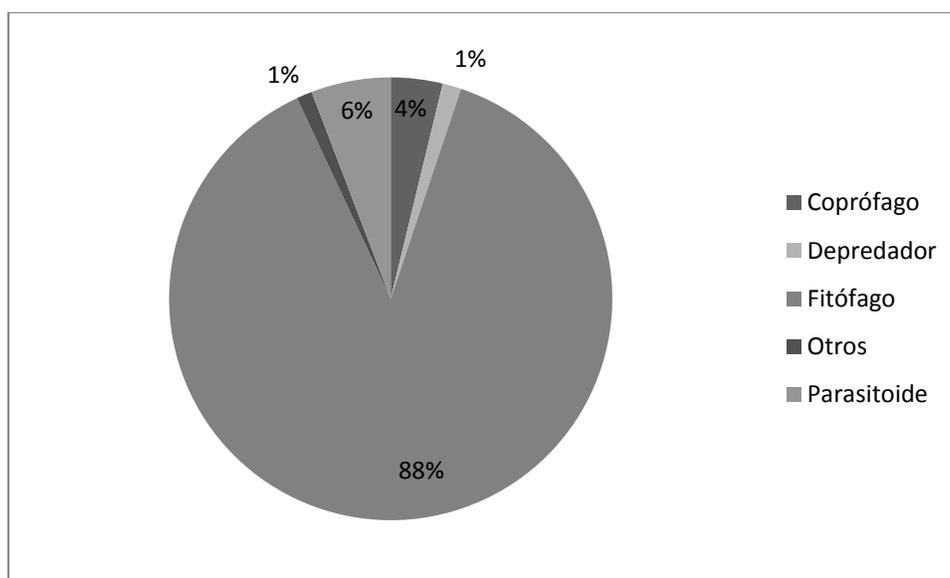


Figura 5.2.2.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato del suelo de la Sabana de La Fuga.

En el ecotopo suelo se encontraron 276 individuos en 16 familias; el mayor porcentaje de biomasa fue para la familia Curculionidae con un 84% (Tabla 5.2.2.2.1.). Esta familia también fue la más abundante, con 257 individuos, lo que explica el alto porcentaje de fitófagos en el suelo (Figura 5.2.2.2.2.1.) por su asociación al consumo de raíces.

5.2.2.2.2. Ecotopo rasante

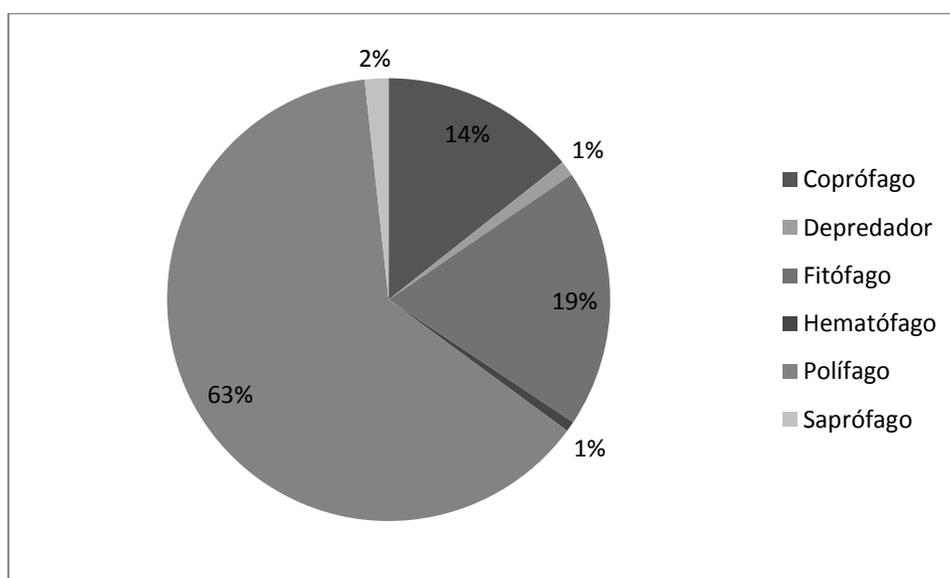


Figura 5.2.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Sabana de La Fuga.

Se encontraron 678 individuos divididos en 19 familias en el ecotopo rasante; el mayor porcentaje de biomasa se encontró en la familia Blattidae (35%) (Tabla 5.2.2.2.1.) y la mayor abundancia correspondió a la familia Formicidae con 594 individuos. Los polívoros constituyeron el gremio trófico predominante (Figura 5.2.2.2.2.1.).

5.2.2.2.3. Ecotopo herbáceo

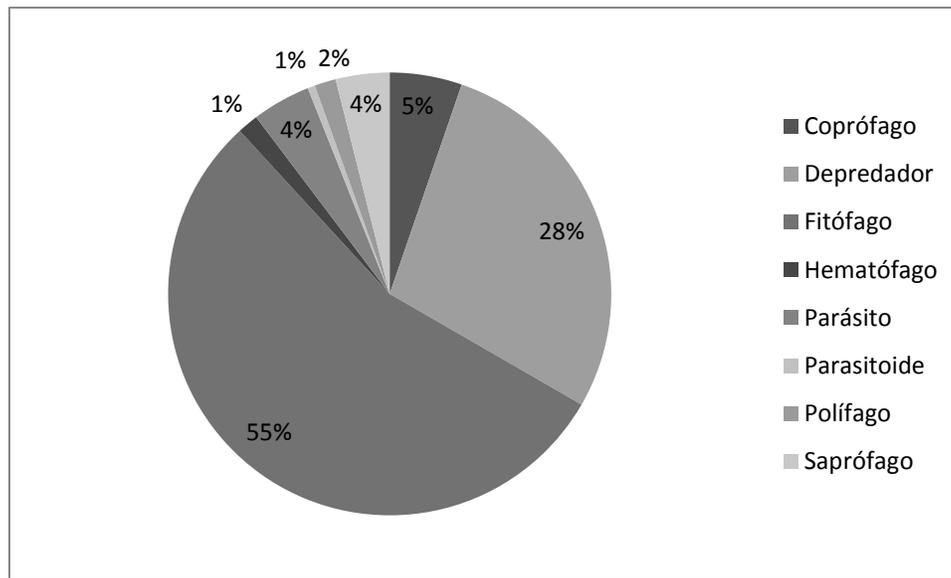


Figura 5.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Sabana de La Fuga.

En el estrato herbáceo se encontraron 98 familias con 1726 individuos; la familia con un mayor porcentaje de biomasa fue Acrididae con un 21%, y la más abundante fue Formicidae con 352 individuos (Tabla 5.2.2.2.1.). Dada la oferta vegetal de este estrato, los fitófagos se vieron favorecidos (Figura 5.2.2.2.3.1.).

5.2.2.3. Diversidad

BIODIVERSIDAD	
Riqueza de familias	104
Abundancia de individuos	2316
Dominancia de simpson	0,1982
Equitatividad de Simpson	0,8018
Equitatividad de Pielou	0,5613
Índice de Shannon	2,607
Índice de Brillouin	2,534

Tabla 5.2.2.3.1. Índices de diversidad para la Sabana de La Fuga

En la Tabla 5.2.2.3.1. se observan los datos de diversidad en conjunto para todos los estratos de la Sabana de La Fuga. Se colectaron un total de 2316 individuos repartidos en 104 familias y 15 órdenes. Las familias Acrididae y Formicidae representaron los

porcentajes de biomasa más altos dentro del ecosistema con un 14% cada una. Formicidae también fue la familia más abundante con 947 individuos, seguida por Curculionidae con 303 individuos. La predominancia de Formicidae dentro del ecosistema se relaciona con su alta diversidad y abundancia en ecosistemas naturales y agrosistemas. En éstos sistemas desempeñan un papel importante como depredadores, herbívoros o detritívoros, y participan en los procesos fisicoquímicos del suelo incluyendo la descomposición y el reciclaje de nutrientes (Rojas, 2001). En la mayoría de los ecosistemas terrestres la familia Formicidae presenta gran importancia poblacional, debido a sus hábitos caroñeros y depredadores, teniendo un gran impacto sobre la formación del suelo, la depredación de semillas, su dispersión y la estructura de la comunidad de invertebrados (Folgarait, 1998, citado en Longino *et al.*, 2007). A pesar de esta preponderancia de las hormigas, la diversidad de la artropofauna de La Fuga es notable.

Esta sábana en particular, sufrió un disturbio por quema recientemente, lo que hace que aumente la productividad primaria, por encima del incremento de la biomasa (Medina y Silva, 1990; Valencia y López-Hernández, 2002). De esta manera, para la época del muestreo la sabana estaba compuesta por rebrotes palatables y nutritivos para los fitófagos, lo cual explica el mayor porcentaje de insectos con este hábito alimenticio en este ecosistema.

5.2.2.4. Herbivoría

HERBIVORÍA	
Porcentaje de Hojas Defoliadas (%)	38
Porcentaje de hojas Minadas (%)	3
Porcentaje de Hojas Con agallas (%)	0
Porcentaje de Defoliadores (%)	81,518
Porcentaje de Minadores (%)	1,447
Porcentaje de Agalladores (%)	11,631
Porcentaje de Biomasa Consumida (%)	3
Suculencia	242,35
IH (%)	1,371

Tabla 5.2.2.4.1. Valores de herbivoría para la Sabana La Fuga

La herbivoría en la Sabana de La Fuga se representa por un 38% de defoliación; sólo el 3% de las hojas presentó minación y ninguna mostró agallas. El porcentaje de biomasa consumida fue del 3%. De la biomasa de los fitófagos encontrados en el estudio la mayoría (82%), corresponde a defoliadores, lo que concuerda con el alto porcentaje de este tipo de herbivoría en éste ecosistema. Sólo un 1% de los fitófagos correspondió a minadores. Aunque se presentó un alto porcentaje de organismos agalladores (12%), no

se encontró ninguna hoja con agallas, lo que puede deberse a que la minación posiblemente es más importante en hojas más viejas, y cómo se mencionó en la metodología, se tomaron las hojas más jóvenes del ápice de las ramas para evitar sesgos relacionados con la edad de la hoja.

5.3. Bosque de Cañada

5.3.1. Vegetación

Los bosques de galería se ubican a lo largo de los cursos de agua y su papel más importante es la preservación del recurso hídrico y la estabilización de los cauces. Son además corredores de dispersión de la biota y se desempeñan como albergues para la fauna en épocas secas (Hernández y Sánchez, 1990). Presentan árboles con alturas de 20 metros, con diámetros de copa que varía entre 8 y 12 metros. El DAP para la mayor parte de las especies está por debajo de 35 cm. Con una densidad de 60 a 70 árboles/ha, el volumen de estos bosques es de 30-40 m³/ha. A lo largo de los caños y en los esteros húmedos se desarrolla un tipo de bosque freatófito. En los suelos permanentemente húmedos y con alto contenido de materia orgánica, predomina un bosque dominado por las palmas de moriche, la cual comprende alrededor del 80% de la composición de estos morichales (ONU, 1965).

Morfoespecies Arbustivo	IVI (%)
Anonnaceae	2.620
Bellucia	2.620
Dollocarpus	2.620
Dollocarpus liso bejuco	2.620
Dollocarpus bejuco	2.620
Hoja bicolor	2.620
Hoja Chiquita	2.620
Inga sp2	2.620
Jacaranda	2.620
NN alterna	2.620
Palicourea foliolo 3	2.620
Socratea	2.620
Virola	2.620
Vismilia	2.620
Hoja Chiquita	2.677
Miconia 2 verdes	2.677

oenocarpus	2.677
Flacourtaceae	2.733
Myrciantes	2.733
Costos	2.790
Guarea	2.790
Heliconia	3.128
Policourea o psichotia	3.184
Inga	5.297
Protium	5.297
Pouteria	5.354
Miconia	5.410
Hoja lanza	5.466
Eugenia	5.523
Piper	5.579
Morfoespecies Arbolitos	IVI (%)
Cecropia	15
Duruma	15

Flacourtaeae	15
Lindacheria	15
NN	15
Phaenacospermum	25
Morfoespecies Árboles	IVI (%)
NN corteza roja	8.436
Eugenia	8.789

NN hoja alterna	8.813
Anonnaceae	9.750
Guarea	9.826
Socratea	10.714
Lindacheria	10.910
NN	11.955
Schefflera	20.806

Tabla 5.3.1.1. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo en el bosque de Cañada

En el estrato arbustivo del Bosque de Cañada no dominó ninguna morfoespecies de manera clara. Esto se ve reflejado en la tabla 5.3.1.1, en la que las especies *Piper* sp., *Eugenia* sp., hoja lanza, *Miconia* sp., *Pouteria* sp., *Protium* sp. e *Inga* sp. tienen un valor de importancia entre el 5,3% y el 5,6%. La especie dominante en el estrato arbolito con respecto al IVI fue *Phaenacospermum* sp., con un 25% de IVI. Las morfoespecies restantes de este estrato obtuvieron el 15% de IVI. Por último, en el estrato arbóreo, *Schefflera* sp., con un 20,8%, fue la especie con mayor dominancia; subsiguientes estuvieron las especies pertenecientes a la familias Achariaceae (*Lindacheria* sp.) y Arecaceae (*Socratea* sp.) con 11% y 10,7% respectivamente.

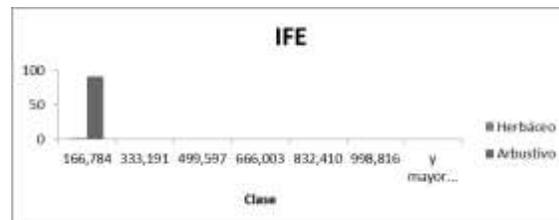


Figura 5.3.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en el Bosque de Cañada

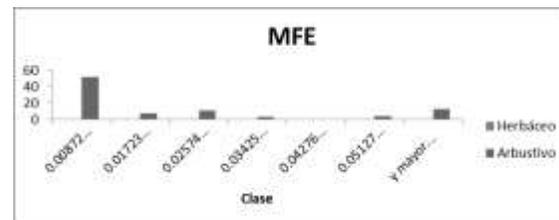


Figura 5.3.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo para el Bosque de Cañada

El estrato arbustivo fue el más representativo en este ecosistema. En él se observaron adaptaciones específicas en la hoja por parte de las diferentes entidades vegetales. Las presiones climáticas de la sabana (alta temperatura y elevada radiación) son determinantes para el desarrollo de las plantas. El IFE (Figura 5.3.1.1) y la MFE (Figura 5.3.1.2.) para el estrato arbustivo muestran el predominio de hojas pequeñas, endurecidas

levemente, con tasas fotosintéticas bajas y con texturas rígidas, lo que evita o reduce la evaporación constante.

5.3.2 Artropofauna

5.3.2.1. Variables ambientales

Suelo						Superficie	
pH	4,1	Porcentaje Arenas	40	Peso Raíces (g)	60,57	Temperatura(°C)	27,9
Conductividad(us)	0,55	Porcentaje Limos	47,5	Capacidad de campo (g/ml)	0,7033	Humedad Relativa (%)	77
Materia Orgánica (%)	16,58	Porcentaje Arcillas	12,5	Densidad aparente	0,918		

Tabla 5.3.2.1.1. Variables ambientales del Bosque de Cañada.

El suelo del Bosque de Cañada tiene una textura compuesta por 47,5% de limos, 40% de arenas y 12,5% de arcillas (Tabla 5.3.2.1.1.). Su pH es ácido (4,1) y la conductividad moderada (0,55 microSiemens/cm). El contenido de materia orgánica alcanza el 16,58%. En el suelo se encontraron 60,57 gramos de raíces, una capacidad de campo de 0,7033 g/mL y una densidad aparente de 0,918. A nivel superficial, la temperatura fue de 27,9°C y la humedad relativa llegó al 77%.

5.3.2.2. Nivel de ecotopo

COMPARTIMENTO	ORDEN	FAMILIA	GREMIO	ABUNDANCIA	BIOMASA (g)	
Dosel	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	2	0,0038	
		Coleoptera	Blattidae	Polífago	1	0,0040
			Chrysomelidae	Fitófago	1	0,0012
			Dryophthoridae	Fitófago	1	0,0028
			Formicidae	Fitófago	24	0,0417
			Hydroscaphidae	Fitófago	1	0,0012
			Staphylinidae	Polífago	9	0,2120
			Collembola	Collembola	Saprófago	6
	Diptera	Chironomidae	---	---	1	0,0008
			Drosophilidae	Fitófago	1	0,0005
		Scatopsidae	Saprófago	2	0,0013	
		Stratiomyidae	Saprófago	2	0,3053	
		Hymenoptera	Megachilidae	Fitófago	6	0,0242
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	4	0,0026	
Herbáceo	Acari	Acari	Parásito	9	0,4068	
	Araneae	Araneae	Depredador	1	0,0248	

Blattodea	Blattidae	Polífago	2	0,1599
Isoptera	Isopteridae	Saprófago	18	0,1223
Coleoptera	Apidae	Fitófago	4	0,1833
	Blattidae	Polífago	1	0,0175
	Bostrichidae	Depredador	27	0,0414
	Bruchidae	Fitófago	1	0,0003
	Calliphoridae	Fitófago	8	0,1400
	Carabidae	Depredador	3	0,0195
	Ceraphronidae	Parasitoide	6	0,0005
	Chrysomelidae	Fitófago	7	0,0325
	Cicindelidae	Depredador	5	0,1766
	Curculionidae	Fitófago	15	0,1273
	Dascillidae	Fitófago	5	0,0147
	Dryophthoridae	Fitófago	6	0,4537
	Dryopidae	Fitófago	1	0,0040
	Epipsocidae	Saprófago	2	0,0013
	Erotylidae	Fitófago	3	0,0274
	Figitidae	Parasitoide	2	0,0497
	Formicidae	Fitófago	75	0,3982
	Geotrupidae	Coprófago	1	0,0248
	Gryllidae	Polífago	3	0,1337
	Histeridae	Depredador	32	0,2859
	Hydroscaphidae	Fitófago	12	0,0870
	Lycidae	Fitófago	2	0,0747
	Mymaridae	Parasitoide	2	0,0002
	Nitidulidae	Fitófago	16	0,1160
	Nosodendridae	Saprófago	1	0,0072
	Noteridae	Depredador	1	0,0019
	Oedemeridae	Fitófago	1	0,0072
	Phengodidae	Depredador	2	0,0013
	Pseudocaeciliidae	Polífago	3	0,0011
	Ptiliidae	Fungívoro	36	0,0035
Ptilodactylidae	Fitófago	1		
Scarabaeidae	Coprófago	4	0,9409	
Staphylinidae	Polífago	191	5,1074	
Collembola	Collembola	Saprófago	31	0,0377
Diptera	Asilidae	Depredador	1	0,0446
	Canacidae	---	4	0,0226
	Cecidomyiidae	Fitófago	18	0,0975
	Ceratopogonidae	Hematófago	17	0,0422
	Chaoboridae	Fitófago	1	0,0001
	Chironomidae	---	6	0,0242
	Culicidae	Hematófago	5	0,0002

	Drosophilidae	Fitófago	18	0,0562
	Ephydriidae	Fitófago	1	0,0012
	Lauxaniidae	Fitófago	10	0,1297
	Micropezidae	Depredador	6	0,1695
	Muscidae	Coprófago	7	0,0699
	Mycetophilidae	Fungívoro	8	0,0443
	Otitidae	Fitófago	2	0,0497
	Phoridae	Saprófago	1	0,0012
	Platystomatidae	Saprófago	1	0,0248
	Psychodidae	Hematófago	8	
	Rhagionidae	Depredador	1	0,0248
	Scatopsidae	Saprófago	5	0,0875
	Sciaridae	Fungívoro	28	0,0520
	Simuliidae	Fitófago	4	0,0076
	Sphaeroceridae	Saprófago	2	0,0038
	Stratiomyidae	Saprófago	12	2,2888
	Syringogastridae	---	3	0,0121
	Tipulidae	Fitófago	6	0,4037
	Trichoceridae	Saprófago	1	0,0019
Hemiptera	Cercopidae	Fitófago	5	0,0503
	Cicadellidae	Fitófago	5	0,0764
	Cixiidae	Fitófago	2	0,0267
	Coreidae	Fitófago	2	0,0891
	Cydnidae	Fitófago	3	0,0217
	Delphacidae	Fitófago	3	0,0525
	Derbidae	Fitófago	2	0,0189
	Lygaeidae	Fitófago	2	0,0676
	Miridae	Fitófago	1	0,0248
	Nabidae	Depredador	1	0,0446
	Tropiduchidae	Fitófago	2	0,0215
Hymenoptera	Apidae	Fitófago	1	0,0040
	Argidae	Fitófago	1	0,0040
	Bethylidae	Depredador	2	0,0249
	Braconidae	Parasitoide	5	0,0309
	Encyrtidae	Parasitoide	2	0,0038
	Eucharitidae	Parasitoide	1	0,1289
	Evanidae	Parasitoide	2	0,0145
	Formicidae	Fitófago	65	0,2428
	Megachilidae	Fitófago	3	0,0068
	Mutillidae	Fitófago	2	0,0215
	Platygastridae	Parasitoide	1	0,0072
	Scelionidae	Parasitoide	3	0,0014
	Sierolomorphidae	Parasitoide	4	0,0370

		Tiphiidae	Fitófago	4	0,0700
		Torymidae	Fitófago	1	0,0072
		Trigonalidae	Parasitoide	1	0,0175
	Lepidoptera	Arctiidae	Fitófago	1	
		Pyralidae	Fitófago	2	0,0497
	Neuroptera	Chrysopidae	Depredador	1	0,0248
	Orthoptera	Gryllidae	Polífago	1	0,0886
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	2	0,0006
	Trichoptera	Glossosomatidae	Fitófago	1	0,0040
Rasante	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	2339	25,3826
	Coleoptera	Apidae	Fitófago	1	
		Blattidae	Polífago	2	0,3578
		Formicidae	Fitófago	230	0,4145
		Ptiliidae	Fungívoro	2	0,0006
		Scarabaeidae	Coprófago	9	1,5707
		Staphylinidae	Polífago	1	0,0019
		Trogossitidae	Depredador	1	0,0072
	Collembola	Collembola	Saprófago	9	0,0063
	Orthoptera	Gryllacrididae	Depredador	1	0,0886
	Siphonaptera	Pulicidae	Hematófago	34	0,0036
Suelo	Coleoptera	Bostrichidae	Depredador	62	0,1178
		Carabidae	Depredador	4	0,0026
		Curculionidae	Fitófago	281	0,1846
		Figitidae	Parasitoide	2	0,0497
		Formicidae	Fitófago	28	0,0184
		Noteridae	Depredador	10	0,0011
		Passalidae	Saprófago	2	0,0026
		Ptilodactylidae	Fitófago	1	0,0019
		Scarabaeidae	Coprófago	2	0,0013
		Staphylinidae	Polífago	16	0,0292
	Dermaptera	Labiidae	Saprófago	3	0,1144
	Hemiptera	Cicadellidae	Fitófago	1	0,0028
	Hymenoptera	Figitidae	Parasitoide	2	0,0350
		Formicidae	Fitófago	16	0,0145
Total Bosque de Cañada				3970	43,5732

Tabla 5.3.2.2.1. Composición atropofaunística del Bosque de Cañada.

5.3.2.2.1. Ecotopo suelo

En el ecotopo del suelo se encontraron 12 familias de 3 órdenes: Dermaptera, Hemiptera y Coleoptera (Tabla 5.3.2.2.1.). Dentro de ellas se las más importantes fueron Curculionidae con 32% y Bostrichidae con 20,5%, ambas pertenecientes al orden

Coleoptera, cuya presencia es muy importante en los procesos ecológicos del suelo (New, 2010). Para analizar qué tipos de procesos se llevan a cabo por estos grupos, es necesario analizar los gremios en los que se agrupan (Figura 5.3.2.2.1); dentro de estos el de mayor peso, en términos de biomasa, correspondió al gremio fitófago, seguido del depredador, al que pertenecen algunos representantes de Dermaptera y de Coleoptera. Se esperaría que a nivel edáfico se encuentre una mayor proporción de saprófagos y coprófagos, por lo que es posible que la diferencia se deba a que las familias de hábito fitófago buscan refugio en el suelo, o pasan algún estadio en dicho compartimiento, especialmente en forma de larva (Morón, 2001).

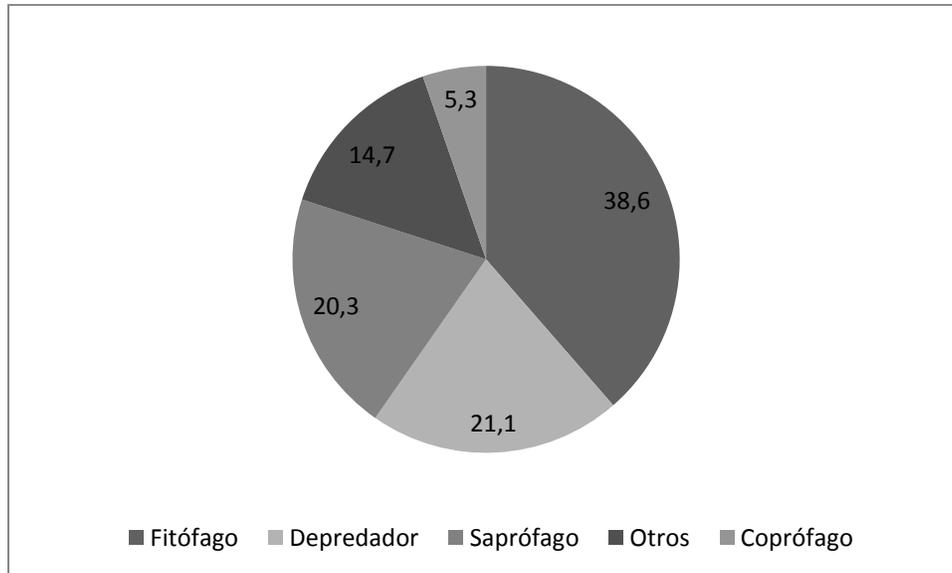


Figura 5.3.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato suelo del Bosque de Cañada

5.3.2.2.2. Ecotopo rasante

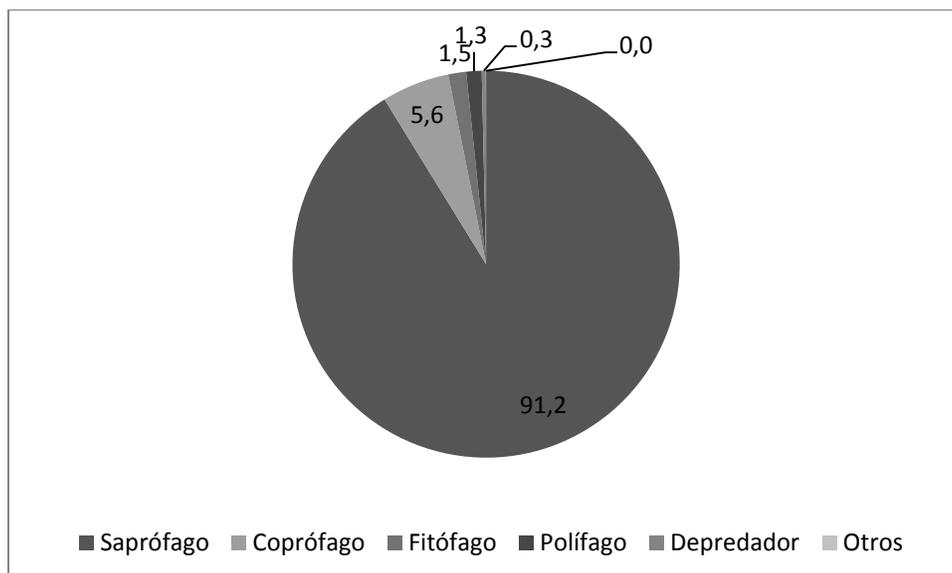


Figura 5.3.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante del Bosque de Cañada. La categoría Otros incluye los gremios fungívoro y hematófago.

En el estrato rasante se encontraron 11 familias de 6 órdenes (Blattodea, Coleoptera, Collembola, Hymenoptera, Orthoptera y Siphonaptera). En términos de biomasa, casi todo correspondió a la familia Isopteridae (Isoptera) con 91,2%. Como se ha mencionado anteriormente, este alto porcentaje de biomasa se relaciona con un número elevado de individuos por área. Estos caen frecuentemente en las trampas pitfall. Por eso, al analizar el porcentaje de biomasa por gremio (Figura 5.3.2.2.1.), es natural que la mayor representación esté en los saprófagos, grupo al que pertenece Isopteridae (Triplehorn y Johnson, 2006).

5.3.2.2.3. Ecotopo herbáceo

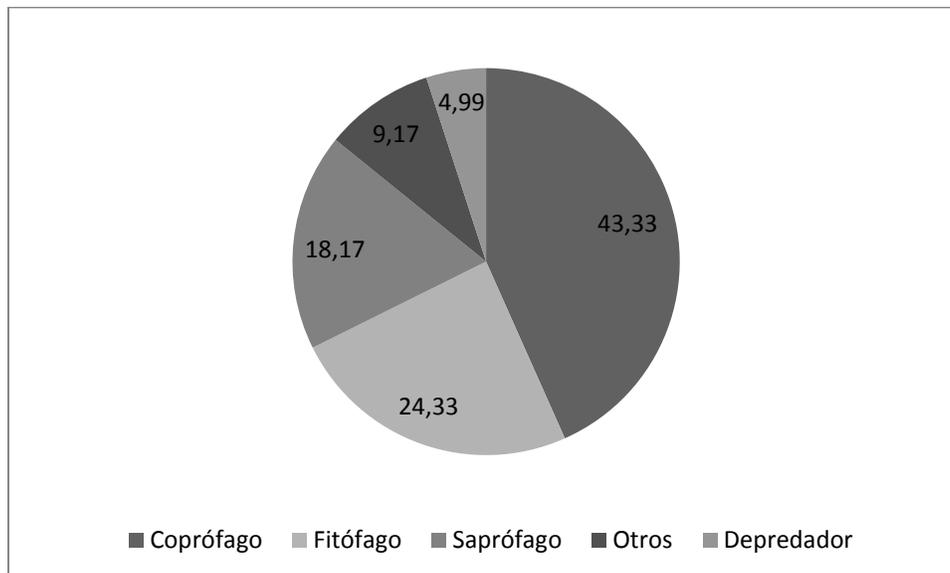


Figura 5.3.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo del Bosque de Cañada. La categoría Otros incluyen los gremios fungívoro y hematófago. Otros incluyen los gremios parásito, parasitoide, polífago, fungívoro y hematófago

En el estrato herbáceo se observó un incremento en la diversidad. Se presentaron 93 familias correspondientes a 13 órdenes de artrópodos. En este estrato se utilizaron diferentes técnicas de muestreo que incluyeron el jameo, la trampa de intercepción de vuelo y la trampa Malaise. La familia más abundante fue Staphylinidae (Coleoptera) con 36,0% de representatividad en biomasa, seguido de Stratiomyidae (Diptera) con 16,1%. Esto puede ser debido a que dentro de las trampas usadas se encuentra la de intercepción de vuelo que captura especialmente representantes de familias con gran tamaño, de vuelo activo y con tropismo negativo (Fierros, 2005). Tal es el caso de Staphylinidae (Rodríguez *et al.*, 2012). En la composición trófica de este estrato, el mayor porcentaje de la biomasa correspondió al gremio de los coprófagos (Figura 5.3.2.2.3.1), con un número alto de representantes del orden Coleoptera. De las 30 familias presentes dentro de dicho orden se encontraron algunas como Geotrupidae, Scarabaeidae y Staphylinidae, que presentan hábitos coprófagos, cuyo patrón de distribución espacial en

ambientes boscosos se relaciona con la precipitación, la radiación y la nubosidad (Amat *et al.*, 1997).

5.3.2.2.4. Ecotopo dosel

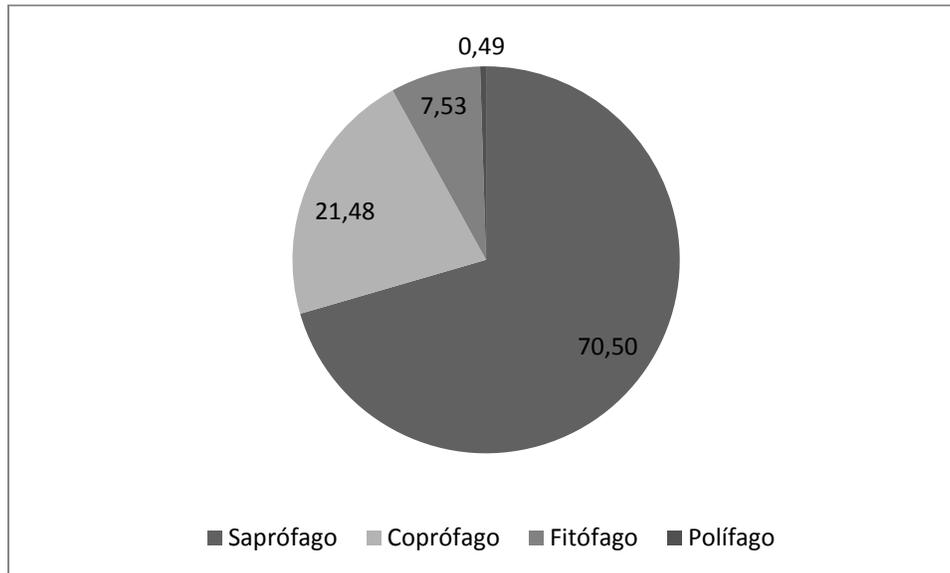


Figura 5.3.2.2.4.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato dosel del Bosque de Cañada.

En el estrato del dosel se encontraron 14 familias distribuidas en 6 órdenes de artrópodos. En términos de biomasa, el orden Collembola representó el 39,0% , seguido por la familia Stratiomyidae (Diptera) con un 30,9%. Aunque la primera familia no constituye uno de los grupos más diversos, si es uno de los más abundantes; se encuentran normalmente en estratos rasantes y edáficos, pero algunas especies habitan el dosel de las selvas y son muy abundantes en los bosques lluviosos (Cutz y Vázquez, 2012). Participan en procesos de descomposición de materia orgánica, así como en la estructuración de las comunidades arborícolas (Castaño *et al.*, 2006). Esto se correlaciona directamente con el gran porcentaje del gremio Saprófago (Figura 5.3.2.2.4.1.). Con el 70,5% del total de biomasa en dicho estrato, los saprófagos incluyen a Collembola e Isopteridae (Isoptera), importantes en términos de abundancia y por tanto de biomasa (Cutz y Vázquez, 2012).

5.3.2.3. Diversidad

En el Bosque de Cañada estudiado en la sabana de La Fuga se recolectaron 3969 artrópodos distribuidos en 97 familias de 15 órdenes (Tabla 5.3.2.3.1.). De estos taxones, los de mayor importancia en términos de biomasa fueron la familia Isopteridae (Isoptera) con 58,5% de la biomasa total para el ecosistema, seguido de la familia Staphylinidae con 12,3%. Estos dos grupos están especializados en el uso de hábitats del suelo, tanto sobre la superficie como en refugios en galerías, piedras u hojarasca (New, 2010). El gran porcentaje de la primera familia puede explicarse a partir de la ecología misma de dicho

grupo, ya que al poseer características de eusociabilidad, tienden a presentarse en gran número de individuos por área, lo cual se refleja en la presencia de numerosos termiteros (Moreno y Stanbury, 1996). Dada esta dominancia de las termitas en el Bosque de Cañada, no es raro que su diversidad de artropofauna sea muy baja (Tabla 5.3.2.3.1.).

BIODIVERSIDAD	
Riqueza de familias	97
Abundancia de individuos	3969
Dominancia de simpson	0,375
Equitatividad de Simpson	0,625
Equitatividad de Pielou	0,401
Índice de Shannon	1,834
Índice de Brillouin	1,794

Tabla 5.3.2.3.1. Índices de diversidad para el Bosque de Cañada

A nivel de gremios tróficos, dominó la biomasa de los saprófagos, ello debido en parte a que fue la familia numéricamente más abundante. Le siguió el gremio coprófago, ya que a medida que la estructura vegetal es mayor, como es el caso del Bosque de Cañada, existe un número más amplio de familias de dichos gremios (García y Carlos, 2004).

5.3.2.4. Herbivoría

HERBIVORÍA	
Porcentaje de Hojas Defoliadas (%)	67
Porcentaje de hojas Minadas (%)	5
Porcentaje de Hojas Con agallas (%)	0
Porcentaje de Defoliadores (%)	29,618
Porcentaje de Minadores (%)	5,555
Porcentaje de Agalladores (%)	28,809
Porcentaje de Biomasa Consumida (%)	4
Suculencia	165,28
IH (%)	1,168

Tabla 5.3.2.4.1. Valores de herbivoría para el Bosque de Cañada.

En cuanto a la herbivoría, el Bosque de Cañada presentó el 67% de hojas defoliadas, mientras que sólo el 5% de hojas minadas y ninguna con agallas (Tabla 5.3.2.4.1.). Si se analiza el porcentaje de organismos fitófagos, se obtiene que el 29,6% correspondieron a defoliadores, lo que explica los porcentajes de herbivoría encontrados. La misma relación se presentó entre el poco porcentaje de organismos minadores (5,5%) y el bajo porcentaje de hojas minadas. Sin embargo, el porcentaje de organismos formadores de agallas fue alto (28,8%) pero no se observaron hojas con agallas; es posible que la acción de estos organismos esté dirigida a hojas más viejas.

5.4. Caño El Morro

5.4.1 Parámetros físico-químicos e hidrológicos

En las sabanas se encuentran sistemas lóticos caracterizados por disponibilidad continua de agua. Dichos sistemas están asociados a parches de bosque en la gran matriz de la sabana denominados bosques de galería. Estos cuerpos de agua presentan estructuras longitudinales y altitudinales que determinan diferencias en las características del agua entre las partes altas y bajas de un mismo sistema (Márquez, 2012).

Al poseer características de la Orinoquia, en general los sistemas acuáticos de La Fuga varían en sus características físicoquímicas de acuerdo al periodo del año (lluvias o sequía). Durante el periodo de grandes precipitaciones se incrementa el caudal y el agua presenta alta turbidez y baja transparencia. En la época de baja precipitación disminuye el caudal y la transparencia, pero la concentración de iones y el pH aumentan, las comunidades biológicas afloran y se consumen los nutrientes disueltos (Mora *et al.*, 2007).

A continuación se presentan las características del sistema lótico estudiado asociado a un bosque de galería de la sabana de La Fuga, con la fecha de muestreo y su geoposicionamiento (Tabla 5.4.1.1.).

FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
20-abr-13	Caño El Morro	2°36'5,4"N	72°24'1,3"W	212

Tabla 5.4.1.1. Geoposicionamiento del caño muestreado en el bosque de galería de la sabana La Fuga.

En la tabla 5.4.1.2. se observa que en el caño El Morro la temperatura del agua varió entre 26 y 26,8°C. Estos son valores altos que reducen la cantidad de oxígeno disuelto, ya que, como se sabe, las aguas cálidas tienen una menor capacidad de disolver oxígeno. Por lo tanto los porcentajes de saturación apenas superaron el 50%. Sin embargo, la temperatura no es el único factor responsable del bajo oxígeno disuelto; la reducida pendiente y, como se verá más adelante, la baja profundidad de este caño evitan que el agua se oxigene debido a que hay poca turbulencia (Abril *et al.*, 2010). Lo anterior sin duda, afecta la composición biótica de este cuerpo de agua. Otra causa posible del reducido oxígeno es una alta carga orgánica proveniente del bosque, que consume oxígeno en su descomposición.

El caño El Morro presentó valores mínimos de nitratos, amonio y fosfatos, lo cual posiblemente explica en parte la reducida conductividad y el bajo pH. Es un sistema de

carácter oligotrófico de acuerdo con los rangos dados por Roldán y Ramírez (2008), afectado en gran medida por las características geológicas de la zona. La acidez de este caño puede estar relacionada con que las aguas de este tipo de ecosistemas no están asociadas con la meteorización de rocas carbonáticas sino con los aportes de aluminio de los suelos de la sabana. No existen sustratos ricos en carbonatos en la región que generen una buena capacidad de neutralización del agua (Mora *et al.*, 2007). Además, hay que tener en cuenta que ésta caño es angosto y de bajo caudal, por lo cual no arrastraría la materia orgánica que recibe, sino que tiende a depositarse y descomponerse a lo largo de su trayecto, favoreciendo así un pH bajo.

Debido a que son suelos que no aportan minerales, la conductividad tiende a ser muy baja (Ramírez y Viña, 1998). Así mismo, se presentan valores bajos de sólidos disueltos (entre 2,83 y 3,42 ppm), lo cual es coherente con la baja la conductividad, ya que estos parámetros se relacionan en forma directa. Así mismo, se presentaron valores menores para los sólidos suspendidos totales, de los cuales casi el 100% son orgánicos debido a los aportes del bosque de galería. El caño se encuentra totalmente cubierto por el dosel del bosque y por ende cae mucho material orgánico en el cauce. Los reducidos sólidos disueltos no concuerdan con la baja transparencia del agua. Los registros de esta variable (menos de 0,5 m) posibles estuvieron afectados por la alteración del lecho arcilloso de la caño al hacer las mediciones.

PARAMETRO	Caño el Morro		
	P.1	P.2	P.3
Temperatura (°C)	26.8	26	25.6
Conductividad (µs/cm)	6.84	6.46	6.25
pH	5.03	5.14	5.3
Oxígeno Disuelto (mg/l)	4.36	4.52	4.05
Saturación O2 (%)	53.1	54.8	48
Sólidos Disueltos (ppm)	3.42	2.91	2.83
Ancho cauce (m)	0.91	1.15	1.1
Prof. Media(m)	0.022	0.028	0.018
V. Sup. (m/s)	0.17	0.21	0.55
Transp. Secci (m)	0.45	0.47	0.47
Caudal por Salinidad (m ³ /s)	----		
Caudal "geométrico"(m ³ /s)	0,007986562		
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	0,309		
Sólidos suspendidos orgánicos (mg/l)	0,308378		
Sólidos suspendidos inorgánicos (mg/l)	0,000622		
Amonio (mg/l)	0.06		
Nitratos (mg/l)	0.01		
Fosfatos (mg/l)	0.04		
Retención MO (%)	99,936		

Tabla 5.4.1.2.: Parámetros Físico-químicos e hidrológicos de la caño el Morro, Sabana La Fuga.

Los caños propios de los bosques de galería y la geomorfología de la región son propicios para la retención de la materia orgánica, por las empalizadas que se forman producto de caídas de grandes ramas y troncos que son los "obstáculos" que generan que se retenga un gran porcentaje de materia orgánica (Webster *et al.*, 1987). En El Morro se obtuvo casi el 100% de retención de MOGP. El parámetro de transporte de MOPG no se pudo realizar en este ecosistema debido al pequeño tamaño del cauce.

Por otro lado, las variables hidrológicas evidencian que se trata de un caño muy pequeño, el cual maneja un perfil batimétrico irregular debido a procesos de sedimentación y erosión que han modificado el lecho, con profundidades muy bajas (Fig. 5.4.1.1.), y un ancho máximo de 1,15 m. Así mismo, la velocidad del agua es mínima, lo que genera un pequeño caudal de 0,007 l/s, el cual, como se mencionó anteriormente, varía con la época del año. Para el momento del muestreo se estaba entrando al periodo lluvioso y aún no se habían dado altas precipitaciones. La metodología para calcular el caudal a partir de medidas de conductividad se llevó a cabo; sin embargo, las medidas de conductividad no se estabilizaron, probablemente porque hay un importante flujo de aguas freáticas. Por lo tanto, esta técnica no se consideró para calcular el caudal en este sistema.

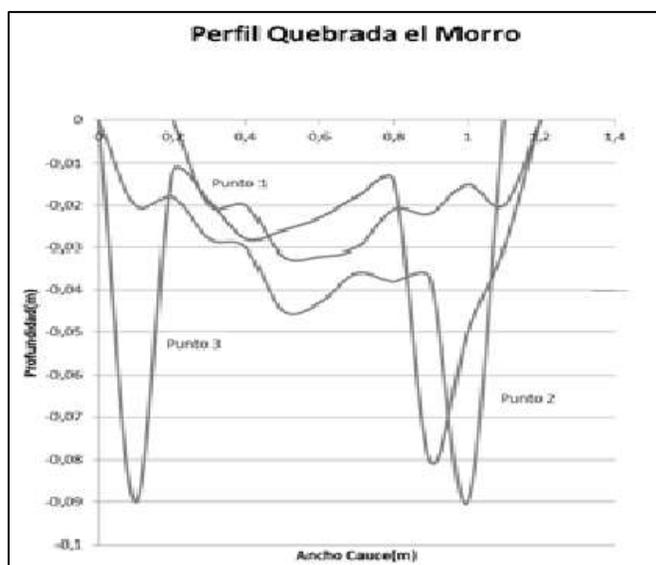


Figura 5.4.1.1. Perfiles batimétricos del caño El Morro, Bosque de galería (Sabana La Fuga).

5.4.2 Fitoperifíton

En el caño El Morro se encontraron 17 géneros, de los cuales el 77% correspondió a las Cyanophytas *Phormidium*, *Calothrix* y *Leptolyngbya* (Fig. 5.4.2.1.). En este ecosistema los niveles de sólidos disueltos, fosfatos y nitrógeno fueron muy bajos. Posiblemente esta última característica del ecosistema está otorgando a las cianobacterias una ventaja de crecimiento, con respecto a los demás miembros de la comunidad perifítica, ya que son capaces de fijar nitrógeno molecular, por lo que su crecimiento no se ve afectado por la baja concentración de este elemento. Otra justificación de tan elevada proliferación de cianobacterias, es que por sí mismas, puede tener un profundo efecto sobre la estructura comunitaria de los organismos en general. Entre estos efectos, está por ejemplo, que por

medio de toxinas reducen el crecimiento de otras algas que sirven de alimento a muchos organismos (efectos alelopáticos) (González, 1988).

La transparencia del agua fue la menor de los ecosistemas lóticos estudiados. Por tratarse de un caño asociado a un bosque de galería, la vegetación reduce mucha de la luz que llega al cuerpo de agua. Los pigmentos fotosintéticos que poseen la cianobacterias (como la ficoeritrina) aprovechan mejor la escasa luz (Roldán y Ramírez, 2008; De La Parra y Rodelo, 2011). Las altas abundancia de cianobacterias impiden el paso de luz a los estratos inferiores de la comunidas de algas (en este caso de la biopelícula perifítica), lo cual impide el desarrollo masivo de muchas Chlorophytas que requieren de buena luz para su crecimiento (Beyruth, 1993). La oligotrofia del caño El Morro hace que las cianobacterias sean un mecanismo importante para la producción primaria autóctona del ecosistema. Lo más seguro es que la materia orgánica que entra al ecosistema desde la vegetación ribereña sea la fuente principal de energía al caño.

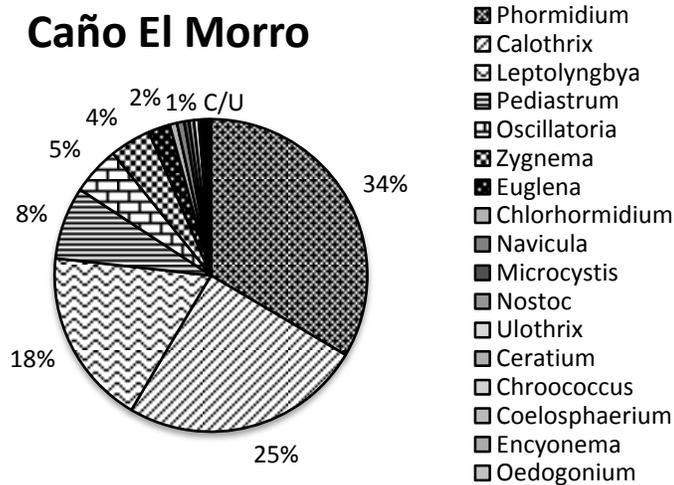


Figura 5.4.2.1. Dominancia de géneros presentes en el caño El Morro

En concordancia con lo dicho hasta ahora, la comunidad perifítica de este ecosistema se caracterizó por ser poco diversa y presentar solo algunas morfoespecies con abundancias altas, por lo que la uniformidad en este ecosistema fue baja (Tabla 5.4.2.1.).

Lugar	Caño El Morro
Dominancia (D) Simpson	0,219
Equitatividad de Simpson	0,0129
Diversidad Shanon	1,815
Uniformidad (Pielou)	0,641
Riqueza (# de morfoespecies)	17
Abundancias (células/cm ²)	911,11

Tabla 5.4.2.1. Índices de diversidad del caño El Morro

En la tabla 5.4.2.2. se presentan los valores correspondientes a la producción primaria neta (PPN) y la respiración en el caño El Morro. Los datos negativos indican que no hay

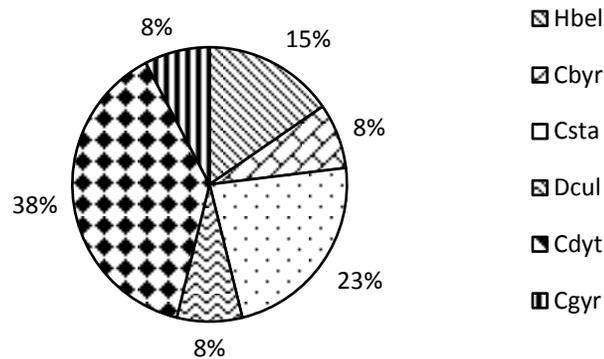
producción de oxígeno, sino al contrario consumo. Este caño está rodeado de bosque, el cual aportaba gran cantidad de materia orgánica que hace que el sistema acuático tenga un metabolismo heterotrófico.

PARAMETRO	caño El Morro
Producción primaria neta ($MgO_2m^{-2}h^{-1}$)	-0.0216
Respiración ($MgO_2m^{-2}h^{-1}$)	-1.87

Tabla 5.4.2.2. Producción primaria neta (PPN) y respiración en el caño El Morro, Bosque de Galería (Sabana La Fuga)

5.4.3 Macroinvertebrados

Macroinvertebrados del Caño El Morro



Gremios tróficos en el caño El Morro

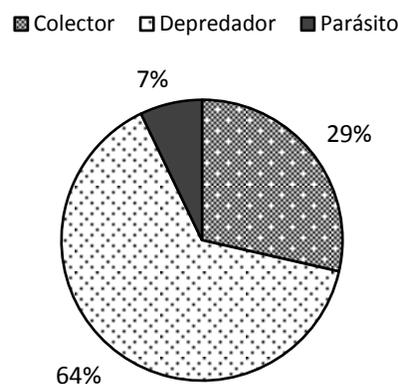


Figura 5.4.3.1. Abundancias de familias (superior) y gremios tróficos (inferior) en la Caño El Morro

Índices	Caño El morro
Taxones_S	6
Individuos	13
Dominancia_D	0,243
Simpson_1-D	0,757
Shannon_H	1,586
Equitabilidad_J	0,885
Equitabilidad Simpson (E)	0,040

Tabla 5.4.3.2. Índices de diversidad de la comunidad de macroinvertebrado de la caño El Morro

En el caño El Morro se observó una baja diversidad de macroinvertebrados (Tabla 5.4.3.2.). Dytiscidae y Staphylinidae fueron los taxones dominantes, con 5 y 3 individuos respectivamente. En total se identificaron 13 individuos de 6 familias. Como se puede observar en los datos hidrológicos y batimétricos, este sistema lótico es realmente pequeño y poco profundo, con un máximo de solo 9 cm de profundidad (Fig. 5.4.1.1.). Este es un factor limitante, tanto para la diversidad como para la abundancia de macroinvertebrados, ya que en un sistema tan pequeño el desarrollo de distintos sustratos es menos probable. En consecuencia, la existencia de diferentes nichos ligados a distintos sustratos es muy baja y los grupos taxonómicos presentes no son muy abundantes debido a la falta de espacio para que esto suceda (Hutchison, 1957).

Los gremios tróficos que se observaron en este caño (Figura 5.4.3.1.) son propios de un río de sabana, donde los fragmentadores y raspadores se encuentran ausentes o poco representados (Franco *et al.*, 2012). En este caso, la ausencia de los primeros puede estar ligada de nuevo al área reducida del sistema, ya que los fragmentadores representativos de este tipo de sistemas como *Macrobrachium*, necesitan áreas mayores debido a su gran tamaño corporal, en comparación con otros macroinvertebrados (Rodríguez-Barrios, 2010, Rodríguez-Barrios *et al.*, 2011). Los raspadores estuvieron ausentes, en gran parte debido a la reducida cantidad de perifiton, efecto generado por el bloqueo de luz por el dosel de los árboles del bosque. Además, los sustratos estables para que se asiente un *biofilm*, como rocas sobre los cuales puedan desarrollarse estas comunidades, son escasas o no se presentan. Los colectores que se alimentan de la materia orgánica circundante en el agua podrían sostener a los depredadores, lo que explicaría su abundancia en este sistema (Franco *et al.*, 2012).

5.5. Síntesis

La zona homogénea de la Sabana de La Fuga estuvo representada por el ecosistema de Sabana propiamente dicho y por un Bosque de Cañada. Los dos ecosistemas presentaron características similares en cuanto a las variables del suelo (pH, conductividad, textura, contenido de materia orgánica, capacidad de campo y densidad aparente). Sin embargo, las diferencias se dan, principalmente, por la presencia del caño que proporciona recursos hídricos al bosque y disminuye el estrés por déficit, haciendo que sea posible el desarrollo de una vegetación más exuberante en el bosque (Pérez y Ojasti, 1996). Esta vegetación más desarrollada genera unas condiciones microclimáticas

diferentes (reflejadas en una temperatura más baja y una humedad relativa más alta) a la sabana que rodean el Bosque de Cañada, que a su vez permiten la presencia de una fauna diferente a la que presenta la sabana. Sin embargo, en comparación a la fauna que puede encontrarse allí, según Defler y Rodríguez (1998), la fauna de los bosques de galería que surcan las planicies de las sabanas orinoquenses en realidad corresponde a una fauna amazónica empobrecida, con la adición de algunos elementos de otras poblaciones animales del norte.

El caño El Morro se encuentra en una sabana de suelos pobres en nutrientes, sometido a temperaturas altas y periodos de sequía fuertes, lo que influye en su tamaño. Estas sabanas se encuentran bastante alejadas del curso del río Guaviare, por lo que los pulsos hídricos del mismo no las afectan de una manera significativa. Otro factor importante en este sistema es que se origina dentro de la misma sabana. El curso de este caño es en general recto dado por el grado de confinamiento otorgado por las pequeñas ondulaciones presentes en la sabana, pero con cortos meandros. Sus aguas son claras debido a que no se lava una gran cantidad de sedimentos, como si lo hacen los ríos de origen andinos. En este caso en particular, la comunidad de macroinvertebrados se ve fuertemente influenciada por el pequeño tamaño de este sistema lótico, lo que delimita fuertemente la vida acuática en este ambiente. Por ello las familias encontradas en su mayoría pertenecen a los órdenes Coleóptera y Hemíptera, cuyos miembros pueden fácilmente asociarse a la capa superficial del agua y por ende pueden colonizar con facilidad estos caños someros. Para el caso de la formas de vida del perifiton, existe una marcada dominancia de las forma filamentosas constituidas principalmente por Cyanophytas, ya que por tratarse de un caño de bosque de galería hay una baja concentración de nitrógeno en el agua y poca entrada luz. Este grupo de algas utiliza mejor la poca luz y fija nitrógeno atmosférico, lo que hace que domine en la comunidad perifítica de El Morro (Roldán y Ramírez2008, De La Parra y Rodelo 2011).

6. SERRANÍA DE LA LINDOSA

6.1. Geomorfología: Unidades de paisaje

La Serranía de La Lindosa se conforma en su mayor parte por rocas sedimentarias de la formación Araracuara, y a su alrededor por la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare y rocas sedimentarias del Terciario de la Amazonía (Cárdenas *et al.*, 2008). Conforman la zona de mayor relieve de la región. En la contrapendiente, hacia el contacto con las rocas más blandas de los terrenos ondulados, se forman escarpes subverticales. Sobre estas rocas se ha desarrollado una morfología de solución exocárstica ruiniforme, que obedece a fenómenos de desagregación de las areniscas, generando acumulaciones de bloques en pedestal y formas oquerosas, torrecillas, lapiaces lineales, arcos, puentes y paredes escarpadas de hasta 100 m que sobresalen sobre planicies estructurales. Al pie de los pedestales y demás formas elevadas, se ha acumulado coluvios sobre los que crece vegetación. La Serranía tiene controles de dos tipos, litológico y estructural; éstos obedecen a la meteorización y a la erosión selectiva (Arango *et al.*, 2011).

6.2. Selva sobre Coluvios

6.2.1. Vegetación

Para el estrato arbóreo del bosque sobre laderas rocosas (Selva sobre Coluvios), las morfoespecies más representativas fueron *Malphigiaceae* 1 (IVI 15,625) y *Fabaceae* 2 (IVI 17,222) (Figura 6.2.1.1.). El estrato rasante se encuentra dominado por *Sellaginela* sp, con alturas que no superan los quince centímetros. El ecosistema presenta alto grado de epifitismo por briofitos como hepáticas o musgos y por líquenes, que colonizan hábitats importantes para el mantenimiento de diversidad en el bosque. La elevada densidad de epifitismo cobra importancia en la captación de agua como respuesta del ecosistema a los mencionados problemas de estrés hídrico que presenta.

Morfoespecies Árboles	IVI (%)
Bejucos	0.100
Annonaceae 1	2.130
Lauraceae 1	2.372
Arecaceae	3.081
Myrtaceae Madera café oscuro	3.435
NN	4.068
Protium	8.153
Roagea	8.613
Araliaceae 1	10.015
Inga 1	11.081
Bellusia	14.105
Malphigiaceae 1	15.625
Fabaceae 2	17.222

Figura 6.2.1.1. Índice de valor de importancia para el estrato arbóreo en la Selva sobre Coluvios

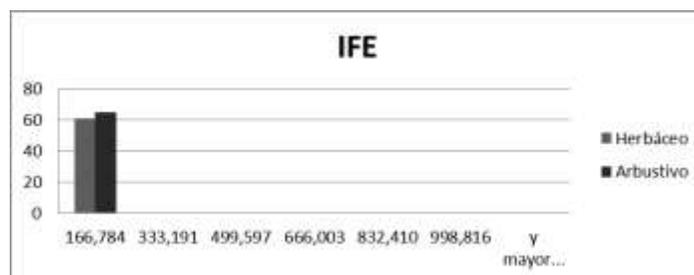


Figura 6.2.1.2. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva sobre Coluvios

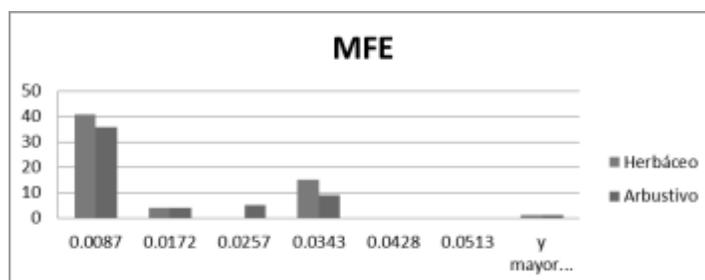


Figura 6.2.1.3. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Selva sobre Coluvios

Las hojas de las plantas de este ecosistema son de área pequeña, tanto para el estrato herbáceo como arbustivo, mientras que la masa foliar específica muestra una versatilidad en el ecosistema, presentando en su mayoría hojas malacófilas con algunas suculentas, aunque no se ve una tendencia de algún morfotipo a acumular materia, lo cual indica que no existe un estrés hídrico significativo (Figuras 6.2.1.2. y 6.2.1.3.).

6.2.2. Artropofauna

6.2.2.1. Variables ambientales

La Selva sobre Coluvios se encuentra localizada en las coordenadas 2°28'03,8"N y 72°42'52,5" W. En la Tabla 6.2.2.1.1. se presentan las variables ambientales obtenidas para este ecosistema. El suelo de esta selva es arenoso, con pH ácido, el cual se explica por el alto contenido de materia orgánica, que acidifica el suelo. Lo anterior concuerda con lo señalado por Sombroeck (2000), quien afirma que los suelos de las formaciones guayanasas son delgados, arenosos y podzolizados y soportan sabanas o vegetación baja.

SUELO					SUPERFICIE		
pH	3,92	Porcentaje Arenas	99,8	Peso Raíces (g)	21,141	Temperatura(°C)	25,9
Conductividad(us)	0,71	Porcentaje Limos	0,1	Capacidad de campo (g/ml)	0,2969	Humedad Relativa (%)	87
Materia Orgánica (%)	9,29	Porcentaje Arcillas	0,1	Densidad aparente	1,17		

Tabla 6.2.2.1.1. Variables ambientales en la Selva sobre Coluvios.

6.2.2.2. Ecotopos

En la Tabla 6.2.2.2.1., se presenta la composición de artrópodos para este ecosistema, discriminada por compartimento.

COMPARTIMENTO	ORDEN	FAMILIA	GREMIO	ABUNDANCIA	BIOMASA (g)
Dosel	Araneae	Araneae	Depredador	2	0,0024
	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	5	0,8353
	Coleoptera	Cerambycidae	Fitófago	1	0,1289
		Chrysomelidae	Fitófago	3	0,0217
		Curculionidae	Fitófago	2	0,0002
		Nitidulidae	Fitófago	1	0,0040
		Orthodaecidae	#N/A	1	0,0117
		Scarabaeidae	Coprófago	1	0,0117
		Staphylinidae	Polífago	3	0,0020
	Diptera	Cecidomyiidae	Fitófago	1	0,0072

		Phoridae	Saprófago	1	0,0019
		Rhagionidae	Depredador	2	0,0234
		Syrphidae	Fitófago	4	0,0162
	Hemiptera	Vellidae	Depredador	1	0,0072
	Hymenoptera	Apidae	Fitófago	31	1,0840
		Formicidae	Fitófago	123	0,3501
		Vespidae	Depredador	2	0,1599
Herbáceo	Acari	Acari	Parásito	4	0,0733
	Araneae	Araneae	Depredador	32	0,2373
	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	66	1,2818
	Coleoptera	Brentidae	Fitófago	1	0,0248
		Bruchidae	Fitófago	1	0,0034
		Carabidae	Depredador	2	0,0081
		Chrysomelidae	Fitófago	20	0,1000
		Coccinellidae	Fitófago	1	0,0019
		Curculionidae	Fitófago	29	0,2148
		Histeridae	Depredador	3	0,0121
		Lampyridae	Fitófago	3	0,1337
		Mordellidae	Fitófago	1	0,0055
		Passalidae	Saprófago	1	0,0034
		Scarabaeidae	Coprófago	5	0,0567
		Staphylinidae	Polífago	152	0,6585
	Collembola	Collembola	Saprófago	24	0,0102
	Dermaptera	Forficulidae	Fitófago	1	0,0799
	Diptera	Agromyzidae	Fitófago	24	0,0198
		Asilidae	Depredador	3	0,6937
		Axymyiidae	Fitófago	1	0,0040
		Bibionidae	Fitófago	1	0,0007
		Cecidomyiidae	Fitófago	10	0,0033
		Chironomidae	---	1	0,0019
		Culicidae	Hematófago	19	0,1032
		Dolichopodidae	Depredador	14	0,0694
		Drosophilidae	Fitófago	23	0,0244
		Empididae	Fitófago	2	0,1308
		Fanniidae	Saprófago	1	0,0040
		Lauxaniidae	Fitófago	4	0,0467
		Micropezidae	Depredador	1	0,0572
		Muscidae	Coprófago	4	0,0799
		Mycetophilidae	Fungívoro	2	0,3167
		Phoridae	Saprófago	25	0,0509
		Platystomatidae	Saprófago	1	0,0019
		Psychodidae	Hematófago	2	0,0006
		Rhagionidae	Depredador	3	0,0525

		Scatopsidae	Saprófago	2	0,0024
		Sciaridae	Fungívoro	23	0,0407
		Sciomyzidae	Fitófago	1	0,0019
		Sepsidae	Coprófago	10	0,0393
		Tachinidae	Parasitoide	1	1,4720
		Tephritidae	Fitófago	5	0,0624
		Tipulidae	Fitófago	11	0,5751
	Hemiptera	Cercopidae	Fitófago	6	0,0469
		Cicadellidae	Fitófago	12	0,0818
		Fulgoridae	Fitófago	1	0,0314
		Lygaeidae	Fitófago	2	0,0282
		Membracidae	Fitófago	2	0,0145
		Miridae	Fitófago	2	0,0074
	Hymenoptera	Reduviidae	Hematófago	6	0,3127
		Apidae	Fitófago	3	0,3442
		Braconidae	Parasitoide	10	0,2904
		Chalcidoidea	Parasitoide	6	0,0192
		Cynipidae	Fitófago	4	0,0054
		Eulophidae	Parasitoide	1	0,0019
		Formicidae	Fitófago	214	0,8657
		Ichneumonidae	Parasitoide	11	0,6601
		Mymaridae	Parasitoide	1	0,0117
		Scelionidae	Parasitoide	2	0,0038
		Vespidae	Depredador	4	1,7664
	Lepidoptera	Hesperiidae	Fitófago	1	0,7924
		Microlepidoptera	Fitófago	1	0,0130
	Neuroptera	Ascalaphidae	Depredador	1	0,8818
	Orthoptera	Acrididae	Fitófago	2	0,1861
		Eumastacidae	Fitófago	3	0,5367
		Gryllidae	Polífago	1	0,0314
		Gryllotalpidae	Fitófago	1	0,0446
		Tettigoniidae	Fitófago	1	0,0040
	Psocodea	Epipsocidae	Saprófago	1	0,0072
		Pachytroctidae	Saprófago	1	0,0001
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	5	0,0102
Rasante	Acari	Acari	Parásito	1	0,0007
	Araneae	Araneae	Depredador	3	0,0030
	Blattodea	Blattellidae	Polífago	1	0,2739
		Blattidae	Polífago	3	0,4546
	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	5	0,5610
	Coleoptera	Attelabidae	Fitófago	1	0,0040
		Carabidae	Depredador	1	0,0572
		Curculionidae	Fitófago	5	0,4277

		Histeridae	Depredador	1	0,0040
		Staphylinidae	Polífago	28	0,1488
	Collembola	Collembola	Saprófago	39	0,0238
	Diptera	Agromyzidae	Fitófago	12	0,0068
		Cecidomyiidae	Fitófago	2	0,0022
		Culicidae	Hematófago	6	0,0006
		Dolichopodidae	Depredador	5	0,0067
		Drosophilidae	Fitófago	19	0,0214
		Phoridae	Saprófago	15	0,0212
		Piophilidae	Saprófago	1	0,0028
		Sciaridae	Fungívoro	1	0,0007
		Sepsidae	Coprófago	1	0,0007
		Syrphidae	Fitófago	1	0,0019
		Tipulidae	Fitófago	1	0,0012
	Hemiptera	Cicadellidae	Fitófago	1	0,0028
		Miridae	Fitófago	1	0,0040
		Reduviidae	Hematófago	1	0,0886
	Hymenoptera	Apidae	Fitófago	5	0,1782
		Chalcidoidea	Parasitoide	1	0,0012
		Formicidae	Fitófago	248	2,8523
		Vespidae	Depredador	1	0,1076
	Orthoptera	Gryllidae	Polífago	3	0,1014
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	1	0,0002
Suelo	Acari	Acari	Parásito	3	0,0009
	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	133	0,1568
	Coleoptera	Chrysomelidae	Fitófago	1	0,0001
		Curculionidae	Fitófago	228	0,1792
		Gyrinidae	Depredador	2	0,0018
		Noteridae	Depredador	1	0,0003
		Scarabaeidae	Coprófago	1	0,0072
		Staphylinidae	Polífago	2	0,0018
	Diptera	Agromyzidae	Fitófago	1	0,0003
		Phoridae	Saprófago	5	0,0142
		Psychodidae	Hematófago	1	0,0003
		Sciaridae	Fungívoro	4	0,0044
	Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	2	0,0006
Total				1827	22,1571

Tabla 6.2.2.2.1. Composición artropofaunística de la Selva sobre Coluvios.

6.2.2.2.1. Ecotopo suelo

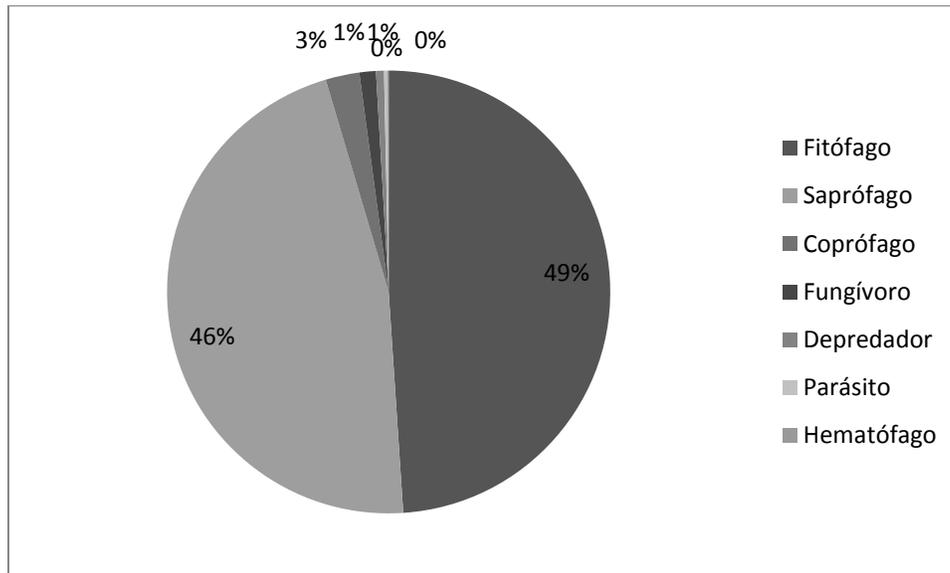


Figura 6.2.2.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato suelo de la Selva sobre Coluvios

A nivel del suelo, la Selva sobre Coluvios tuvo una riqueza de 13 familias, con 384 individuos y una dominancia de Simpson de 0,47, lo que indica que las abundancias estuvieron relativamente bien distribuidas en las diferentes familias. La diversidad fue baja, teniendo en cuenta que tanto el índice de Shannon como el de Brillouin estuvieron por debajo de uno (0,9). El 49% de las familias fueron fitófagas, seguidas por las saprófagas (46%) (Figura 6.2.2.2.1.1.). Las familias más abundantes fueron Isopteridae (Isoptera), la cual es saprófaga, y Curculionidae (Coleoptera), de hábitos fitófagos.

La familia con mayor biomasa en el suelo fue Curculionidae, la cual tiene hábitos fitófagos (Figura 6.2.2.2.1.1.) y puede alimentarse de cualquier parte de la planta, por lo que podría relacionarse con las raíces que fueron abundantes en el suelo de este ecosistema, comparativamente con los otros (Triplehorn y Johnson, 2006). La familia Isopteridae (saprófaga), también aportó gran cantidad de biomasa en el suelo (Figura 6.2.2.2.1.1.); el ecosistema presenta una humedad alta, por lo que los saprófagos pueden tener predominancia. Asimismo, esta familia se encuentra asociada a ecosistemas boscosos porque depende de la presencia de lignina, celulosa y hemicelulosa procedentes de la hojarasca del bosque. Las termitas modifican el paisaje, regulan los nutrientes y aportan gran cantidad de biomasa (Naranjo y Peñaranda, 1995; García-Ramírez y Pardo-Locarno, 2004).

6.2.2.2.2. Ecotopo rasante

El gremio más abundante en este estrato fue el de los fitófagos (65%) seguido de los polífagos (Figura 6.2.2.2.1), siendo más abundantes las familias Formicidae (Hymenoptera) y Blattidae (Blattodea). El gremio de los saprófagos también ocupó un

porcentaje importante dentro de los gremios (11%) (Figura 6.2.2.2.1.). La mayor biomasa de este gremio fue aportada por la familia Isopteridae (Isoptera).

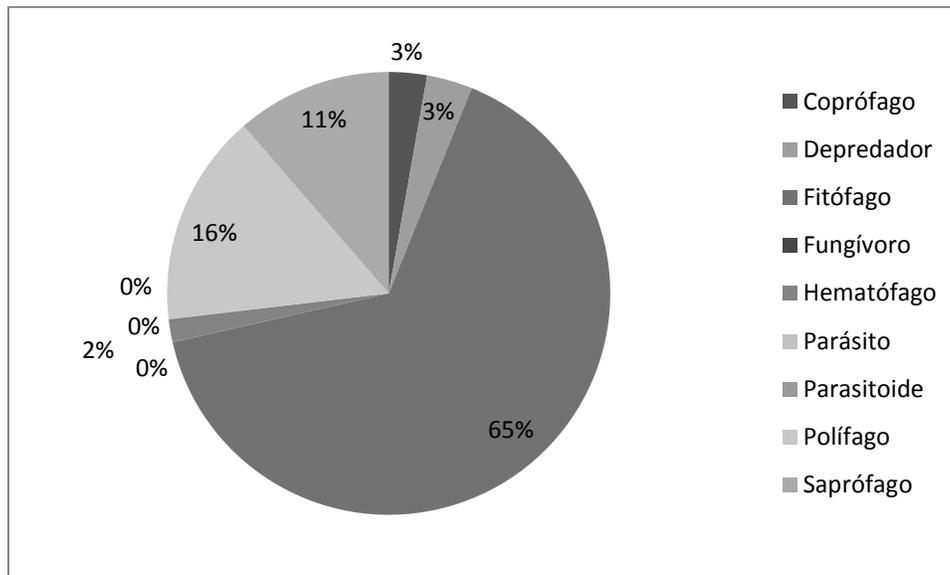


Figura 6.2.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Selva sobre Coluvios

La alta ocurrencia de Blattidae puede estar relacionado con el hecho de que en el nivel rasante confluyen todos los elementos que caen al suelo y esto facilita la existencia de los polífagos en este ecotopo. La familia Formicidae representó una gran cantidad de biomasa en todos los estratos, por su estrecha relación con todas las partes de la planta, lo cual se refleja en la alta densidad poblacional (Tabla 6.2.2.1.1.) (Castillo-Rodríguez y Amat, 1986; Naranjo, *et al.* 1995), y aunque se cataloga como una familia fitófaga, es posible que se puedan detectar otros hábitos si se utiliza una mayor resolución taxonómica (Triplehorn y Johnson, 2006).

El estrato rasante registró 30 familias, con una diversidad de Shannon de 1,6 y un índice de Brillouin de 1,5. La dominancia de Simpson fue baja (0,38), lo cual indica que no se encuentran especies dominantes, y esto se evidencia en la Tabla 6.2.2.2.1. de composición de especies. Con respecto a los otros ecotopos, el rasante posee una diversidad media.

6.2.2.2.3. Ecotopo herbáceo

El gremio más abundante fue el de los fitófagos (32%), seguido por los depredadores (27%) (Figura 6.2.2.2.3.1.). Las familias Formicidae (Hymenoptera) y Eumastacidae (Orthoptera) fueron las que más biomasa le aportaron a los fitófagos. Además, hubo un porcentaje importante de Depredadores representados por familias como Vespidae (Hymenoptera), Asilidae (Diptera) y Ascalaphidae (Neuroptera). En los bosques tropicales, es posible encontrar una gran cantidad de fitófagos, que se caracterizan por tener alta riqueza y baja abundancia (Price, 1994, citado en Fernandes *et al.*, 2004).

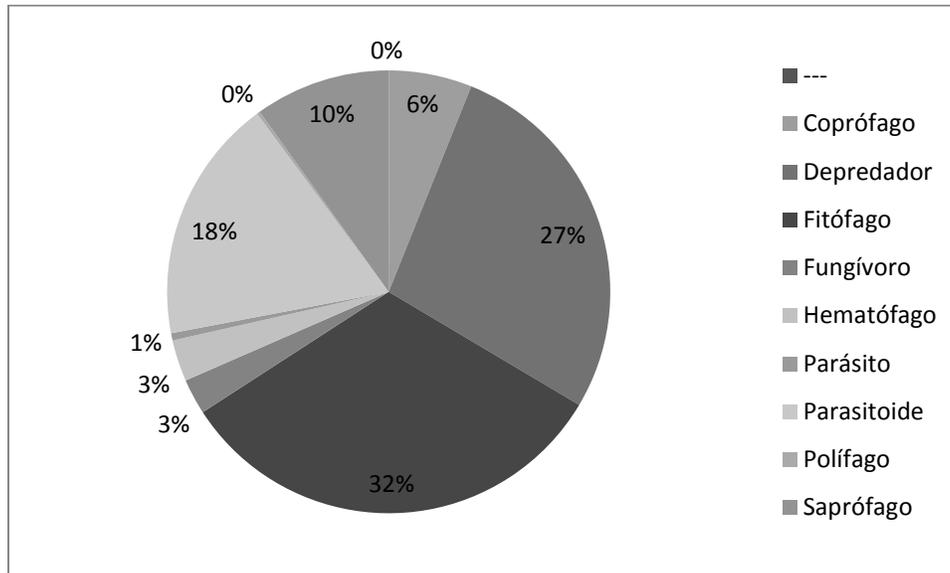


Figura 6.2.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Selva sobre Coluvios

La familia Eumastacidae se encuentra preferiblemente en sitios húmedos y más o menos abiertos (Varón, 2000). Su importante representación en la Selva sobre Coluvios podría deberse a que este bosque presenta un dosel más bajo y abierto con respecto a los otros bosques. Junto a las familias Cynipidae (Hymenoptera) y Attelabidae (Coleoptera), los Eumastacidae constituyen rarezas ecosistémicas. Los depredadores son cazadores activos; dentro del ecotopo, hay una adecuada disponibilidad de presas que permite la existencia de un porcentaje representativo de depredadores. Esto puede estar asociado al hecho de que los bosques, al ser ecosistemas complejos, permiten la existencia de más nichos y por tanto, de mayor diversidad (Klofer y McArthur, 1960, citados por August, 1983). En cuanto a diversidad, el estrato herbáceo presentó 37 familias y el índice de diversidad más alto entre los ecotopos de la Selva sobre Coluvios (índice de Shannon de 2,49 y de Brillouin de 2,29); en consecuencia, la dominancia fue baja (0,17) (Tabla 6.2.2.1.1.).

6.2.2.2.4. Ecotopo dosel

En el dosel, las familias que más biomasa aportaron fueron Apidae y Formicidae (Hymenoptera), e Isopteridae (Isoptera) (Tabla 6.2.2.2.1.). Los gremios con mayor porcentaje en este compartimento fueron los Fitófagos (61%) y los Saprófagos (Figura 6.2.2.2.4.1.). La presencia de fitófagos en el dosel, de acuerdo con Neves *et al.* (2013), se debe a que en este ecotopo se concentra la productividad de las plantas por la mayor captación de radiación solar. Los Apidae son nectarívoros y polinizadores de plantas como Orchidaceae, Araceae, Solanaceae y Gesneriaceae, entre otras, cuyas flores, usualmente, se encuentran en el dosel. Algunas de las abejas de esta familia presentan adaptaciones para vivir en este compartimento, donde hay una menor humedad y mayor temperatura, como es el aumento de tamaño (Ramírez *et al.*, 2002, citado en Vélez y Pulido-Barrios, 2005; Parra-H y Nates-Parra, 2007). Este ecotopo presentó la diversidad más baja dentro del ecosistema. Tuvo una riqueza de 16 familias, con índices de Shannon y de Brillouin de 1,2 y de dominancia de 0,4 (). El dosel trabajado no estaba tan

desarrollado como en otros bosques, lo cual pudo influenciar la baja diversidad encontrada en este estrato.

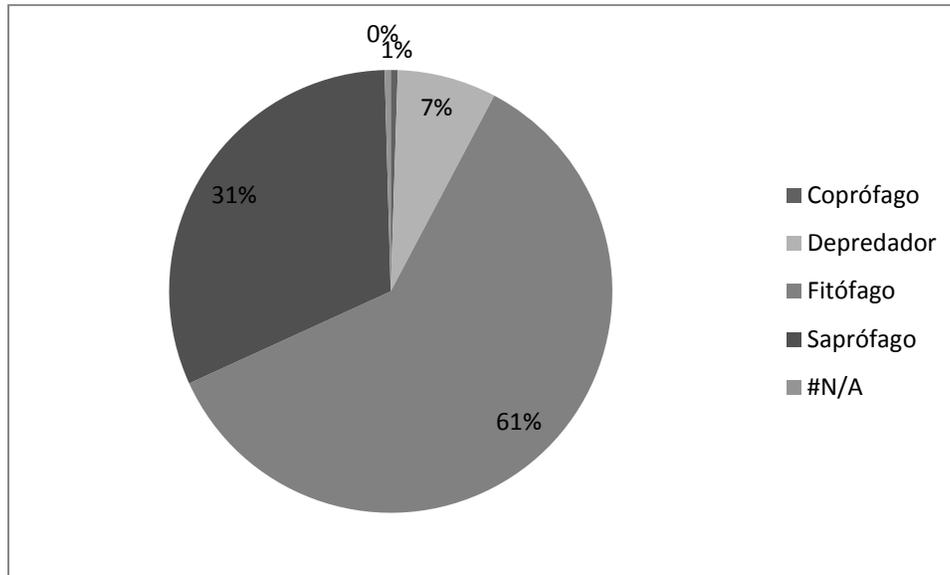


Figura 6.2.2.2.4.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato dosel de la Selva sobre Coluvios

6.2.2.3. Diversidad

En la Tabla 6.2.2.3.1. se encuentran los índices de diversidad para este ecosistema.

BIODIVERSIDAD	
Riqueza de familias	81
Abundancia de individuos	1790
Dominancia de Simpson	0,1581
Equitatividad de Simpson	0,8419
Equitatividad de Pielou	0,5826
Índice de Shannon	2,56
Índice de Brillouin	2,489

Tabla 6.2.2.3.1. Índices de diversidad para la Selva sobre Coluvios

En total, se registraron 1827 individuos, pertenecientes a 81 familias. Se observa que la equitatividad del ecosistema fue alta, tanto con el índice de Simpson como con el de Pielou. Lo anterior indica que no se encuentran familias dominantes dentro del ecosistema.

6.2.2.4. Herbivoría

Como se observa en la Tabla 6.2.2.4.1., la herbivoría más frecuente en este ecosistema fue la defoliación, seguida por la minación y la producción de agallas. Sin embargo, los porcentajes de fitófagos minadores y formadores de agallas fueron muy bajos; esto puede

deberse a que las plantas seleccionadas para medir la herbivoría, si bien eran las dominantes en el ecosistema, podrían no ser preferidas por los endofitófagos para ser consumidas. Adicionalmente, los endofitófagos seleccionan las hojas para la ovoposición de sus huevos, dependiendo de su calidad, tamaño, posición, sustancias defensivas presentes, cantidad de nutrientes, cambios fenológicos, presencia de otros fitófagos y posibilidad de ataque de los depredadores, prefiriendo las hojas jóvenes y suculentas (Faeth, 1985; Medianero *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2011). Debido a esta selección, es posible que el daño por herbivoría se encuentre distribuido por todo el ecosistema y no se vea representado en un porcentaje muy alto de daño en las plantas seleccionadas.

HERBIVORÍA	
Porcentaje de Hojas Defoliadas (%)	65
Porcentaje de hojas Minadas (%)	27
Porcentaje de Hojas Con agallas (%)	1
Porcentaje de Defoliadores (%)	57,821
Porcentaje de Minadores (%)	2,610
Porcentaje de Agalladores (%)	11,490
Porcentaje de Biomasa Consumida (%)	36
Suculencia	739,63

Tabla 6.2.2.4.1. Valores de herbivoría para la Selva sobre Coluvios.

6.3. Matorral

6.3.1 Vegetación

Las condiciones físicas determinan en este ecosistema la configuración de la estructura de la vegetación. La roca desnuda directamente influenciada por la radiación y la lluvia, no permite que se forme un suelo rico en nutrientes para el desarrollo de plantas vasculares consolidadas. El estrato rasante se encuentra representado mayormente por diversos líquenes, que de manera lenta pero permanente proporcionan sustratos para el crecimiento posterior de otras plantas.

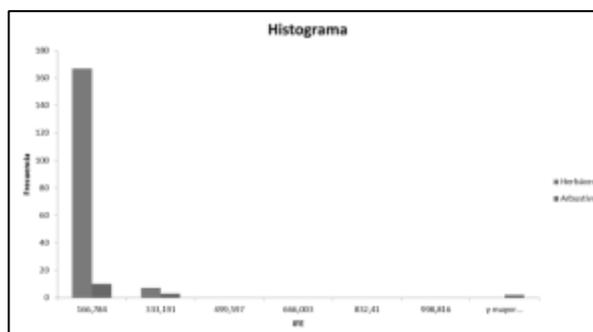


Figura 6.3.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en el matorral

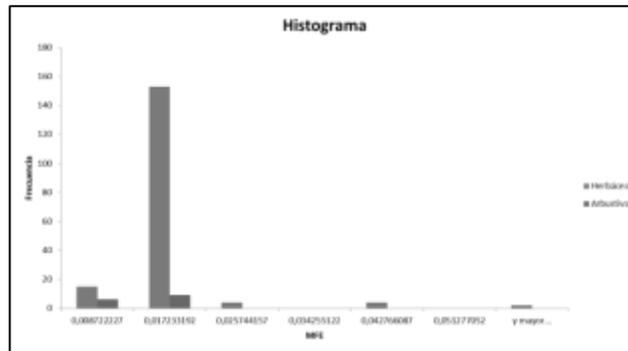


Figura 6.3.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en el matorral sobre roca guayanesa

El Matorral presentó la mayor variedad y versatilidad en las estrategias de adaptación de las plantas al ecosistema. A pesar de esto, sus morfotipos tuvieron la misma tendencia de presentar hojas de tipo delgado con áreas pequeñas y masa baja (Figuras 6.3.1.1. y 6.3.1.2.), lo que indica cierta acumulación de materia. Este ecosistema es muy particular, ya que al presentarse sobre los afloramientos rocosos del Escudo Guayanés no tiene suelos muy desarrollados; de hecho, casi no presenta una capa de suelo, su textura es prácticamente de arenas y el estrés hídrico al que se ven sometidas las plantas resulta muy decisivo. Estas presiones fuertes se ven reflejadas en la alta versatilidad de los componentes vegetales del ecosistema.

6.4. Caño Pozos Naturales

6.4.1 Parámetros físico-químicos e hidrológicos

El ecosistema acuático estudiado en la Serranía La Lindosa, fue el caño Pozos Naturales (Tabla 6.4.1.1.).

FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
14-abr-13	Caño Pozos Naturales	2°29'34,9"N	72°39'8,4"W	229

Tabla 6.4.1.1. Geoposicionamiento del caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

En general, este caño presentó muy pocos sólidos disueltos y nada de sólidos suspendidos, lo cual se ve reflejado en la baja conductividad, con valores entre 4,56 y 4,72 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 6.4.1.2.). La transparencia Secchi fue relativamente alta por la misma condición de mínimos sólidos, aunque debido probablemente a errores de lectura y observación en el método, se pudo haber subestimado dicha medida. El pH fue muy bajo y dicha acidez puede estar relacionada con aportes de aluminio de las sabanas. Las rocas bajas en carbonatos de la región no generan una buena capacidad de neutralización del agua (Mora *et al.*, 2007).

La temperatura fue alta (26.4°C), pero no afectó el oxígeno disuelto en el agua, ya que este gas fue elevado, al igual que su porcentaje de saturación. Estos valores de oxígeno

pueden ser resultado de la presencia de cascadas y rápidos que oxigenan el agua. Además, hay una alta radiación que podría favorecer a las algas perifíticas, lo que incrementaría el oxígeno en el agua. Otro factor que parece influir es la baja cantidad de materia orgánica en el lecho del caño, de manera que las bacterias descomponedoras consumen poco oxígeno del agua.

PARAMETRO	Caño Pozos Naturales		
	P.1	P.2	P.3
Temperatura (°C)	26.3	26.4	26.6
Conductividad (µS/cm)	4.71	4.72	4.56
pH	4.02	4.05	4.41
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7.75	7.77	7.78
Saturación O2 (%)	95.81	95.81	95.81
Sólidos Disueltos (ppm)	2.355	2.36	2.28
Ancho cauce (m)	5.62	8.54	6.66
Prof. Media(m)	0.123	0.359	0.23
V. Sup. (m/s)	0.204	0.068	0.17
Transp. Secci (m)	2.85	3.1	2.92
Caudal por Salinidad (m ³ /s)	1,38		
Caudal "geométrico" (m ³ /s)	0,244		
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Nd*		
Sólidos suspendidos orgánicos (mg/l)	Nd*		
Sólidos suspendidos inorgánicos (mg/l)	Nd*		
Amonio (mg/L)	0.48		
Nitratos (mg/L)	0.01		
Fosfatos (mg/L)	0.34		
Densidad de deriva MOPG (g/m ³)	0,0038		
Retención MO (%)	99,7		

Tabla 6.4.1.2. Parámetros Físico-químicos e hidrológicos del Caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

La deriva de MOPG fue mínima a pesar de que el tramo de estudio se encontraba parcialmente cubierto por dosel. Esto se debe a la morfología del lecho del caño, ya que como su nombre lo indica, se forman pozos en los que queda atrapada la hojarasca y demás materia orgánica. Es por esto que al observar el porcentaje de la materia orgánica retenida, este resultó ser casi del 100%.

En cuanto a las variables hidrológicas, se puede afirmar que el caño Pozos Naturales tiene 8 m de ancho en promedio, con una profundidad media de 30 cm en el tramo estudiado. Tiene una velocidad promedio baja. De acuerdo al método de la salinidad, el caudal de este sistema es de 1,4 m/s (Tabla 6.4.1.2.). Los perfiles batimétricos de este

sistema (Fig. 6.4.1.1.) muestran un lecho irregular, con afloramientos rocosos ígneo-metamórficos del basamento precámbrico del Escudo Guayanés difícilmente erosionables, lo cual indica bastante antigüedad del cauce. Así mismo, dicha irregularidad del lecho también podría disminuir la velocidad del flujo.

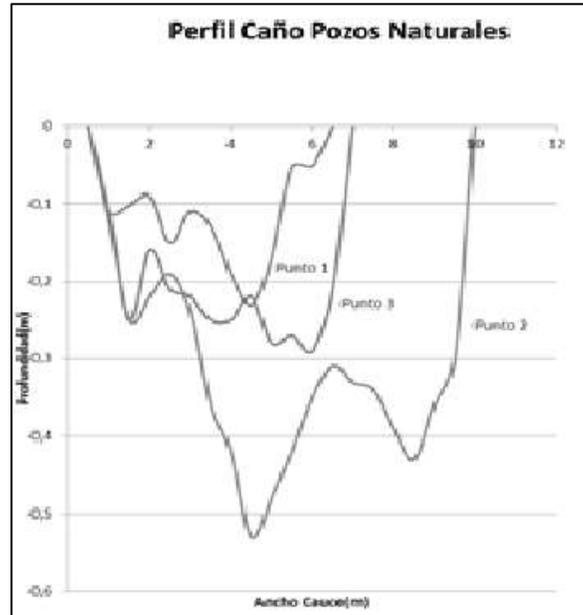


Figura 6.4.1.1. Perfiles batimétricos del caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

6.4.2 Fitoperifíton

En el caño Pozos Naturales se presentó el menor número de individuos por cm^2 (51,24), probablemente por la poca heterogeneidad de los sustratos, que son principalmente rocosos. Se hallaron siete géneros, de los cuales las Cyanophytas (*Stigonema*, *Anabaena* y *Oscillatoria*) representaron el 50% de la abundancia. Las Chlorophytas (*Oedogonium*, *Microspora* y *Cosmarium*) llegaron al 46% y la única representante de las Bacillariophyta (*Navicula*) solo tuvo el 4% (Figura 6.4.2.1.). Dentro de esta comunidad *Stigonema* fue el género más abundante (32%). Este taxón está asociado principalmente a sustratos rocosos de sistemas oligotróficos y ligeramente ácidos (Singh *et al.*, 2010), y Pozos Naturales tiene estas condiciones. La roca es el sustrato más común y donde más se hicieron raspados. La Chlorophyta *Oedogonium* (21%) también se asocia a sustratos rocosos, aunque también puede ser epífita de plantas acuáticas o de otras algas (Graham y Wilcox, 2000).

La dominancia las cianobacterias en este ecosistema puede ser producto del bajo nivel de nitrógeno, puesto que, como ya se ha mencionado, pueden proliferar con bajas concentraciones de este elemento (fijan N_2 directamente del aire). Por ello pueden aumentar su proporción en la comunidad y constituirse en la principal entrada de nitrógeno al ecosistema. Por otra parte, la proporción casi igual de Chlorophytas puede estar relacionada con la elevada transparencia del agua (Roldán y Ramírez, 2008). El carácter oligotrófico del ecosistema es una característica muy importante para las cianobacterias y para el perifíton en general, ya que bajo estas condiciones, la comunidad del biofilm se constituye en el principal mecanismo de formación de materia orgánica

autóctona. No obstante, en este tipo de caños la materia orgánica es alóctona y proveniente principalmente de la vegetación rivereña. Dentro del 46% de Chlorophytas se encuentra el género *Cosmarium*, perteneciente a las Desmidiaceas. Estas algas son indicadores de ecosistemas de pH ácidos (Roldán y Ramírez, 2008).

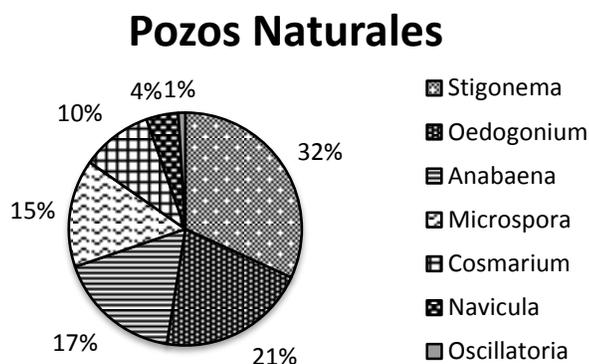


Figura 6.4.2.1. Abundancia de géneros del perifiton en el caño Pozos Naturales

En lo que corresponde a los índices de diversidad, la dominancia (D) de Simpson en Pozos Naturales fue la más baja de los sistemas lóticos estudiados, lo que muestra que las abundancias de los diferentes taxones estuvieron homogéneamente distribuidas, aunque la diversidad (Shannon) no fue muy alta (Tabla 6.4.2.1.).

Lugar	Pozos Naturales
Dominancia (D) Simpson	0,208
Equitatividad de Simpson	0,0297
Diversidad Shanon	1,689
Uniformidad (Pielou)	0,867
Riqueza (# de morfoespecies)	7
Abundancias (células/cm ²)	51,24

Tabla 6.4.2.1. Índices de diversidad del perifiton en el caño Pozos Naturales

Los valores bajos para nitratos, amonio y fosfatos, confirman que este es un caño oligotrófico y por consiguiente con baja producción primaria (Roldán y Ramírez, 2008). El nitrógeno parece ser el elemento limitante en este sistema ($\text{NO}_3 = 0,1 \text{ mg/L}$) La mediciones de metabolismo bentónico del caño Pozos Naturales muestran que el sistema es heterotrófico, es decir, que no hay producción sino consumo (Tabla 6.4.2.2.).

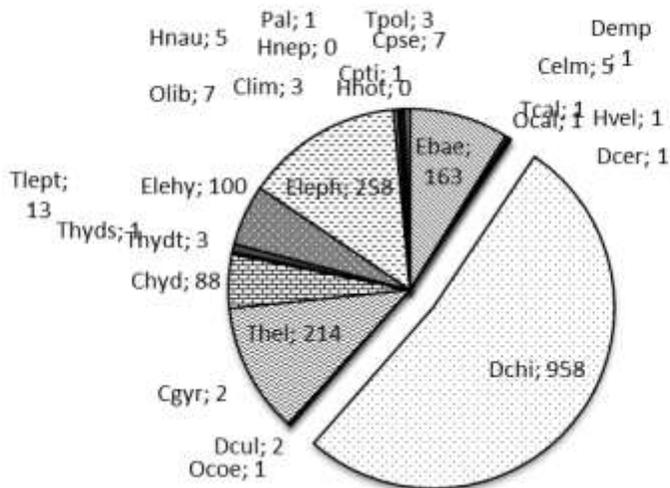
PARAMETRO	Caño los Pozos Naturales
Producción primaria neta ($\text{MgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$)	-0.0589
Respiración ($\text{MgO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$)	-2.41

Tabla 6.4.2.2. Producción primaria neta (PPN) y respiración en el caño Pozos Naturales, Serranía La Lindosa.

6.4.3 Macroinvertebrados

En el caño Pozos Naturales se observó una dominancia de 0,318. La familia Chironomidae (958 individuos) representó el 52% de la abundancia. Leptophlebiidae (14%), Helicopsychidae (11%), Baetidae (8%) y Leptohyphidae (5%) tuvieron abundancias moderadas (Figura 6.4.3.1.).

Macroinvertebrados en Pozos Naturales



Pozos naturales

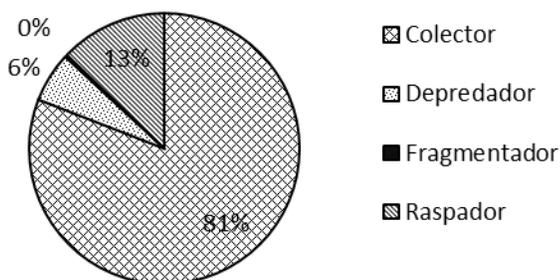


Figura 6.4.3.1. Abundancia de familias (superior) y gremios tróficos (inferior) en el caño Pozos Naturales

Los índices ecológicos mostraron una alta riqueza y una moderada diversidad (Tabla 6.4.3.1). La equitabilidad fue media y la dominancia baja. Estos resultados señalan que la estructura de la comunidad no fue homogénea sino que algunos taxones tendieron a predominar sobre otros.

Pozos Naturales es un ecosistema lótico cuya corriente fluye sobre un suelo muy compacto constituido por los afloramientos rocosos que componen la serranía de La Lindosa. El sustrato principal en el lecho del río es rocoso y sobre él se depositan otras

rocas de diferentes tamaños, así como pequeños fragmentos que incluso algunas veces tienen la apariencia de arena gruesa.

Índices	valores
Taxones_S	25
Individuos	1840
Dominancia_D	0,318
Simpson_1-D	0,683
Shannon_H	1,576
Equitabilidad_J	0,490
Equitabilidad Simpson (E)	0,013

Tabla 6.4.3.1. Índices de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados en el caño Pozos Naturales.

La composición de macroinvertebrados en Pozos Naturales es la típica de un río de orden 1 a 3, en el cual la materia orgánica que predomina es de origen alóctono. Según la teoría del río continuo, gran cantidad de esta materia orgánica entra al sistema gracias a la alta cobertura vegetal de las riberas. A medida que el río aumenta su orden y disminuye su gradiente altitudinal, la comunidad de plantas ribereñas se hace menor y por ende la entrada de materia orgánica alóctona al río también lo es (Vannote *et al.*, 1986).

Dado que a lo largo del tramo del río estudiado la variabilidad en profundidad y ancho es alta, se presentan zonas de deposición de rocas y hojarasca que generan nuevos sustratos para ser colonizados. La presencia de macrófitas sumergidas o hifidatas y helófitas en algunos tramos del río también ofrecen nichos diferentes para otro tipo de invertebrados acuáticos. Esta disponibilidad de microhábitats debida a la gran variedad de sustratos ocasiona variaciones en la velocidad de la corriente, lo que produce zonas de refugio para organismos no reofílicos, es decir no adaptados morfológicamente para vivir en la corriente.

La estructura de gremios tróficos presentes en Pozos Naturales (Fig. 6.4.3.1.) es también congruente con la teoría del río continuo, la cual predice que en ríos de bajo orden hay mayor diversidad de gremios que en los ríos de zonas bajas o potamales, en donde los colectores son el grupo dominante. En este caso, la variación en la diversidad de los gremios tróficos está dada por la cantidad de sustratos presentes: los colectores, que son los más abundantes, ayudan a la retención de materia orgánica transportada en el río; los raspadores también se ven bien representados dado que el río es suficientemente ancho para que hayan zonas donde la luz no sea obstruida por la vegetación ribereña y hay una gran cantidad de rocas donde puede crecer el perifiton, dada la estabilidad hidráulica del caño. Es probable que la abundancia de macroinvertebrados colectores influya en el procesamiento de la materia orgánica que deriva por el río, la cual, como se vió anteriormente, se retiene en el lecho. Esto a su vez podría contribuir a que aumente la transparencia del agua.

6.5. Sabana Casmófito (Elementos Guyaneses)

6.5.1 Vegetación

Esta sabana presentó una tendencia hacia hojas de áreas pequeñas, delgadas, con altos niveles de fotosíntesis y poca acumulación de materia (Figuras 6.5.1.1. y 6.5.1.2.). El estrato arbóreo presentó una especificidad en sus índices ,mientras que el estrato herbáceo mostró una mayor versatilidad y la presencia de morfotipos con una estrategia específica a hojas de tipo coriáceo, representadas principalmente por el chaparro.

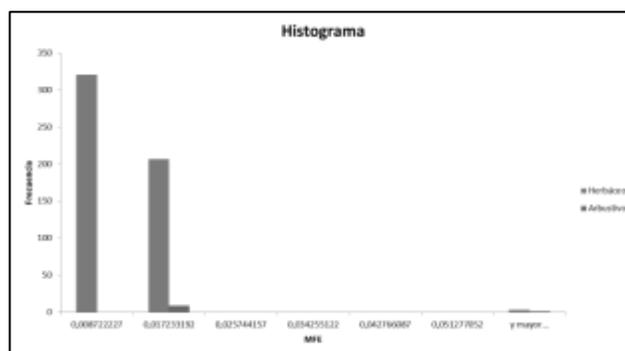


Figura 6.5.1.1. IFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana Casmófito

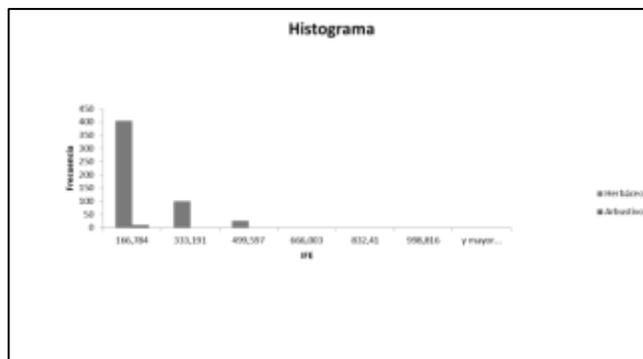


Figura 6.5.1.2. MFE para los estratos herbáceo y arbustivo en la Sabana Casmófito

6.5.2. Artropofauna

6.5.2.1. Variables ambientales

En la Sabana Casmófito no se tomaron datos de variables fisicoquímicas a nivel edáfico, ni se colectaron artrópodos del suelo. Sólo se evaluó temperatura y humedad (Tabla 6.5.2.1.1.) y el estrato herbáceo por medio de jameos.

6.5.2.2. Ecotopo herbáceo

SUPERFICIE	
Temperatura(°C)	33,1
Humedad Relativa (%)	51

Tabla 6.5.2.1.1. Variables ambientales en la Sabana Casmófito

En la Tabla 6.5.2.2.1. se presenta la composición faunística obtenida para este ecosistema.

COMPARTIMENTO	ORDEN	FAMILIA	GREMIO	ABUNDANCIA	BIOMASA (g)	
Herbáceo	Acari	Acari	Parásito	2	0,0081	
	Araneae	Araneae	Depredador	20	0,0662	
	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	1	0,0019	
	Coleoptera	Brentidae	Fitófago	1	0,0040	
			Cantharidae	Depredador	1	0,0175
		Chrysomelidae	Fitófago	15	0,0668	
		Curculionidae	Fitófago	14	0,1305	
		Staphylinidae	Polífago	2	0,0145	
		Collembola	Collembola	Saprófago	1	0,0007
		Diptera	Asilidae	Depredador	1	0,1526
	Chloropidae		Fitófago	1	0,0007	
	Culicidae		Hematófago	3	0,0217	
	Dolichopodidae		Depredador	2	0,0091	
	Ephydriidae		Fitófago	1	0,0040	
	Muscidae		Coprófago	1	0,0175	
	Pipunculidae		Parasitoide	1	0,0007	
	Tephritidae		Fitófago	18	0,3150	
	Tipulidae		Fitófago	4	0,1788	
	Ulidiidae		Fitófago	1	0,0055	
	Hemiptera		Aleyrodidae	Fitófago	1	0,0572
			Aphididae	Fitófago	1	0,0001
			Berytidae	Fitófago	1	0,1076
			Cercopidae	Fitófago	1	0,0175
		Cicadellidae	Fitófago	14	0,1220	
		Cixiidae	Fitófago	5	0,0095	
		Colobathristidae	Fitófago	1	0,0072	
		Coreidae	Fitófago	1	0,0248	
		Flatidae	Fitófago	2	0,0234	

	Miridae	Fitófago	1	0,0019
	Reduviidae	Hematófago	2	0,0145
Hymenoptera	Apidae	Fitófago	5	0,1497
	Braconidae	Parasitoide	9	0,0909
	Chalcidoidea	Parasitoide	2	0,0026
	Formicidae	Fitófago	32	0,1323
	Halictidae	Fitófago	1	0,0175
Orthoptera	Acrididae	Fitófago	6	0,4310
	Gryllidae	Polífago	1	0,0012
	Gryllotalpidae	Fitófago	1	0,0175
	Proscopiidae	Fitófago	1	0,0446
	Tetrigidae	Fitófago	1	0,0446
	Tettigoniidae	Fitófago	1	0,0338
Total Sabana Casmófit			180	2,3671

Tabla 6.5.2.2.1. Composición atropofaunística de la Sabana Casmófit.

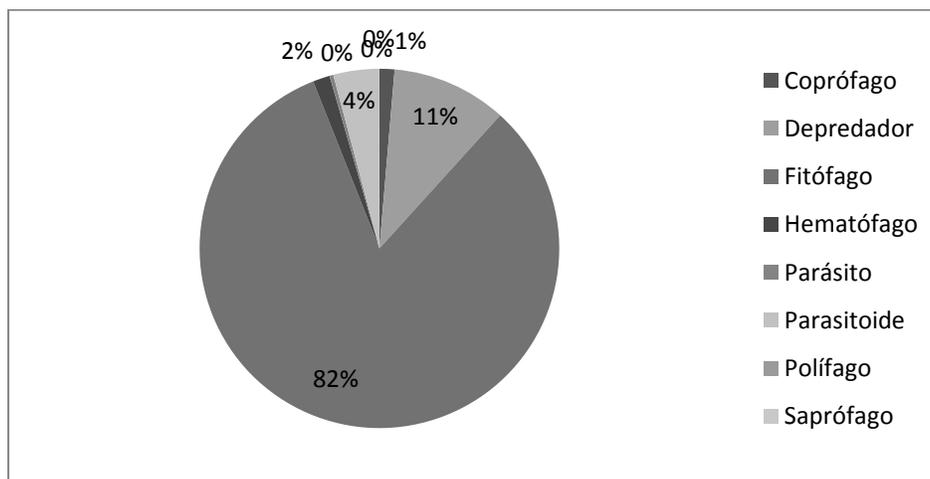


Figura 6.5.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Sabana Casmófit

Se registró un alto porcentaje de fitófagos, cuya mayor biomasa fue aportada por las familias Acrididae (Orthoptera) y Tephritidae (Diptera). En segundo lugar, se encontraron los depredadores, cuya mayor biomasa correspondió a la familia Asilidae (Diptera) (Figura 6.5.2.2.1.). Dentro de las sabanas, los grillos son uno de los herbívoros más importantes (Cigliano *et al.*, 2000), lo cual tiene concordancia con lo hallado en la Sabana Casmófit.

6.5.2.3. Diversidad

La Sabana Casmófit exhibió una riqueza de 40 familias, con índices de diversidad altos (Tabla 6.5.2.3.1.), pese a que tuvo el menor esfuerzo de muestreo. De igual manera, la equitatividad fue alta, lo que indica que no hubo familias dominantes. La diversidad muy alta, probablemente se deba a que en este sitio existen condiciones únicas que permiten

el desarrollo de formas biológicas adaptadas especialmente a este tipo de ecosistemas (Cárdenas-López, 2008), pero debido a la escasez de los estudios sobre la flora y fauna de esta zona (Lasso *et al.*, 2010), esto no se pudo corroborar en la literatura. Se requerirán futuros estudios para ampliar este hecho interesante.

BIODIVERSIDAD	
Riqueza de familias	40
Abundancia de individuos	160
Dominancia de simpson	0,08609
Equitatividad de Simpson	0,9139
Equitatividad de Pielou	0,7977
Índice de Shannon	2,943
Índice de Brillouin	2,632

Tabla 6.5.2.3.1. Índices de diversidad para la sabana Casmófito

6.5.2.4. Herbivoría

HERBIVORÍA	
Porcentaje de Hojas Defoliadas (%)	65
Porcentaje de hojas Minadas (%)	27
Porcentaje de Hojas Con agallas (%)	1
Porcentaje de Defoliadores (%)	57,821
Porcentaje de Minadores (%)	2,610
Porcentaje de Agalladores (%)	11,490
Porcentaje de Biomasa Consumida (%)	36
Suculencia	739,63
IH	0,255

Tabla 6.5.2.4.1. Valores de herbivoría para la Sabana Casmófito.

El porcentaje de hojas defoliadas fue alto, siendo este el tipo herbivoría dominante en la Sabana Casmófito (Tabla 6.5.2.4.1.). Se presentó un número mayor de formadores de agallas y minadores que lo que se vio reflejado en el porcentaje de hojas con daño. Esto puede deberse a que los formadores de agallas y minadores realizan selección de hojas (Neves *et al.*, 2012) y posiblemente esto no se reflejó en las hojas colectadas. Es inusual que haya una herbivoría tan alta en una sávana; pero es posible que debido a las quemadas

recientes, las plantas están reverdeciendo; se sabe que las sabanas después de una quema aumentan su productividad (Medina y Silva, 1990).

6.6. Mata de Monte

6.6.1. Artropofauna

6.6.1.1. Variables ambientales

SUELO				SUPERFICIE	
pH	3,67	Porcentaje Arenas	38	Temperatura(°C)	26,9
Conductividad(us)	23	Porcentaje Limos	50	Humedad Relativa (%)	79
Materia Orgánica (%)	21,42	Porcentaje Arcillas	13		

Tabla 6.6.1.1.1. Variables ambientales en Mata de Monte

La Mata de Monte es un ecosistema que se desarrolla sobre un suelo con características particulares, que en algunas ocasiones ha sido modificado por acción de las hormigas arrieras, que enriquecen el suelo con su actividad. Cuando estas lo abandonan, germina una gran cantidad de semillas.

Un suelo intervenido por las hormigas arrieras presenta las siguientes características (Tabla 6.6.1.1.2.):

Tabla 1. Resultados del análisis químico de los suelos intervenidos por la hormiga arriera *Atta laevigata* en el Centro Las Gaviotas (Vichada).

NOMENCLATURA	Profundidad (cm)			
	Horizonte C (45 – 0)	Horizonte Ap (0 – 15)	Horizonte AB (15 – 30)	Cámaras de cría
Granulometría, %				
Arena	18	20	14	18
Limo	36	38	42	40
Arcilla	46	42	44	42
Textura	Ar	Ar	ArL	Ar
pH	4.0	3.9	4.1	3.8

Tabla 6.6.1.1.2. Características de un suelo intervenido por hormigas arrieras (Tomado de Cortés y León, 2003).

En el estudio realizado por Cortés y León (2003) en el Vichada, el horizonte A tiene un pH bastante parecido al encontrado en el suelo de la Mata de Monte, pero los porcentajes de arena, limo y arcilla varían y se parece más a los registrados en el Bosque de Cañada.

Esto puede deberse a que el suelo de la Mata de Monte se hace más parecido a uno de bosque y las plántulas pueden ser producto de semillas traídas por las hormigas o por reverdecimientos luego de las quemadas.

6.6.1.2. Ecotopos

6.6.1.2.1. Ecotopo suelo

Las especies de la familia Curculionidae, tanto larvas como adultos, atacan todas las partes de las plantas incluyendo las raíces, lo cual concuerda con que sea la familia con mayor número de individuos encontrados en el suelo (Triplehorn y Johnson, 2005) (Tabla 6.6.1.2.1.). La familia Cicindelidae, la cual es depredadora, fue la más abundante en el suelo luego de los Curculionidae. El porcentaje de biomasa de organismos fitófagos fue alto, seguido por los depredadores (Figura 6.6.1.2.1.1.); esto afecta el flujo de materia y energía, que pasa desde las plantas hasta los fitófagos y luego a los depredadores, como se de esperarse en una cadena trófica.

Mata de Monte						
COMPARTIMENTO	ORDEN	FAMILIA	GREMIO	ABUNDANCIA	BIOMASA (g)	
Herbáceo	Acari	Acari	Parásito	2	0,0043	
	Araneae	Araneae	Depredador	55	0,1153	
	Blattodea	Blattellidae	Polífago	1	0,0718	
	Isoptera	Isopteridae	Saprófago	8	0,1335	
	Coleoptera	Brentidae	Fitófago	1	0,2739	
			Bruchidae	Fitófago	2	0,0004
			Cantharidae	Depredador	1	0,0210
		Carabidae	Depredador	2	0,0040	
		Chrysomelidae	Fitófago	15	0,4565	
		Cicindelidae	Depredador	17	0,0585	
		Cupedidae	Fungívoro	1	0,0117	
		Curculionidae	Fitófago	13	0,1249	
		Lampyridae	Fitófago	1	0,0210	
		Nitidulidae	Fitófago	5	0,0095	
		Staphylinidae	Polífago	16	0,2800	
		Collembola	Collembola	Saprófago	1	0,0019
		Diptera	Agromyzidae	Fitófago	3	0,0087
	Asilidae			Depredador	1	0,0886
	Cecidomyiidae		Fitófago	8	0,0202	
	Chironomidae		---	16	0,1160	
	Culicidae		Hematófago	7	0,0751	
	Curtonotidae		Hematófago	1	0,0072	
	Dolichopodidae		Depredador	14	0,0255	
	Drosophilidae		Fitófago	4	0,0273	
	Empididae	Fitófago	2	0,0021		

		Muscidae	Coprófago	4	0,0916
		Mycetophilidae	Fungívoro	1	0,0001
		Phoridae	Saprófago	2	0,0013
		Scathophagidae	Depredador	1	0,0072
		Sciariidae	Fungívoro	4	0,1910
		Sepsidae	Coprófago	1	0,0886
		Syrphidae	Fitófago	5	2,5868
		Tabanidae	Hematófago	6	0,9158
		Tachinidae	Parasitoide	1	0,0718
		Tephritidae	Fitófago	1	0,0093
		Therevidae	Fitófago	1	0,0072
		Tipulidae	Fitófago	2	0,0006
	Hemiptera	Aleyrodidae	Fitófago	1	0,0117
		Alydidae	Fitófago	4	0,0008
		Berytidae	Fitófago	1	0,0072
		Cercopidae	Fitófago	22	0,0858
		Cicadellidae	Fitófago	55	0,6376
		Cixiidae	Fitófago	24	0,0283
		Lyctocoridae	Fitófago	2	0,0145
		Lygaeidae	Fitófago	14	0,0568
		Membracidae	Fitófago	6	0,0187
		Pentatomidae	Fitófago	4	0,1918
		Schizopteridae	Depredador	1	0,0001
		Tingidae	Fitófago	1	0,0012
	Hymenoptera	Agonidae	Fitófago	1	0,0007
		Braconidae	Parasitoide	2	0,0209
		Chalcidoidea	Parasitoide	1	0,0175
		Colletidae	Fitófago	1	0,0117
		Formicidae	Fitófago	40	0,6225
		Ichneumonidae	Parasitoide	1	0,0040
		Pompilidae	Depredador	8	0,0053
		Pteromalidae	Parásito	1	0,0040
		Vespidae	Depredador	1	0,0886
	Orthoptera	Acrididae	Fitófago	14	1,0629
		Gryllacrididae	Depredador	5	0,0033
		Gryllidae	Polífago	3	0,0020
		Gryllotalpidae	Fitófago	1	0,0001
		Proscopiidae	Fitófago	1	0,0718
		Tetrigidae	Fitófago	5	0,0059
		Tettigoniidae	Fitófago	9	1,7333
	Psocodea	Ptiloneuridae	Saprófago	1	0,0019
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	3	0,0013
Rasante	Araneae	Araneae	Depredador	4	0,0236

	Blattodea	Blattidae	Polífago	378	2,7394	
	Coleoptera	Chrysomelidae	Fitófago	4	0,0252	
		Cicindelidae	Depredador	2	0,9211	
		Scarabaeidae	Coprófago	1	0,0117	
		Staphylinidae	Polífago	2	0,0385	
		Collembola	Collembola	Saprófago	2	0,0001
	Diptera	Agromyzidae	Fitófago	1	0,2739	
		Culicidae	Hematófago	6	0,0012	
		Dolichopodidae	Depredador	1	0,0001	
		Drosophilidae	Fitófago	1	0,0072	
		Fanniidae	Saprófago	1	0,0007	
		Muscidae	Coprófago	4	0,0253	
		Phoridae	Saprófago	5	0,0022	
		Sciaridae	Fungívoro	3	0,0020	
		Hemiptera	Coreidae	Fitófago	1	0,0718
			Fulgoridae	Fitófago	1	0,0117
			Gelastocoridae	Depredador	1	0,0007
		Hymenoptera	Formicidae	Fitófago	109	3,5664
		Microcoryphia	Meinertellidae	Saprófago	1	0,0007
	Orthoptera	Gryllidae	Polífago	1	0,0117	
	Thysanoptera	Thysanoptera	Fitófago	1	0,0001	
Suelo	Acari	Acari	Parásito	1	0,0012	
	Coleoptera	Carabidae	Depredador	3	0,0087	
		Chrysomelidae	Fitófago	1	0,0019	
		Curculionidae	Fitófago	512	0,5033	
		Dytiscidae	Depredador	1	0,3516	
		Gyrinidae	Depredador	2	0,0013	
		Histeridae	Depredador	2	0,0038	
		Nitidulidae	Fitófago	1	0,0007	
		Passalidae	Saprófago	2	0,0047	
		Scarabaeidae	Coprófago	52	0,0342	
		Staphylinidae	Polífago	17	0,0444	
		Collembola	Collembola	Saprófago	25	0,0027
		Diptera	Agromyzidae	Fitófago	2	0,0041
			Cecidomyiidae	Fitófago	2	0,0013
			Culicidae	Hematófago	1	0,0028
			Psychodidae	Hematófago	4	0,0017
	Sciaridae		Fungívoro	3	0,1302	
	Hemiptera		Cicadellidae	Fitófago	3	0,0054
		Largidae	Fitófago	1	0,0001	
	Hymenoptera	Chalcidoidea	Parasitoide	1	0,0007	
	Total Mata de Monte				1625	19,4827

Tabla 6.6.1.2.1. Composición artropofaunística de la Mata de Monte.

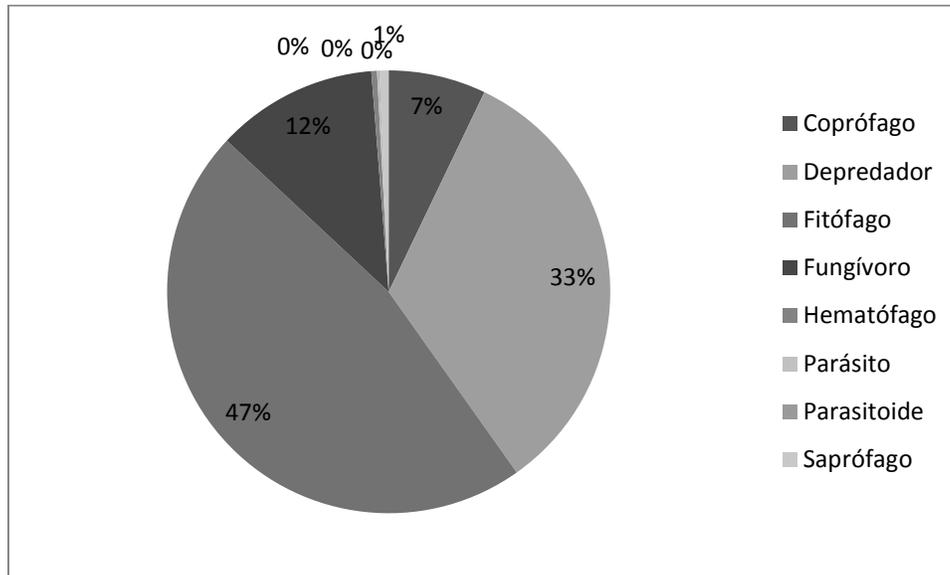


Figura 6.6.1.2.1.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato suelo de la Mata de Monte

6.6.1.2.2. Ecotopo rasante

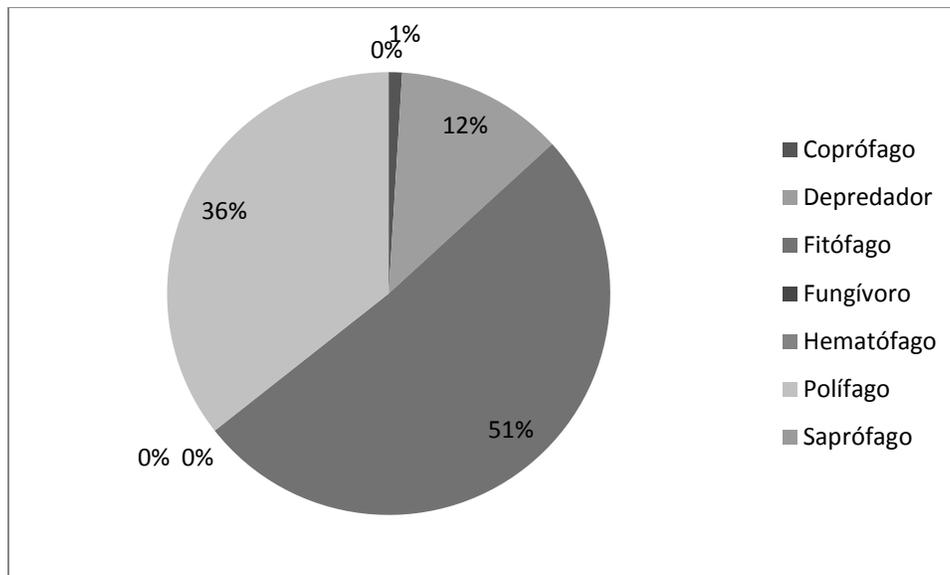


Figura 6.6.1.2.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato rasante de la Mata de Monte

Los cicadélidos son organismos fitófagos succívoros que viven en el espacio rasante saltando entre las hojas; es una familia siempre muy abundante, aunque ocupó el segundo lugar, después de la familia Syrphidae, que apareció en mayor porcentaje (Tabla 6.6.1.2.1.) y que está más relacionada con las flores (Triplehorn y Johnson, 2005). La dominancia de esta familia en el estrato rasante (índices de dominancia por jameo: 0,097,

Malaise 0,1342 intercepcion 0,07552), puede que refleje su papel importante en la polinización de las plantas en este ecotopo. Los polívoros, los cuales pueden tener en su dieta plantas y animales fueron abundantes (Figura 6.6.1.2.2.1.); sus presas puede que estén en este estrato o que provengan de estratos superiores.

6.6.1.2.3. Ecotopo herbáceo

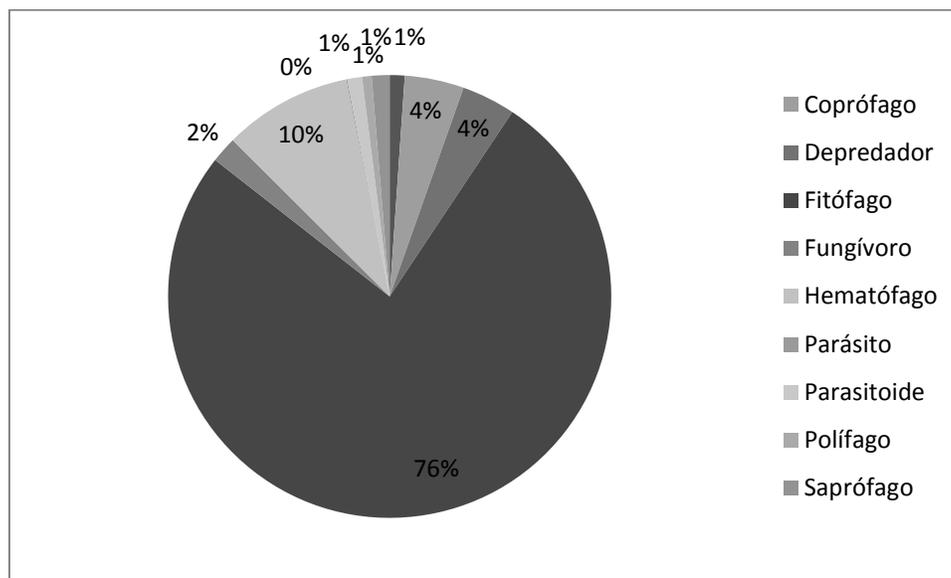


Figura 6.6.1.2.3.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en el estrato herbáceo de la Mata de Monte

En el estrato herbáceo se encontró un mayor porcentaje de familias fitófagas (76%, Figura 6.6.1.2.3.1.) como Syrphidae (Diptera), Cecidomyiidae (Diptera) y Acrididae (Orthoptera). Syrphidae está relacionado con procesos de polinización; Cecidomyiidae es de hábitos fitófagos (formadores de agallas) o depredador (Triplehorn y Johnson, 2005); y los acrídidos son fitófagos defoliadores.

Aunque mucho menor, también hubo un porcentaje importante de hematófagos (Culicidae) en este ecosistema (10%). Este dato llama la atención por encontrarse solo en este estrato, probablemente porque se están alimentando de animales que se mueven en este ecotopo, tales como mamíferos (concordante con madrigueras de mamíferos observadas en el ecosistema) y aves, o porque en estadios inmaduros ocupan otros nichos diferentes a la hematofagia.

6.6.1.3. Diversidad

Se contó con una abundancia de 1566 individuos y una riqueza de 79 familias (Tabla 6.6.1.3.1.). El índice de dominancia fue bastante bajo, indicando alta equitatividad entre las familias. La diversidad de artrópodos de este ecotopo fue relativamente alta.

BIODIVERSIDAD	
Riqueza de familias	79
Abundancia de individuos	1566
Dominancia de simpson	0,1846
Equitatividad de Simpson	0,8154
Equitatividad de Pielou	0,5651
Índice de Shannon	2,469
Índice de Brillouin	2,391

Tabla 6.6.1.3.1. Índices de diversidad para la Mata de Monte

6.6.1.4. Herbivoría

HERBIVORÍA	
Porcentaje de Defoliadores (%)	56,117
Porcentaje de Minadores (%)	6,395
Porcentaje de Agalladores (%)	14,035
Porcentaje de Biomasa Consumida (%)	2
Suculencia	325,10
IH	0,472

Tabla 6.6.1.4.1. Valores de herbivoría para la Mata de Monte

La mayoría de los insectos herbívoros de la Mata de Monte son defoliadores, seguidos de organismo formadores de agallas (Tabla 6.6.1.4.1.), por lo que se resalta la presencia de Cecidomyiidae en este ecosistema. Es interesante ver que aunque son lo adultos los identificados y capturados en las distintas trampas, se sabe de la presencia del estadio larval de esta familia en este ecosistema por el producto de su actividad. Muchas veces estas larvas pueden considerarse serios problemas para las plantas.

6.7. Síntesis

En la zona homogénea de la Serranía de La Lindosa la artropofauna se valoró en los ecosistemas Selva sobre Coluvios, Mata de Monte y Sabana Casmófito, mientras que la vegetación se estudio en la Selva sobre Coluvios, el Matorral y la Sabana Casmófito. Desde el punto de vista limnológico, solo se muestreó el caño Pozos Naturales. Esta zona homogénea está definida en su mayoría por sus características geológicas únicas, ya que pertenece a la Formación Araracuara, de origen sedimentario del Paleozoico (Cárdenas *et al.*, 2008). La Selva sobre Coluvios como la Mata de Monte presentaron características similares en cuanto a temperatura y humedad. El suelo de la Selva sobre Coluvios estuvo compuesto en su mayoría por arenas, mientras que en la Mata de Monte las proporciones texturales estuvieron mejor repartidas entre arenas, limos y arcillas, con una predominancia de los limos. En cuanto a la artropofauna, se encontró una mayor diversidad en ls Selva sobre Coluvios, lo que puede deberse a que presenta una vegetación más desarrollada que la Mata de Monte.

De acuerdo con las diferencias en el suelo, se desarrollan ecosistemas diferentes, que permiten la existencia de microclimas que parecen influenciar la artropofauna presente. La Mata de Monte es un ecosistema particular porque es una transición entre la sabana y el bosque, lo cual se evidencia en su temperatura, humedad relativa y condiciones del suelo. Asimismo, al igual que en el bosque, las hormigas juegan un papel importante en el movimiento de material vegetal, tanto que gracias al transporte de plantas realizado por ellas, se establecen las especies pioneras que pueden dar lugar a la formación del ecosistema que sin la influencia de las quemadas, podría establecer la formación de un bosque (Cortés y León, 2003). Igualmente, hay un porcentaje importante de Curculionidae (Coleoptera) en el suelo; este ecosistema está sujeto a las quemadas, como la sabana; asimismo, comparte con ésta familias importantes como Acrididae.

El caño Pozos Naturales es un río de primer orden, krenal, ubicado en una formación cuyo sustrato es rocoso. La tasa de erosión de las rocas puede ser baja y la pendiente dada por la Serranía contribuye a variar algunas características fisicoquímicas como la velocidad de la corriente y la oxigenación del agua, que tiende a ser mayor en ríos krenales. Dado que el sustrato no se disuelve con facilidad, la transparencia se ve poco modificada. El curso del río es recto, ya que la formación rocosa que lo alberga y la pendiente lo determinan así. Aquí se observó una composición a nivel de familias de macroinvertebrados acuáticos similar a la que podría encontrarse incluso en una quebrada altoandina, donde se comparten características como el tipo de sustrato, la pendiente, la cantidad de oxígeno y la transparencia. Se encontró una gran cantidad de familias con abundancias altas de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera y de formas filamentosas de perifiton (Cyanophytas y Chlorophytas), asociadas a sustratos rocosos. Las aguas fueron altamente oxigenadas y con bajas concentraciones de nitrógeno. Las Cyanophytas posiblemente constituyen la principal entrada de nitrógeno al ecosistema (Singh *et al.*, 2012; Graham y Wilcox, 2000). La abundancia de larvas de la familia Chironomidae se debe a su estrategia r, consistente en poner una gran cantidad de huevos que a su vez generan una gran cantidad de larvas (Armitage *et al.*, 1995). En el área de estudio, estos organismos no parecen tener una restricción a determinadas características fisicoquímicas.

7. ANÁLISIS REGIONAL

7.1. Vegetación

A continuación se presenta un análisis que relaciona las variables edáficas con las bióticas para cada las sabanas y los bosque estudiados. Para ello se utilizaron las técnicas estadísticas multivariadas de Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis de Correspondencia Canónica (CCA).

Los ecosistemas de Sabana y el Matorral (Casmoquersófito) muestran que el contenido de arcillas y limos es inversamente proporcional al de arenas (Figura 7.1.1.). Ya que esto condiciona el pH y la conductividad del suelo, para estas dos variables se observa una relación de proporcionalidad directa, que a su vez se influyen de manera directa con el contenido hídrico de las plantas. Así mismo, se observa una estrecha relación entre las variables capacidad de campo, materia orgánica, peso de raíces y densidad aparente. Esto es congruente con la estrategia de acumulación de agua que presentan estos ecosistemas, ya que debido a su bajo contenido de arcillas y limos, utilizan a la materia orgánica y a las raíces como estructuras de almacenamiento hídrico que les permiten

aprovechar al máximo el contenido de agua en el suelo, el cual es reducido de estos ecosistemas. Sin embargo, se observa una leve relación entre las últimas variables mencionadas y el contenido de arcillas y limos en el suelo. Particularmente, se observa una relación con la densidad aparente del suelo, que es la cualidad que le permite al suelo embeber agua y que por ende tiene también implicaciones con respecto a la capacidad de campo. Por último, el índice foliar específico se muestra como una característica inversamente proporcional con las variables capacidad de campo, materia orgánica, peso de raíces y densidad aparente. Lo cual es congruente con las necesidades fisiológicas y fisionómicas de la vegetación en estos ecosistemas, en cuanto que los recursos hídricos son aprovechados para elaborar hojas reducidas (nanófilas) y coriáceas que les permiten enfrentar las condiciones hostiles del medio, en lugar de hojas con alta capacidad fotosintética.

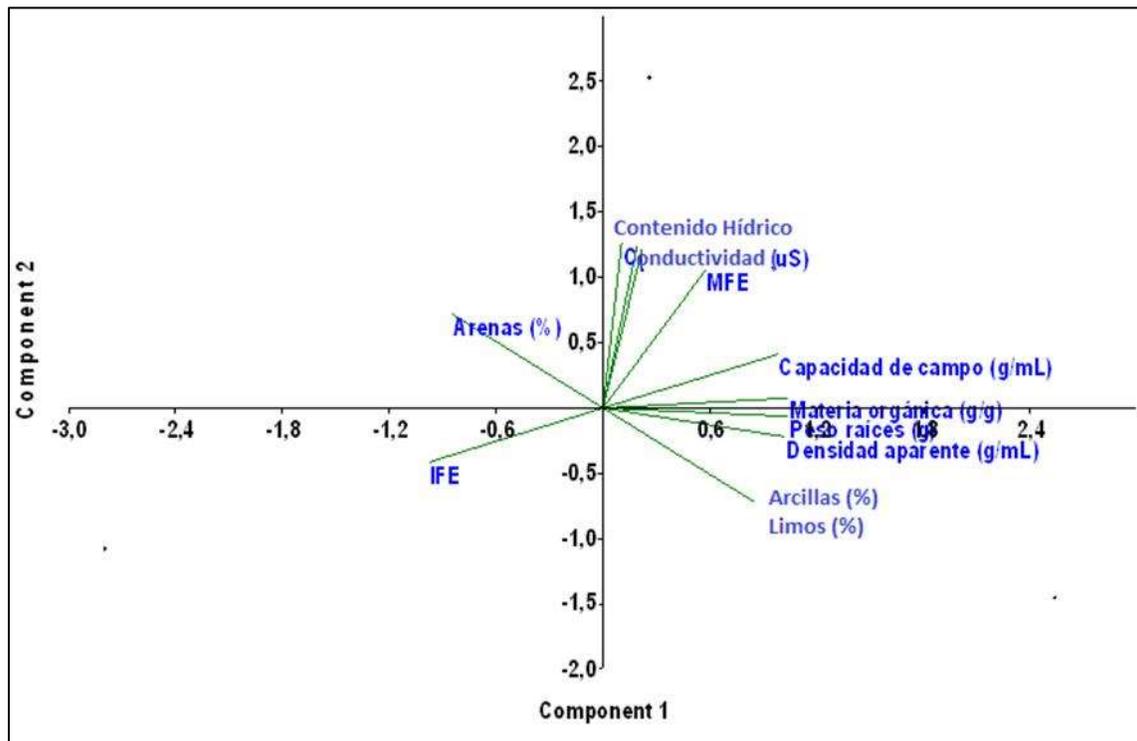


Figura 7.1.1. Análisis de componentes principales (PCA) para los ecosistemas de Sabana y matorral sobre afloramiento rocoso del índice foliar específico (IFE), masa foliar específica (MFE) y contenido hídrico, asociados a características edáficas. (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH).

Al relacionar las variables bióticas (IFE; MFE; Densidad; Contenido hídrico) con las edáficas a través de un Análisis de Correspondencia Canónica (Figura 7.1.2.) se encuentra que la abundancia, el índice foliar específico, la masa foliar específica y el contenido hídrico de este ecosistema, para los estratos herbáceo y arbustivo, están relacionados con el pH y con la conductividad del suelo. Esto probablemente se deba a los constantes lavados del ecosistema que conllevan a la pérdida de sales minerales y a la acumulación de protones en las arenas.

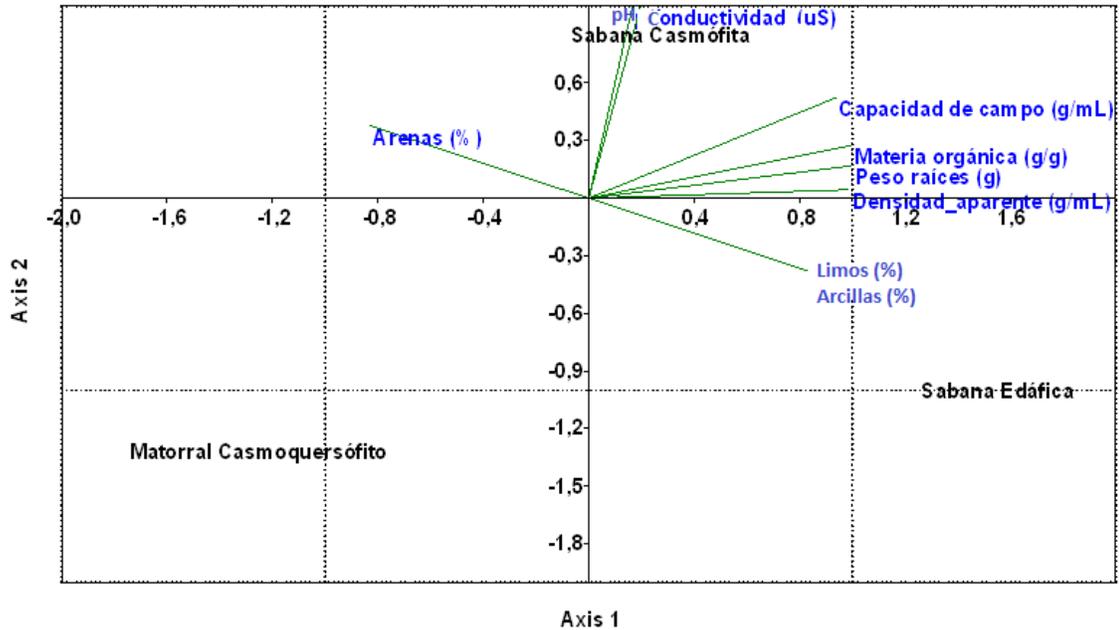


Figura 7.1.2. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para los ecosistemas de sabana y matorral sobre afloramiento rocoso, asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH). Se muestra un solo cuadro para todas las variables analizadas (IFE, MFE, contenido hídrico para los estratos herbáceo y arbustivo) debido a que los resultados son los mismos para todos los análisis.

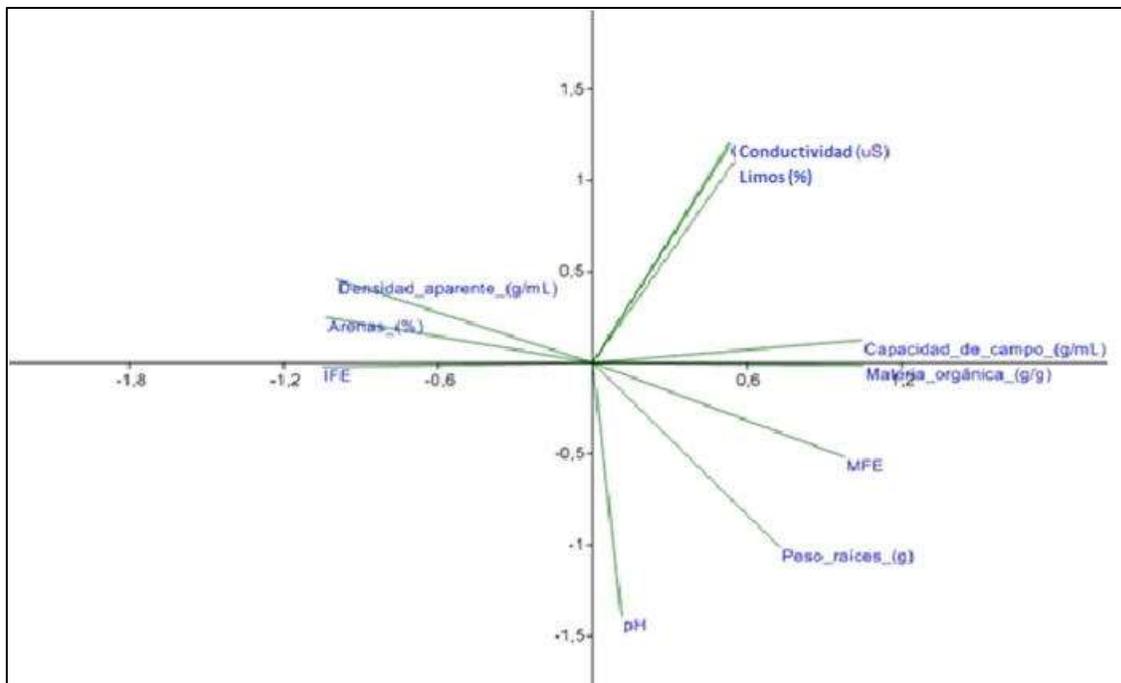


Figura 7.1.3. Análisis de componentes principales (PCA) para los ecosistemas de bosque de índice foliar específico (IFE) y masa foliar específica (MFE), asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH).

En el PCA de la Figura 7.1.3. se observa que la densidad aparente está relacionada con el porcentaje de arenas. La arena, al presentar un grano más fino, se compacta más, por lo cual aumenta su densidad, disminuye la aireación y dificulta la penetración del suelo por las raíces. Además, el I.F.E. está muy relacionado con la densidad aparente y con el porcentaje de arena porque en este tipo de suelos arenosos la capacidad de almacenar agua es menor; en consecuencia las plantas se ven obligadas a producir alta masa de raíces para llegar a zonas más profundas del suelo para adquirir agua lo que le impide a la planta invertir más energía en mejorar su área foliar y en aumentar la tasa fotosintética por un deficiente balance hídrico (Donoso, 1992). La capacidad de campo se relaciona con la materia orgánica porque al aumentar el contenido de agua en el medio, aumenta también la producción de materia por las plantas, que luego va a ser reciclada para aumentar los nutrientes propios de las plantas. La conductividad se relaciona con el porcentaje de limos y arcillas por ser partículas con menor compactación que las arenas, lo que aumenta la conductividad. La M.F.E. es inversa al I.F.E., ya que la masa se encarga de acumular de nutrientes, de forma que si aumenta se disminuye la tasa fotosintética porque las células del mesófilo de la lámina foliar disminuyen y la tasa de fotosíntesis se reduce. El peso de raíces es inverso al porcentaje de arenas puesto que al presentar mayor compactación, la penetración del suelo se hace más difícil. El pH se relaciona con el peso de raíces porque, al ser suelos ácidos, indica que son muy lixiviados, lo que produce un aumento de raíces por ausencia de recursos hídricos y minerales.

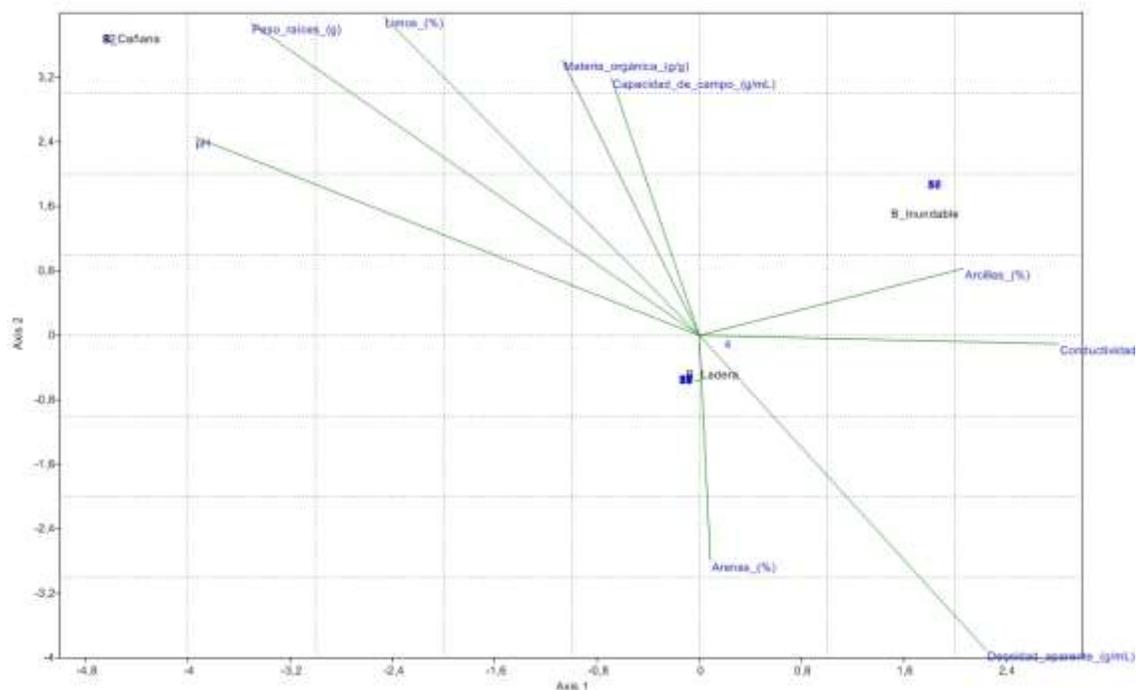


Figura 7.1.4. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para los ecosistemas de bosque, asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH). Se muestra un solo cuadro para todas las variables analizadas (IFE, MFE, para los estratos herbáceo y arbustivo) debido a que los resultados son los mismos para todos los análisis.

Con respecto al CCA para la abundancia en el estrato herbáceo relacionada con los factores edáficos (Figura 7.1.5.), se encontró que en el Bosque de Cañada el porcentaje de limos, el peso de raíces y el pH están muy relacionados con este ecosistema. Esto se explica porque la cantidad de raíces encontrada (60,57 g) permite a las plantas asentarse mejor en el suelo que está dominado por limos, los cuales son de tamaño muy pequeño ocasionado en las plantas un problema de sostén. Por esta razón se desarrolla una mayor cantidad de raíces. Además, como son suelos muy lavados, existe una pérdida gradual de minerales esenciales que trae consigo un aumento de la acidez del suelo por lixiviación (Rippstein, 2001). El bosque de ladera rocosa (Selva sobre Coluvios), está limitado por la textura del suelo, en este caso arenas, y por la densidad aparente debido a que la pendiente del terreno presenta una inclinación considerable. Esto afecta en gran medida el sostén de las plantas. Las arenas, al ser de gran tamaño, han servido como soporte a las plantas de este bosque permitiendo su desarrollo en este tipo de suelos. En el bosque (Selva) inundable, la conductividad y las arcillas son los factores limitantes, lo cual se explica por medio de la relación que existe entre la cantidad de poros y la retención de agua que presentan las arcillas. Al ser un bosque que está sometido a condiciones de inundación, el suelo debe filtrar el agua para evitar el colapso del sistema por estrés hídrico. La materia orgánica y la capacidad de campo están relacionadas directamente entre si. Las dos variables se encuentran entre el Bosque de Cañada y la Selva Inundable, lo que daría a entender que entre los dos ecosistemas la incidencia de estas variables es poca para la abundancia en el estrato herbáceo.

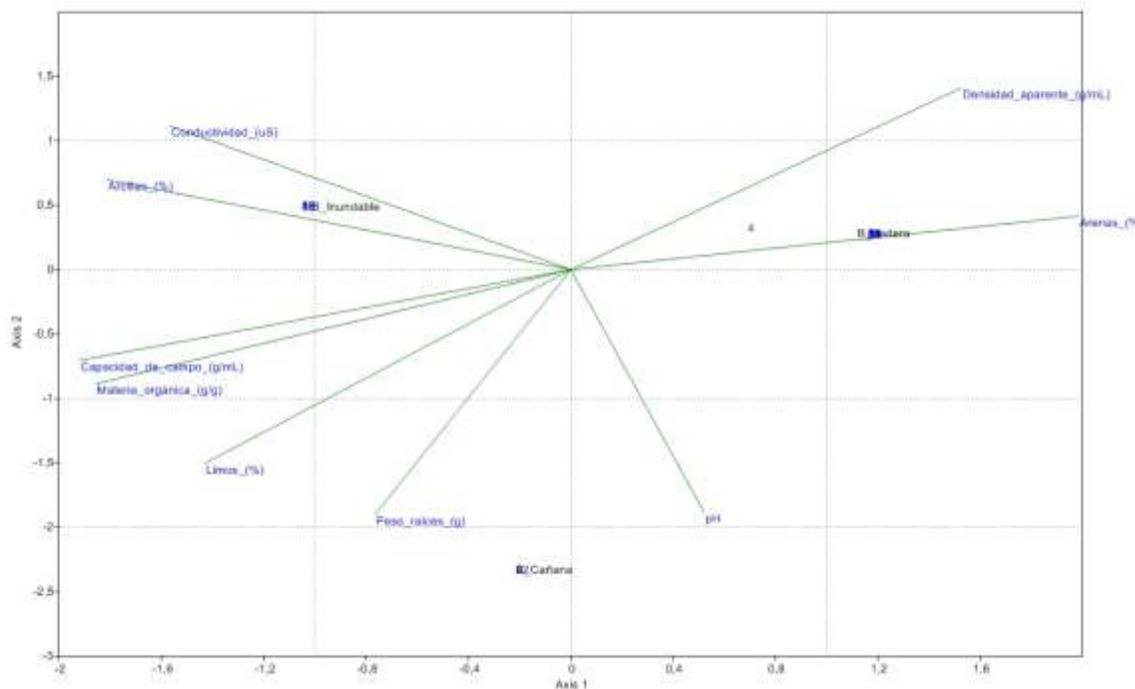


Figura 7.1.5. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para los ecosistemas de bosque, asociados a características edáficas (Arenas, Arcillas, Limos, Capacidad de campo, Materia orgánica, Peso de raíces, Densidad aparente, Conductividad, pH). Se muestra un solo cuadro para todas las variables analizadas (IFE, MFE, para los estratos herbáceo y arbustivo) debido a que los resultados son los mismos para todos los análisis.

El I.F.E. dentro del estrato herbáceo y arbustivo del bosque de ladera rocosa (Selva sobre Coluvios) tiene relación con la densidad del suelo y las arenas, lo que indica que una alta porosidad y mayor retención de agua permiten, por medio de la absorción de nutrientes y agua, un desarrollo de láminas foliares más grandes, que posibilitan una tasa fotosintética más alta. En el bosque (Selva) Inundable, la conductividad y el porcentaje de arcillas inciden de manera diferente, ya que la cantidad de iones en el sustrato se debe a la sedimentación producida en las épocas de inundación. En el Bosque de Cañada, la relación es mayor con el peso de las raíces y el pH, dado que una mayor concentración de raíces mejora la absorción de agua que es escasa en un suelo donde existe poca retención; al poder captar más agua se mejora el proceso fotosintético.

7.1.1. Características edáficas

	Peso raíces (g)	Limos (%)	Arenas (%)	Arcillas (%)	Capacidad de campo (g/mL)	Materia orgánica (g/g)	Densidad aparente (g/mL)	pH	Conductividad (uS)
Sabana Casmófito	6.515	0,1	99,8	0,1	0,415	10,943996	1.261	4,54	0,27
Sabana Edáfica	11,86	55	20	25	0,461863476	17,481481	1.483	4,0	0,21
Matorral Casmoquersófito	0,5	0,1	99,8	0,1	0,066350596	0,069132	1,1	4	0,2

Tabla 7.1.1. Características edáficas de los tres tipos de sabana de la región del Guaviare. Sabana Casmófito (Serranía de La Lindosa), Sabana Edáfica (Sabana de La Fuga) y Matorral sobre afloramiento rocoso (Serranía de La Lindosa).

En los suelos de la región (toda la Orinoquía) predominan Oxisoles y Ultisoles, que se caracterizan por presentar baja fertilidad, debido a su estado avanzado de meteorización y lixiviación, como consecuencia de los altos regímenes de precipitación y la alta permeabilidad. Los Oxisoles presentan una mineralogía dominada por arcillas, de escasa actividad, baja capacidad de intercambio catiónico y alta acidez, condiciones que están asociadas con toxicidad por Al y, en algunos casos por Mn. El P se considera como el elemento más limitante en suelos ácidos (Botero, 1990). En relación con esto, los ecosistemas de sabana presentan unas características generales de acidez y alta densidad aparente así como de baja conductividad (Tabla 7.1.1.). Estos suelos son ácidos con una carga alta de aniones y cationes. Las diferencias de densidad aparente en las sabanas se ven relacionadas con la textura, la cual en su mayoría es arenosa en la serranía de La Lindosa, mientras que en La Fuga (sabana edáfica) los suelos son más evolucionados y presentan una cantidad importante de limos. Esto también se ve reflejado en la cantidad de raíces presentes en el suelo, la cual es mayor para la sabana edáfica, mientras que en la Sabana Casmófito es menor posiblemente por la textura arenosa del suelo y la inclinación del terreno. Esta causa la formación de coluvios y el lavado del suelo por parte de la lluvia. Los suelos de la sabana edáfica son generalmente pedregosos, debido a la abundancia de plintita y cantos rodados de cuarzo, lo que reduce la fertilidad. Los suelos de los bajos aluviales generalmente tienen mayores contenidos de materia orgánica y mayor capacidad de intercambio catiónico, aunque son deficientes en la mayoría de nutrientes esenciales y comúnmente se clasifican como Inceptisoles (IGAC, 1991). El ecosistema del Matorral casmoquersófito resulta tener características especiales debido a su presencia en los afloramientos rocosos del Escudo Guayanes. Estos afloramientos presentan suelos casi nulos. Su textura se basa en arenas que son lavadas

por la lluvia y que dejan expuesta constantemente la roca. El asentamiento de la vegetación se hace sobre la roca y el poco suelo que se observa es producto de la sucesión vegetativa de la actividad de las plantas no vasculares, como musgos y algunos helechos.

Ecosistema	Peso raíces (g)	Limos (%)	Arenas (%)	Arcillas (%)	Capacidad de campo (g/mL)	Materia orgánica (g/g)	Densidad aparente (g/mL)	pH	Conductividad (uS)
B Ladera	21,141	0,1	99,8	0,1	0,296877422	9,289916963	1,17	3,92	0,71
B Inundable	31,192	29,13	19,42	51,46	0,751815025	16,57142857	1,00	3,8	64
B Cañada	60,57	47,5	40	12,5	0,703301397	16,58008658	0,918	4,1	0,55

Tabla 7.1.2. Características edáficas de los tres tipos de Bosques de la región del Guaviare. Bosque sobre ladera rocosa (Serranía de La Lindosa), Selva Inundable (Playa Güio) y Bosque de Cañada (Sabana de La Fuga).

Los ecosistemas de bosque presentan una variabilidad mayor en cuanto a sus características edafológicas (Tabla 7.1.2.). Así como para la Sabana Casmófito, el bosque sobre ladera rocosa (Selva sobre Coluvios) presenta una predominancia de arenas y un contenido de materia orgánica similar, pero su pH es ligeramente más ácido y su conductividad mayor, características que son semejante en los demás ecosistemas de bosque estudiados. Además, los bosques presentan una cantidad de raíces mayor. Los bosques inundable y de cañada presentan capacidades de campo altas que se asocian con su relación con el agua, el primero al presentar pulsos de inundación, mientras que el segundo por su relación estrecha con el agua freática de los caños donde se forma. Los bosques de cañada asociados a este tipo de sabanas presentan suelos de mayor fertilidad (IGAC, 1991). En contraste, el bosque sobre ladera rocosa presenta unos valores sumamente bajos de materia orgánica, capacidad de campo y contenido de raíces, lo que muestra características muy particulares de este ecosistema.

7.1.2. Índices de diversidad

Ecosistema	Riqueza (S)	Número de Individuos	Dominancia de Simpson (D)	Equitabilidad de Simpson (E)	Diversidad de Shannon (H)	Equitabilidad de Pielou (J)
Sabana Casmófito	25	546	0.12410	0.0049640	2.434	0.75616
Sabana Edáfica	29	374	0.11070	0.0038172	2.511	0.74570
Matorral Casmóquersófito	29	191	0.14660	0.0050552	2.541	0.75461
Bosque Inundable	30	55	0.06777	0.0022590	3.068	0.90204
Bosque Coluvial	37	146	0.05029	0.0013592	3.226	0.89340
Bosque de Cañada	45	115	0.04257	0.0009460	3.454	0.90736

Tabla 7.1.3. Índices de diversidad para los diferentes ecosistemas estudiados

La mayor riqueza en los ecosistemas se encuentra en el Bosque de Cañada, con un valor de 45 especies (Tabla 7.1.3.). Sin embargo, la riqueza en todos los ecosistemas es alta ya que los valores son superiores a 5,0. La riqueza en los bosques es mayor que en la sabana y esto puede deberse a la disponibilidad de nichos a ocupar y a la disminución en la intensidad de los disturbios. El índice de dominancia de Simpson es un parámetro que se utiliza para cuantificar la diversidad dentro de una comunidad. A medida que el índice aumenta, la diversidad decrece. En este orden de ideas, este índice ratifica la alta

diversidad en el Bosque de Cañada y una alta dominancia de especies en el Matorral carsoquersofítico, habiendo una mayor uniformidad de especies. Estos ecosistemas tienden a presentar especies dominantes por sus adaptaciones fisiológicas y morfológicas, lo que favorece su predominio sobre otras plantas.

Otro método para cuantificar la diversidad de especies es el índice de Shannon, en el que la diversidad se da en escalas de cero a cinco. Según la tabla de diversidad (Tabla 7.1.3.), los ecosistemas de alta diversidad (3 o más) son el bosque (Selva) sobre Coluvios y el Bosque de Cañada; los ecosistemas de Sabanas, Matorral y Bosque (Selva) Inundable tienen una diversidad media (1,5-3,5).

7.1.3. Estereodiagramas

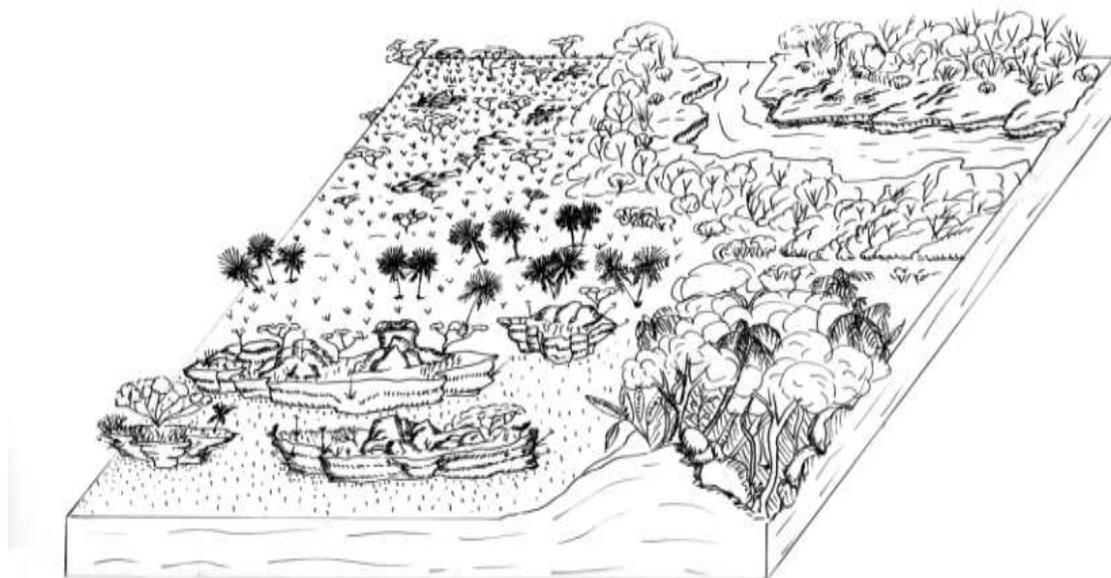


Figura 7.1.6. Estereodiagrama de la Serranía de La Lindosa. Se muestra los distintos ecosistemas que se presentan en el paisaje. Realizó: David Hernández.

En la Figura 7.1.6. se puede observar cómo se distribuyen espacialmente los diferentes ecosistemas estudiados en la Serranía de La Lindosa. La Serranía de La Lindosa constituye una de las pocas formaciones rocosas de la Amazonía colombiana, que presenta un variado número de ecosistemas con características orinocenses, guyanesas y de la selva amazónica, y junto con la Serranía de la Macarena y la del Chiribiquete hacen parte de la expresión más occidental del núcleo Precámbrico de Suramérica (Cárdenas *et al.*, 2008). Debido a la edad antigua de esta formación, la vegetación que allí habita ha desarrollado adaptaciones fisiológicas y morfológicas que le permiten sobrellevar las condiciones extremas que imperan en dicha la zona (suelos poco desarrollados y muy pobres en nutrientes, cambios drásticos de temperatura entre el día y la noche, estrés hídrico, fuerte exposición a los vientos, entre otras). Esta vegetación se asemeja en su apariencia fisionómica a las formas encontradas en los páramos andinos (Cárdenas *et al.*, 2008). Sin embargo, dada la diversidad de agrupaciones de formas de

vida, se puede decir que existen diferentes biomas que hacen parte de los paisajes allí encontrados.



Figura 7.1.7. Estereodiagrama de la Selva inundable de la Llanura Aluvial. Se muestra los distintos ecosistemas que se presentan en el paisaje. Arriba se ve un fragmento del río Guaviare. Realizó: Lina Ojeda

Las figuras a Figura 7.1.7. y 7.1.8. representan las otras dos zonas homogéneas visitadas en la región: la llanura aluvial adyacente al río Guaviare, y la sabana edáfica de La Fuga. En la primera son característicos los ecosistemas acuáticos lénticos de origen fluvial (madreviejas), llamados lagunas. También se encuentran bosques inundables y otra serie de ecosistemas como morichales no trabajados en este estudio. Esta zona aluvial constituye un complejo de ecosistemas que fluctúan drásticamente entre el periodo seco y el pulso de inundación, haciendo de este conjunto de ecosistemas un ambiente de tipo anfibio. En la sabana edáfica, la Figura 7.1.8. muestra claramente la presencia de una matriz generalizada (la sabana), atravesada por corredores de bosques de galería. En el fondo de estos bosques se encuentran los caños asociados a estos bosques.

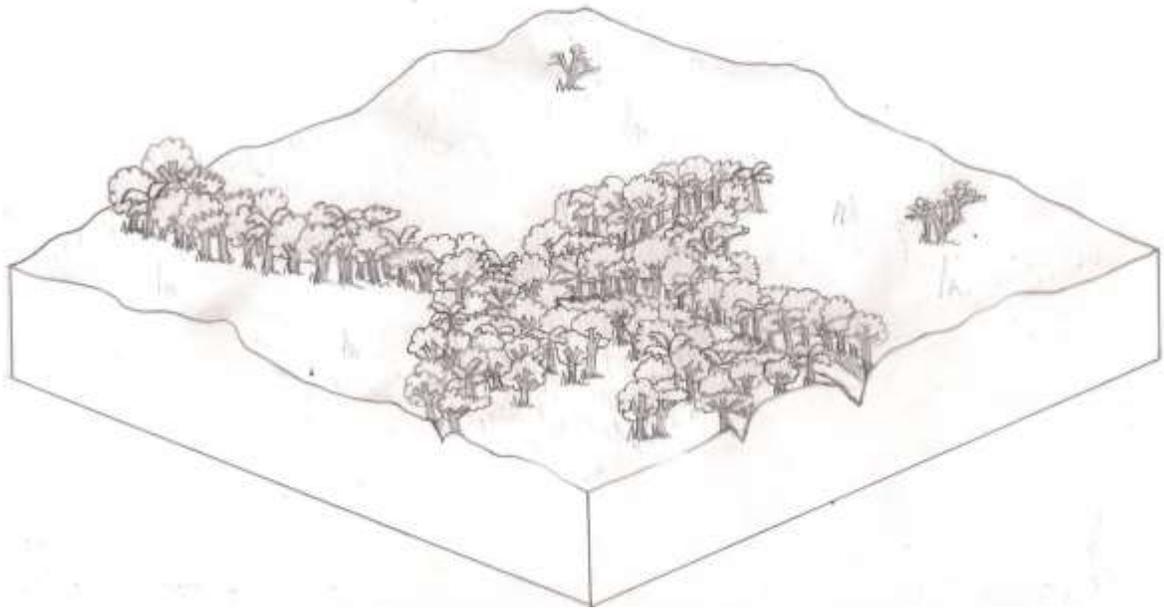


Figura 7.1.8. Estereodiagrama de la Sabana de La Fuga. Se muestra los distintos ecosistemas que se presentan en el paisaje. Realizó: Stephany Orjuela

7.2. Artropofauna

De acuerdo con los valores de las binomiales negativas (Tabla 7.2.1.), se puede afirmar que no se realizó un muestreo exitoso en la mayoría de los casos. Solamente en la Sabana de La Fuga (estrato herbáceo) y en el Bosque de Cañada (estrato herbáceo) las familias observadas superaron a las esperadas. Lo anterior indica que se necesita un esfuerzo de muestreo mucho mayor para alcanzar un valor aproximado al esperado; los días y número de réplicas usados en campo fueron muy bajos. Al respecto es importante recordar que los artrópodos presentan la mayor diversidad animal del planeta.

El origen de los Llanos Orientales es relativamente reciente, tal vez menor a un millón de años. Sus suelos son sumamente pobres y se formaron a partir de la sedimentación de la cordillera de los Andes y de las arenas eólicas del antiguo Escudo Guayanés al oriente. Este hecho probablemente ha limitado el desarrollo de un número mayor de endemismos (Defler y Rodríguez, 1998). El número de especies de todos los grupos animales se incrementa a medida que se penetra en las selvas de la Orinoquia con respecto a la región de las sabanas (Defler y Rodríguez, 1998).

En la región del Guaviare en general, los bosques exhibieron mayor riqueza y presencia de gremios depredadores. Se sabe que los ecosistemas con una mayor complejidad permiten la existencia de una mayor diversidad, debido a que hay más nichos disponibles (August, 1983). En este sentido, y de acuerdo con lo mostrado en PCA de la Figura 7.2.1., las variables físicoquímicas del suelo no se asociaron a los diferentes ecosistemas por zonas homogéneas. El Análisis de Correspondencia Linearizado (DCA de la Figura 7.2.2.), también muestra que la artropofauna edáfica no se distribuye en relación a algún patrón que corresponda a las zonas homogéneas, lo cual se corresponde a la misma

ausencia de un patrón a nivel de zonas homogéneas en el DCA de la artropofauna aérea (Figura 7.2.3.). La artropodofauna parece entonces responder más a las características específicas de los ecosistemas en los que se encuentran que a patrones regionales. Cada ecosistema tiene una composición característica de familias y una composición gremial particular (Camero *et al.*, 2005), y con una tasa de recambio bajo entre ellos.

Ecosistema	Estrato	Método	Familias Obs	Familias Esp
Mata de Monte	Suelo	Berlesse	45	---
Mata de Monte	Rasante	Pitfall	44	272
Mata de Monte	Herb-Arbus	Jameo	78	99
Selva Coluvial	Suelo	Berlesse	22	312
Selva Coluvial	Rasante	Pitfall	66	134
Selva Coluvial	Herb-Arbus	Jameo	121	294
Sabana La Fuga	Suelo	Berlesse	22	312
Sabana La Fuga	Rasante	Pitfall	57	92
Sabana La Fuga	Herb-Arbus	Jameo	185	16
Bosque de cañada	Suelo	Berlesse	30	344
Bosque de cañada	Rasante	Pitfall	19	258
Bosque de cañada	Herb-Arbus	Jameo	102	48
Selva Inundable	Suelo	Berlesse	35	498
Selva Inundable	Rasante	Pitfall	40	408
Selva Inundable	Herb-Arbus	Jameo	98	47
Sabana Cásmodita	Herb-Arbus	Jameo	66	551
Regional			486	45

Tabla 7.2.1. Valores de las binomiales negativas para los ecosistemas estudiados en la Región Guaviare

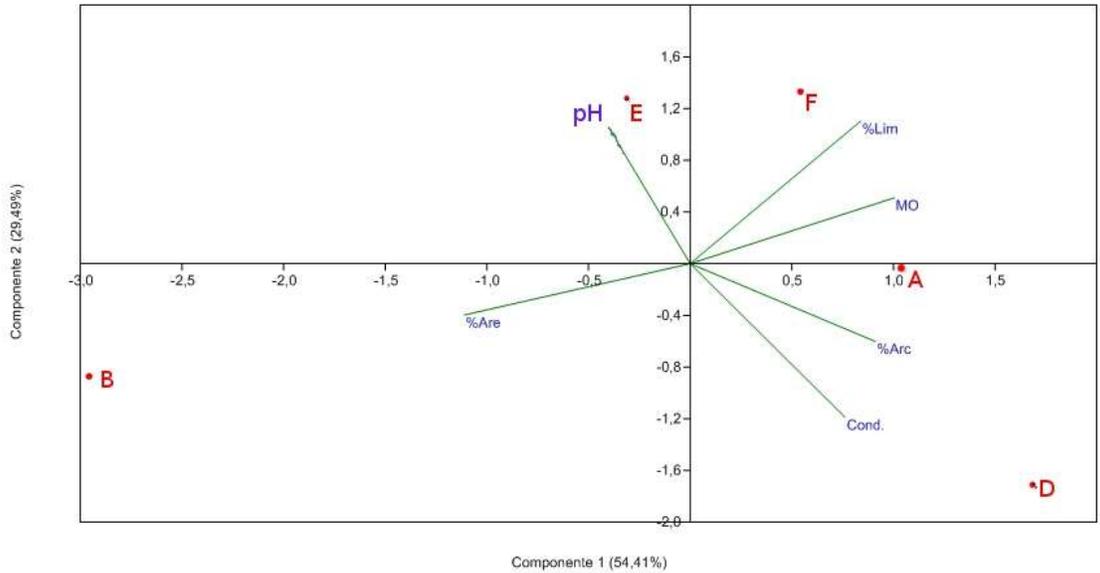


Figura 7.2.1. Análisis de los Componentes Principales 1 y 2 para las variables físico químicas del suelo en cinco ecosistemas de la región del Guaviare. Las letras mayúsculas en rojo corresponden a los ecosistemas: A. Mata de Monte de La Serranía de La Lindosa. B. Selva Coluvial de la La Serranía de La Lindosa. D. Selva inundables de la Llanura de inundación. E. Bosque de Cañada de La Fuga. F. Sabana de La Fuga. Las variables incluidas en el análisis fueron pH, Textura (porcentaje de Arenas-%Are, porcentaje de Arcillas-%Arc y porcentaje de limos - % lim), Materia orgánica (MO) y Conductividad (Cond.).

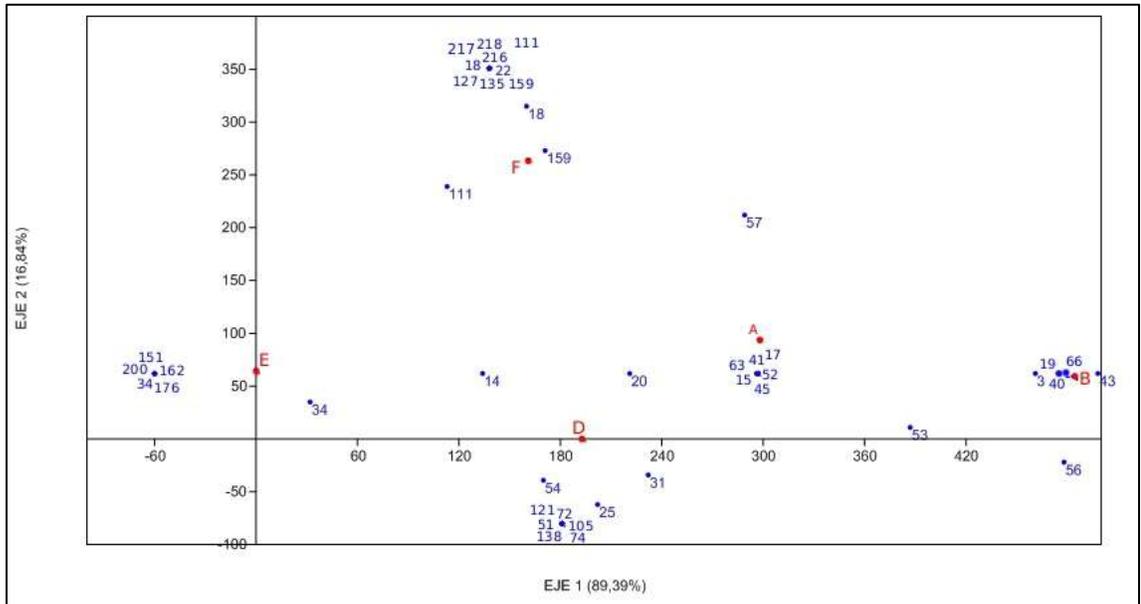


Figura 7.2.2. Análisis de Correspondencia Linearizado de las familias de artrópodos del suelo de cinco ecosistemas de la región del Guaviare. La letras mayúsculas en rojo corresponden a los ecosistemas: A. Mata de Monte de La Serranía de La Lindosa. B. Selva Coluvial de la La Serranía de La Lindosa. D. Selva inundables de la Llanura de inundación. E. Bosque de Cañada de La Fuga. F. Sabana de La Fuga. Los números azules corresponden a las familias de artrópodos que aparecen detalladas en el Anexo 1. Sólo se incluyeron las familias que tuvieron un coeficiente de variación mayor al 100%.

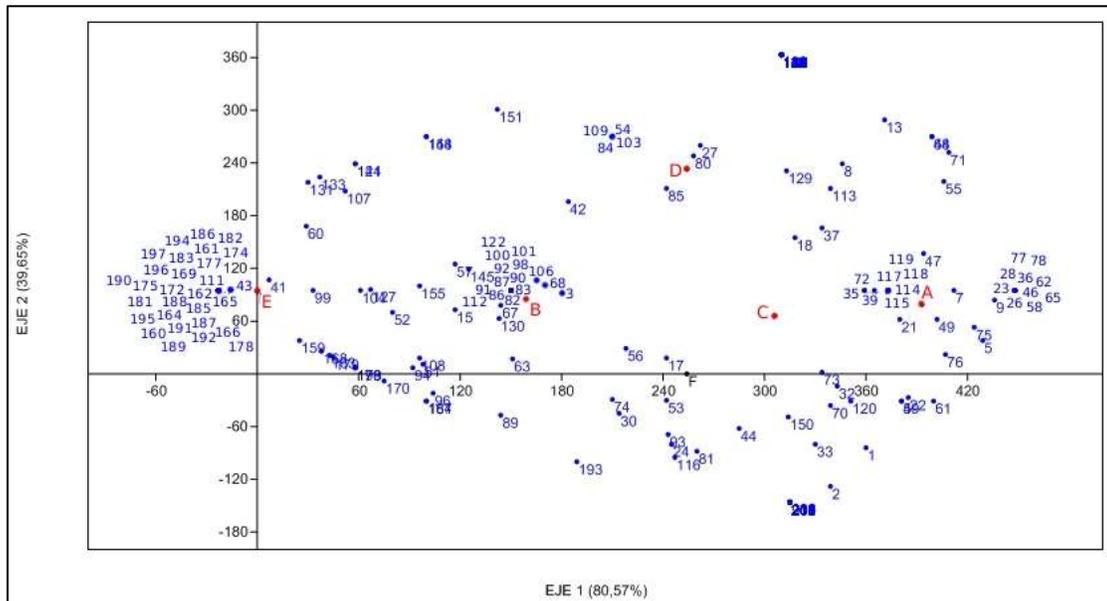


Figura 7.2.3. Análisis de Correspondencia Linearizado de las familias de artrópodos de los compartimentos por encima de la superficie del suelo de seis ecosistemas de la región del Guaviare. Las letras mayúsculas en rojo corresponden a los ecosistemas: A. Mata de Monte de La Serranía de La Lindosa. B. Selva Coluvial de la La Serranía de La Lindosa. C. Sabana Casmofita de La Serranía de La Lindosa. D. Selva inundables de la Llanura de inundación. E. Bosque de Cañada de La Fuga. F. Sabana de La Fuga. Los números azules corresponden a las familias de artrópodos que aparecen detalladas en el Anexo 1. Sólo se incluyeron las familias que tuvieron un coeficiente de variación mayor al 100%.

7.3 Limnología

En las siguientes tablas se presenta una visión completa de las variables medidas en los sistemas acuáticos de la región del Guaviare visitada, tanto las fisicoquímicas y ecológicas de ríos y lagos (Tabla 7.3.1.), como las hidrológicas de los ambientes lóticos (Tabla 7.3.2.).

VARIABLE		Pozos Naturales	Caño La María	Caño el Morro	Laguna Negra	Laguna La María	Laguna Chiquita
Temperatura (°C)	Punto 1	26.3	26.1	26.8	29.6	28.5	32.6
	Punto 2	26.4	26.4	26	29.5	27.4	30
	Punto 3	26.6	26.5	25.6	29.7	28.2	28
Conductividad (µS/cm)	Punto 1	4.71	6.02	6.84	3.41	6.9	10.76
	Punto 2	4.72	6.13	6.46	3.43	7.08	9.81
	Punto 3	4.56	6.02	6.25	3.35	7.13	16.6

pH	Punto 1	4.02	4.47	5.03	4.56	4.77	5.9
	Punto 2	4.05	4.56	5.14	5	5.32	5.28
	Punto 3	4.41	4.91	5.3	5.14	5.27	5.32
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Punto 1	7.75	7.04	4.36	1.81	5.52	3.96
	Punto 2	7.77	6.98	4.52	1.59	5.45	3.54
	Punto 3	7.78	6.95	4.05	1.64	5.41	3.51
%Saturación O2	Punto 1	95.81	88.7	53.1	19.9	72.8	49
	Punto 2	95.81	88.5	54.8	19.9	71.3	44.9
	Punto 3	95.81	87.6	48	19.9	70.8	45.1
Sólidos Disueltos (ppm)	Punto 1	2.355	2.69	3.42	1.705	2.94	5.38
	Punto 2	2.36	2.74	2.91	1.715	3.02	4.905
	Punto 3	2.28	2.69	2.83	1.675	3.06	8.3
Sólidos suspendidos totales (mg/l)		Nd	0.0107	0.000622	0.0485	0.0126	0.001566
Sólidos suspendidos orgánicos (mg/l)		Nd	0.0031	0.309	0.0023	0.0018	0.516
Amonio (mg/l)		0.48	0.45	0.06	0.24	0.26	0.46
Nitrato (mg/l)		0.01	0	0.01	0	0	0
Fosfatos (mg/l)		0.34	0.7	0.04	0.01	0.13	0.01
Densidad de deriva MOPG (g/m3)	Réplica 1	0.003	0.00034	----			
	Réplica 2	0.0044	0	----			
	Réplica 3	0.0043	0.00374	----			
mRetención MO (%)	Réplica 1	99,59	99,8	99,93			
	Réplica 2	99,37	99,65	----			
Producción primaria neta (MgO₂m⁻²h⁻¹)		-0.0589	-0.0527	-0.0216	0.05	0.1	0.008
Respiración (MgO₂m⁻²h⁻¹)		-2.41	-2.065	-1.87	0.0125	-0.68	0.208
Producción primaria bruta (MgO₂m⁻²h⁻¹)		----	----	----	0.0625	-0.58	0.216

Tabla 7.3.1. Variables fisicoquímicas, hidrológicas y ecológicas de todos los sistemas acuáticos muestreados en la región del Guaviare.

VARIABLE		Pozos Naturales	Caño La María	Caño el Morro	Laguna Negra	Laguna La María	Laguna Chiquita
Ancho cauce (m)	Punto 1	5.62	12.5	0.91			
	Punto 2	8.54	11.16	1.15			
	Punto 3	6.66	10.5	1.1			
Prof. Media(m)	Punto 1	0.123	0.558	0.022	5.19	1.96	3.7
	Punto 2	0.359	0.655	0.028	4.91	2.5	4.55
	Punto 3	0.231	0.583	0.018	4.19	2.91	4.71
V. Sup. (m/s)	Punto 1	0.204	0.304	0.176			
	Punto 2	0.068	0.157	0.211			
	Punto 3	0.170	0.301	0.55			
Transp. Secci (m)	Punto 1	2.85	2.8	0.45	2.2	0.53	0.67
	Punto 2	3.1	2.5	0.47	1.68	0.54	0.66
	Punto 3	2.92	2.65	0.47	1.68	0.5	0.65
Caudal por Salinidad(m3/s)		1.38632419	3.9717757	----			
Caudal "geométrico"(m3/s)		0,24403344	1,7335655	0,007986562			

Tabla 7.3.2. Variables hidrológicas de los sistemas lóticos de la región del Guaviare

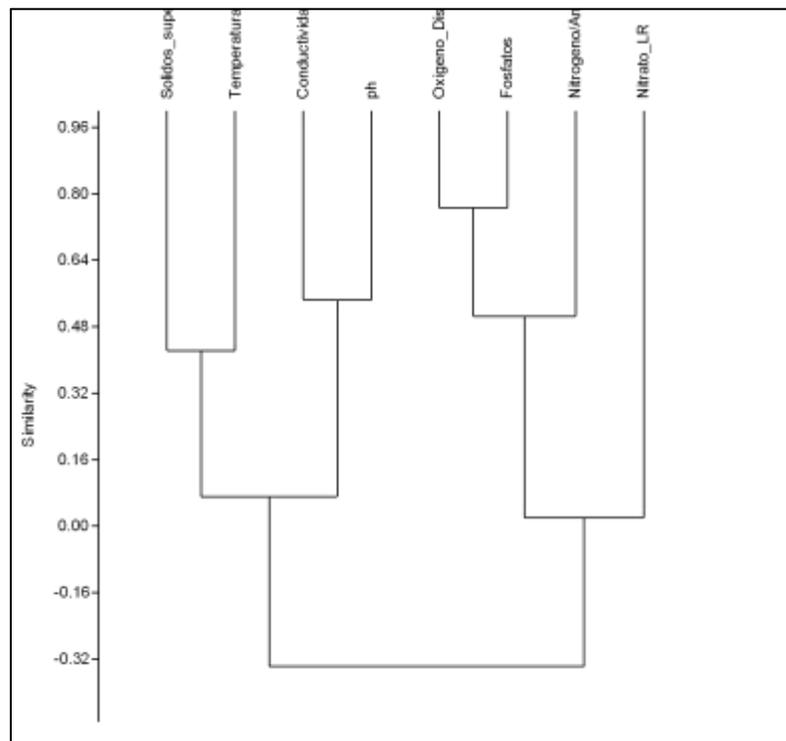


Figura 7.3.1. Análisis de Cluster de las variables fisicoquímicas para el índice r de correlación de Pearson con el algoritmo de Promedio de agrupamiento de pares no ponderado (UPGMA). Las agrupaciones se unen en base a la distancia media entre todos los miembros de los dos grupos.

En análisis de cluster (Figura 7.3.1.) mostró que las variables fisicoquímicas de los sistemas acuáticos de la región se agrupan en dos categorías: los nutrientes por un lado, y los demás parámetros por otro. Esto posiblemente indica que las condiciones de tróficas son determinantes (oligotrofia en el caso de los ambientes acuáticos del Guaviare). Según el análisis de PCA, las primeras tres variables sintéticas (componentes principales) explican la mayoría de la varianza ($\geq 80\%$) (Tabla 7.3.3). Este hecho se contrasta con el valor de Jolliffe cut-off value (Jolliffe, 1986) que indica el número de componentes principales significativos (eigenvalue ≤ 0.7) (Figura 7.3.2.). Idealmente se espera que sólo los dos primeros componentes principales sean los que representen la mayor varianza, ya que de lo contrario se dice que el análisis de PCA no ha sido muy exitoso (Hammer, 1999). Para corregir esto, se optó por varias opciones: remover las variables con el menor coeficiente de varianza, remover las variables con demasiada varianza, y remover tanto las primeras variables mencionadas como las segundas. Al realizar las dos primeras modificaciones se obtuvieron también tres componentes. Al realizar la última modificación se consiguieron dos componentes, lo que implica que estadísticamente se debería dejar alrededor de tres variables. Sin embargo, para fines descriptivos se optó por dejar todas las ocho variables inicialmente computadas.

Componente	Eigenvalue	% Varianza
1	3.47662	43.458
2	1.83421	22.928
3	1.64413	20.552
4	0.581918	7.274
5	0.288454	3.6057
6	0.104893	1.3112
7	0.0499827	0.62478
8	0.0197923	0.2474

Tabla 7.3.3. Valores propios y porcentajes de varianza para cada componente en el análisis PCA de las variables fisicoquímicas.

Para el análisis regional se consideraron todos los puntos muestreados en cada ecosistema, de tal manera que se incluyeron las tres estaciones utilizadas por río o lago. Por otro lado, el PCA detecta las variables correlacionadas entre sí y aquellas que definen el ambiente fisicoquímico de cada ecosistema.

El primer componente estuvo correlacionado con la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, los nitratos, los fosfatos y los sólidos suspendidos totales, es decir, con la mayoría de las variables. Al segundo componente se asoció la conductividad, el amonio y los sólidos suspendidos totales. El tercer componente estuvo correlacionado con el amonio, los nitratos y los sólidos suspendidos totales. Es importante resaltar que las variables que influyen estos componentes no incluyen la totalidad de variables incluidas en el análisis. Esto se debe a que la presencia de una variable que covaría con otra explicaría lo suficiente sin necesidad de incluir las dos. Esto se evidencia en el biplot de la Figura 7.3.3., en el que las variables correlacionadas están agrupadas por ecosistema.

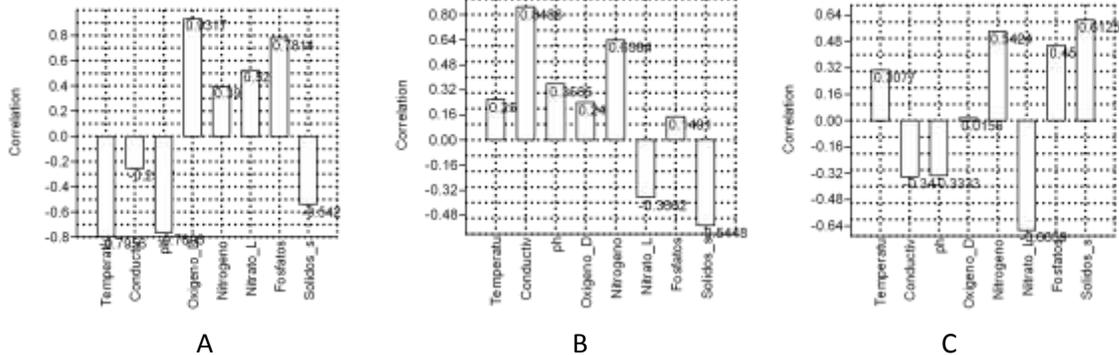


Figura 7.3.2. Correlación entre cada variable y la puntuación del componente principal (PC). Donde A: PC1, B: PC2 y C: PC3.

La manera más sencilla de visualizar la influencia de las variables en cada ambiente acuático, es mediante el biplot de parámetros y sitios de muestreo (Figura 7.3.3.), que ubica los ecosistemas con respecto a las variables fisicoquímicas representadas por vectores. Se graficaron los tres primeros componentes, pero se presenta aquí solo la figura de los componentes 1 y 2. Se observa que aunque para la laguna Chiquita los puntos se encuentran algo más dispersos que para el resto de cuerpos de agua, es posible detectar cierta tendencia clara dicho agrupamiento espacial.

El PCA permitió establecer que el pH y la conductividad influyen a la laguna Chiquita; los sólidos suspendidos totales influyen a la laguna Negra; el amonio y fosfatos al caño La María; el caño El Morro está bien definido por los componentes 2 y 3, y al graficarlos (figura no mostrada) se observó que los nitratos fueron los más relacionados con este caño. Esto tiene sentido, ya que este riachuelo tiene el valor más bajo de amonio, variable que está correlacionada para ambos componentes. Además, los nitratos no se detectaron en la mayoría de ecosistemas, excepto en El Morro y Pozos Naturales. Es por esto que en cada caso, estos dos ecosistemas se ven relativamente cercanos en las gráficas. La laguna La María se asemeja más a la laguna Chiquita que al resto, pero el punto 1 de este ecosistema está algo más relacionado con la temperatura que el resto de los puntos. Sin embargo, en general esta laguna no está significativamente influenciada por ninguna variable en particular.

En general, se puede decir que los tres ecosistemas lénticos estudiados están claramente definidos por mayores valores de conductividad, pH, temperatura y sólidos suspendidos. Por su parte, los ambientes lóticos muestran condiciones más elevadas de oxigenación y nutrientes. Por otra parte, la laguna Negra tiende a ser un ecosistema de aguas negras amazónicas (baja mineralización, color de agua oscuro, alta transparencia), mientras que las lagunas Chiquita y La María se asemejan a sistemas de aguas blancas (mayor conductividad, menor transparencia, aguas de color lechoso) debido a la influencia del río Guaviare, cuyos tributarios son de origen andino. Los caños, por su parte, son ambientes de aguas claras, es decir, con transparencias altas, conductividades bajas y colores amarillos a verdes.

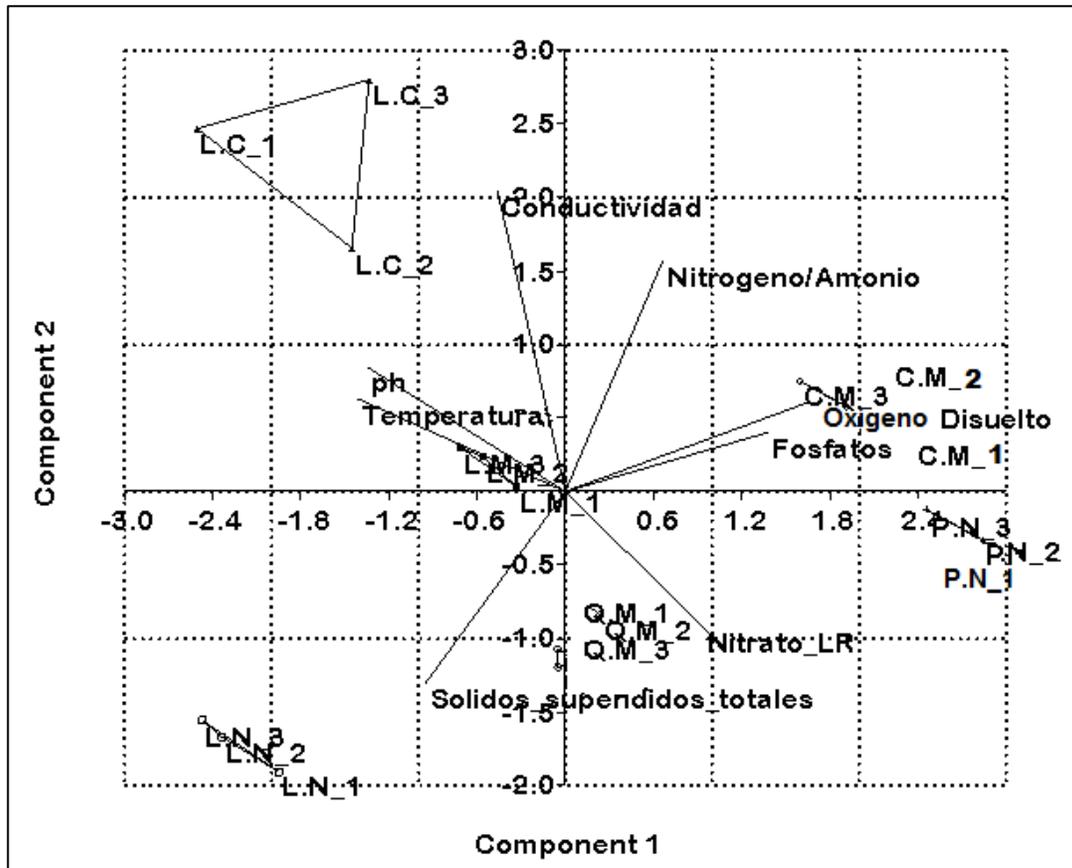


Figura 7.3.3. Componentes 1 y 2 del PCA de las variables fisicoquímicas de los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare y sus variables representativas. Donde L.C: Laguna Chiquita, L.N: Laguna Negra, L.M: Laguna La María, Q.M: Caño El Morro, C.M: Caño La María y P.N: Caño Pozos Naturales

A nivel regional, dentro del fitoplancton se presenta una gran variedad de formas de vida y hábitos, desde organismos unicelulares cocoides o flagelados hasta organismos pluricelulares cenobiales, filamentosos o palmeloide. Para este nivel regional hay que tener en cuenta que se clasificaron los géneros de algas en seis categorías morfológicas basadas en sus formas de vida (hábitos) (Tabla 7.3.4.).

Las lagunas Negra y Chiquita estuvieron dominadas por organismos de tipo palmeloide; en la primera de ellas, esta forma de vida representó el 41% del total y en la segunda llegó al 75%. Esta forma se identifica por células inmóviles y numerosas encerradas en una cubierta de mucílago, mostrando poco o nulo movimiento en el agua. Los flagelados alcanzaron el 17% en la laguna Chiquita y el 26% en laguna Negra, lo cual podría explicarse por sus características de organismos oportunistas, alta relación superficie/volumen, alta eficiencia para la incorporación de nutrientes y alta tasa de reproducción (Reynolds, 1984; Sandgren, 1988). Las formas filamentosas y cocoides hacen clara la diferencia entre la laguna Chiquita (donde tienen valores muy bajos) y La María. La laguna La María, en cambio, está dominada por las formas de tipo coccoide en un 48%, seguida por un 31% de las filamentosas (Figura 7.3.4.). En la Tabla 7.3.5. se muestran las abundancias de estas formas de vida fitoplanctónicas en los distintos ecosistemas. La dominancia de formas filamentosas sobre las coloniales indica ciertas

condiciones turbulentas del sistema (De León y Chalar, 2003), como parece ser el caso de laguna Negra.

Formas de Vida	Géneros
Cenobial	<i>Ankistrodesmu, Coelastrum, Dactylococopsis, Fragilaria, Kirchneriella, Scenedesmus, Sphaerocystis, Volvox</i>
Cocoide	<i>Chlorococcum, Closterium, Cosmarium, Cyclotella, Cymatopleura, Cymbella, Epithemia, Gomphonema, Navicula, Nitzschia, Pinnularia, Stichococcus, Surirella, Synechococcus, Synedra, Tetraedriella, Tetradron, Xanthidium</i>
Filamentosa	<i>Aphamizomenon, Aulacoseira, Lyngbya, Microspora, Oscillatoria, Phormidium, Raphidiopsis, Spirulina, Ulothrix</i>
Flagelada	<i>Chlamydomonas, Cryptomonas, Euglena, Gymnodinium, Lepocinclis, Peridinium</i>
Palmeloide	<i>Aphanothece, Botryococcus, Coelosphaerium, Gloeothece, Gomphosphaeria, Microcystis</i>

Tabla 7.3.4. Clasificación de las formas de vida de los taxones de fitoplancton hallados en los sistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare (Adaptado de: Des Abbayes *et al.*, 1989; Bellinger, 1992)

Lugares	Formas de Vida					Totales
	Cenobiales	Cocoides	Filamentosas	Flageladas	Palmeloide	
Laguna Negra	23,00	21,60	11,20	45,20	69,60	170,60
Laguna Chiquita	8,67	2,66	0,00	23,33	101,34	136,00
Laguna La María	39,00	126,00	80,50	8,00	9,00	262,50
Totales	70,67	150,26	91,70	76,53	179,94	569,10

Tabla 7.3.5. Abundancias (ind/mL) de las formas del fitoplancton en las lagunas estudiadas en la región del Guaviare.

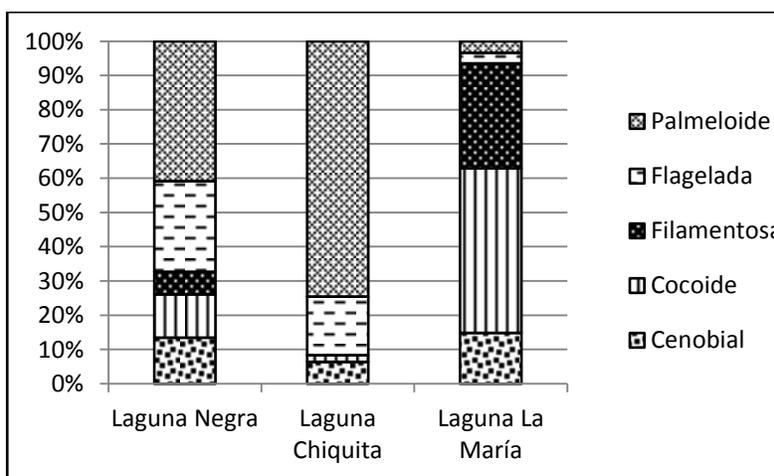


Figura 7.3.4. Porcentajes de las formas de vida del fitoplancton en las lagunas estudiadas en la región del Guaviare.

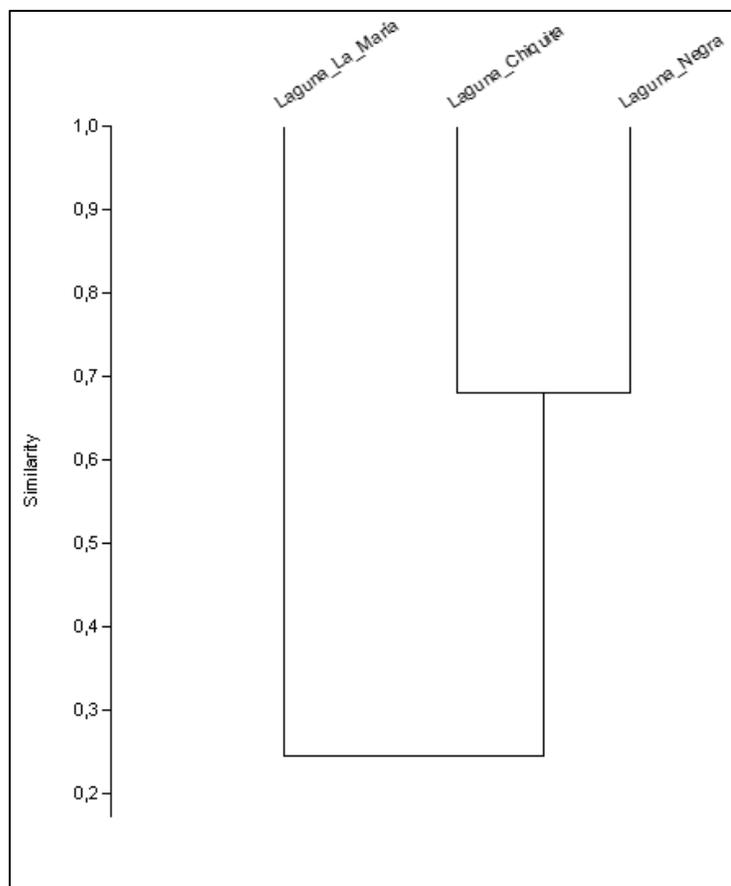


Figura 7.3.5. Análisis de similitud Bray-Curtis, con las abundancias de formas de vida del fitoplancton presente en los ecosistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare

Hay una clara similitud en la composición de formas de vida del fitoplancton de las lagunas Negra y Chiquita, que es del 70% (Fig. 7.3.5.). Este porcentaje de formas de vida comunes a los dos ambientes señala que regionalmente estos ecosistemas ofrecen condiciones ambientales similares para las algas, a pesar de las diferencias químicas que se discutieron en el capítulo correspondiente. En cambio, la laguna La María presenta un alto grado de disimilitud con los demás ecosistemas lénticos, estando muy influenciada por la abundancia de organismos de forma de vida palmeloide. Esto podría indicar que existen allí distintos factores de presión, como es la conductividad, los sólidos disueltos, una alta turbidez (transparencia Secchi) y mayores sólidos suspendidos. Todo esto se debe a su cercanía al río Guaviare, el cual tiene una gran influencia sobre este sistema léntico.

Como se mencionó en otro capítulo de este trabajo, las lagunas de la región de la Orinoquía y la Amazonía, presentan cambios fuertes en la entrada y salida de agua durante las estaciones de lluvia y sequía (ciclo de inundación-estiaje). Son altamente productivas y permiten una elevada diversidad faunística. Además se caracterizan por tener altas temperaturas (Lasso *et al.*, 2006), que varían en el rango de 26,5° a 32,6°C.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE ZOOPLANCTON (indiv/L)



Figura 7.3.6. Taxones predominantes de los ecosistemas lénticos muestreados: en la Laguna Negra familia Calanoida, seguida por *Daphnia gessneri*; en laguna La María familia Lecane, seguida por Cyclopidae; en Laguna Chiquita *Diaptomus sp.* y luego *Camptocercus sp.*

El zooplancton tiene un papel fundamental para la alimentación de macroinvertebrados acuáticos y peces. Los lagos con gran densidad de peces zooplanctófagos poseen bajas cantidades de *Daphnia sp.*, ya que es su principal alimento. Por el contrario, en estos lagos con abundancia de zooplanctófagos dominan formas más pequeñas como *Bosmina* y *Chydorus*, las cuales por su menor tamaño escapan de la depredación. Esto se puede considerar un fenómeno adaptativo de supervivencia derivado del tamaño de la presa. Una baja densidad de peces planctófagos produce un efecto contrario en la población (Roldán y Ramírez, 2008). Teniendo en cuenta lo anterior, se puede hipotetizar que las lagunas Chiquita y La María poseen gran densidad de peces zooplanctófagos, pues allí predominan taxones zooplanctónicos de pequeño tamaño. En la Laguna Negra, en la que *Daphnia gessneri* es uno de los taxones de tamaño pequeño que predomina, parece ocurrir lo contrario, es decir, una baja densidad poblacional de éstos peces depredadores del zooplancton. Estas suposiciones requerirán futuros estudios a fin de ser comprobadas.

La baja presencia de rotíferos puede deberse a que la malla utilizada para la captura de zooplancton era de 180 micras, por lo que no quedaron atrapados en la red; otra explicación puede ser la competencia principalmente con el género *Daphnia*.

La concentración de iones en las lagunas es baja y está asociada a pH ácidos debido a la abundante materia orgánica en descomposición (Roldán y Ramírez, 2008). Estas condiciones químicas definen en buena medida la estructura de la comunidad zooplanctónica. A medida que aumenta la eutrofización baja la diversidad de la comunidad zooplanctónica ya que se eliminan especies. Los efectos sobre el zooplancton son indirectos, pues tienen que ver con el alimento o los cambios físicos y químicos del hábitat; la eutrofización conduce a una menor eficiencia en el aprovechamiento de energía que ingresa en el sistema por la vía del fitoplancton al favorecer el desarrollo de especies no comestibles por el zooplancton (Maisterrena, 1999).

	Laguna Negra	Laguna La María	Laguna Chiquita
Laguna Negra	0	1	0,83333
Laguna La María	1	0	0,85714
Laguna Chiquita	0,83333	0,85714	0

Tabla 7.3.6. Diversidad beta de Whittaker para el zooplancton en los sistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare

La diversidad beta para el zooplancton muestra que las tres lagunas están bastante relacionadas y comparten gran cantidad de especies. El intercambio es máximo entre las lagunas Negra y La María, donde el índice toma el valor de 1. Las lagunas Chiquita y La María comparten gran número de especies al tener un índice 0.857. Por su parte, las laguna Chiquita y Negra comparten también un gran número de especies (0.83).

La dinámica del pulso de inundación a la que están sometidos estos ecosistemas presentes en la llanura aluvial del río Guaviare, hace que en las temporadas de altas precipitaciones el nivel del agua suba notablemente y se inunden los terrenos secos intermedios hasta llegar a las lagunas. Esto provoca una mezcla y se posibilita el intercambio de taxones, generándose un fenómeno de homogenización de taxones, lo que podría explicar la baja diversidad en los tres ecosistemas. Todo lo anterior indica que el recambio de especies a nivel regional es alto, ya que la mayoría de taxones se encuentran en todos los ecosistemas muestreados.

Se clasificaron los géneros de la comunidad de algas perifíticas en cuatro categorías morfológicas (Tabla 7.3.7.) de acuerdo con Steinman (1996). Se identificaron 40 géneros de algas en los ecosistemas estudiados. Se encontró que para los ecosistemas lénticos (lagunas La María, Negra y Chiquita) la forma de vida predominante fue la postrada (Figura 7.3.7. y Tabla 7.3.8.), mientras que en los ecosistemas lóticos las formas filamentosas son importantes, en especial en los caños Pozos Naturales y El Morro. En el caño La María se presenta una dominancia de las formas Postradas y Gelatinosas, posiblemente por su conexión con la laguna del mismo nombre. Las condiciones de menor turbulencia del agua en los ambientes lénticos explican la predominancia de las formas postradas en estos ecosistemas, mientras que las formas filamentosas, adheridas fuertemente al sustrato, resisten mejor el estrés mecánico que ocasiona la corriente en los caños. Esto también tiene que ver con que en los caños se obtuvieron valores bajos de nitrógeno y muchas de las filamentosas de estos ríos fueron Cyanophytas que pueden fijar N₂ directamente del aire.

encuentran en la misma zona homogénea, de manera que comparten la composición de las algas perifíticas. Es clara la similitud (64%) del caño La María y de la laguna La María, ya que los dos sistemas se encuentran conectados. Las lagunas Negra y Chiquita tuvieron un 66% de similitud, la cual es alta a pesar de que cada uno de estos lagos tiene condiciones químicas diferentes. Pareciera que tales diferencias ambientales no son tan fuertes como para favorecer una segregación en las formas de vida de las algas del perifiton. Esto se puede explicar por la dinámica fluvial de esta región, en la cual con el periodo de lluvias estos ecosistemas reciben mucha agua proveniente del río Guaviare. De esta manera, durante la inundación se homogenizan las características químicas de todos los lagos del plano aluvial. El caño El Morro, ubicado en la sabana de La Fuga y el caño Pozos Naturales, localizado en la Serranía de La Lindosa, muestran una composición similar de formas de vida, pero las diferencias en las proporciones de esas formas de vida los separa en el análisis de similitud.

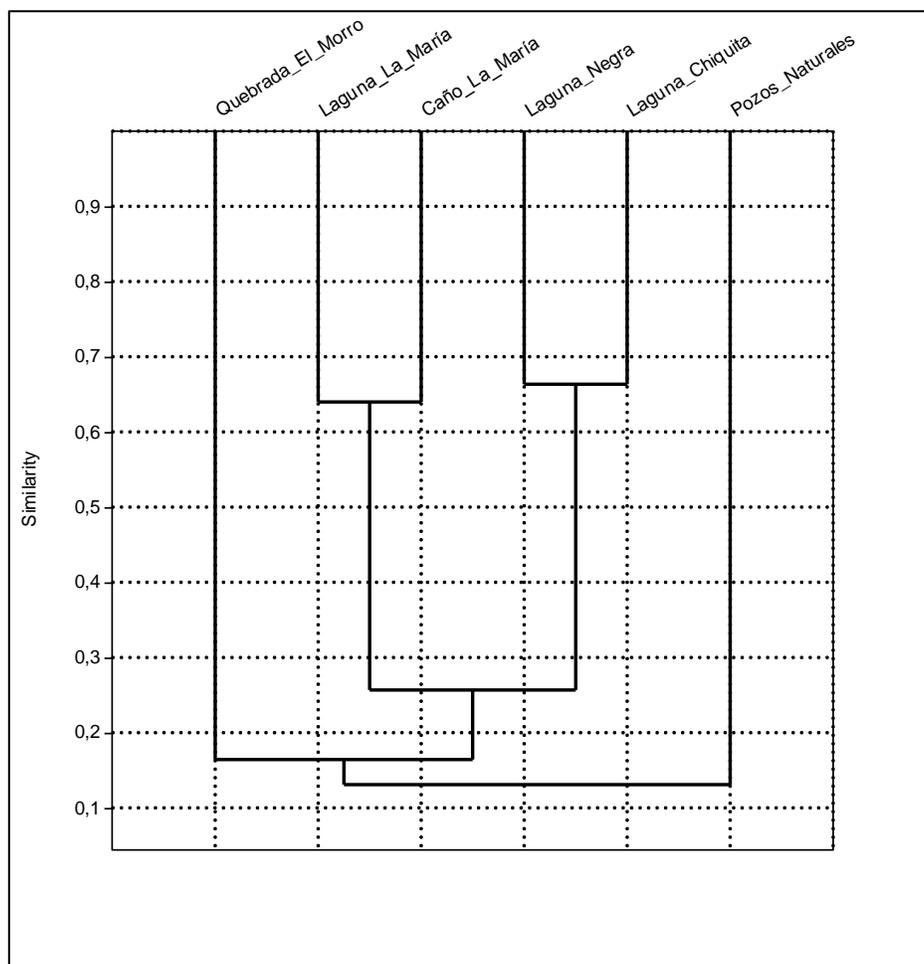


Figura 7.3.8. Análisis de similitud Bray-Curtis con las abundancias de formas de vida de las algas perifíticas presentes en los ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

Los análisis de correspondencia DCA mostraron tendencias similares, tanto para el ordenamiento de las formas de vida (Fig. 7.3.9.) como para el de los géneros (Fig. 7.3.10.) de algas perifíticas. Existen dos grupos grandes, parecidos a los mostrados por el análisis

de similaridad. Un grupo está formado por el caño La María, la laguna La María, la laguna Negra y la laguna Chiquita, y el otro grupo está conformado por los caños El Morro y Pozos Naturales. En el primer grupo predominan las algas postradas y en el segundo las filamentosas, especialmente Cyanophytas, las cuales son muy importantes porque se constituyen como la principal o única entrada de nitrógeno a estos ecosistemas (Singh *et al.*, 2010; Graham y Wilcox, 2000). Los ecosistemas en los cuales no se presentan géneros exclusivos fueron el caño Pozos Naturales y la laguna La María. Los demás cuerpos de agua presentaron algunos géneros exclusivos. Las formas de vida filamentosas y talosas están más asociadas los sistemas lóticos debido al efecto de la corriente. Patrick (1948) señala lo que las algas que crecen en las corrientes rápidas son aquellas que se adhieren firmemente al sustrato por medio de masas gelatinosas o tallos; los taxones sin estructuras de fijación, como muchas formas postradas (Diatomeas) y formas gelatinosas, están presentes en baja proporción por efecto de la corriente. Al menos en el caño Pozos Naturales el sustrato parece influir en la dominancia de las formas filamentosas, ya que los géneros más abundantes tuvieron esta forma de vida. Homer *et al.* (1983) encontraron que sometiendo rocas de un arroyo natural a alta velocidades, las formas filamentosas dominaron. El caño La María fue una excepción, ya que a pesar de su mayor caudal fueron más importantes las formas postradas y gelatinosas. La predominancia de estas formas en este caño puede deberse a que los raspados se hicieron en sitios con poco movimiento del agua (remansos), donde estas algas sin estructuras de fijación al sustrato pueden desarrollarse mejor.

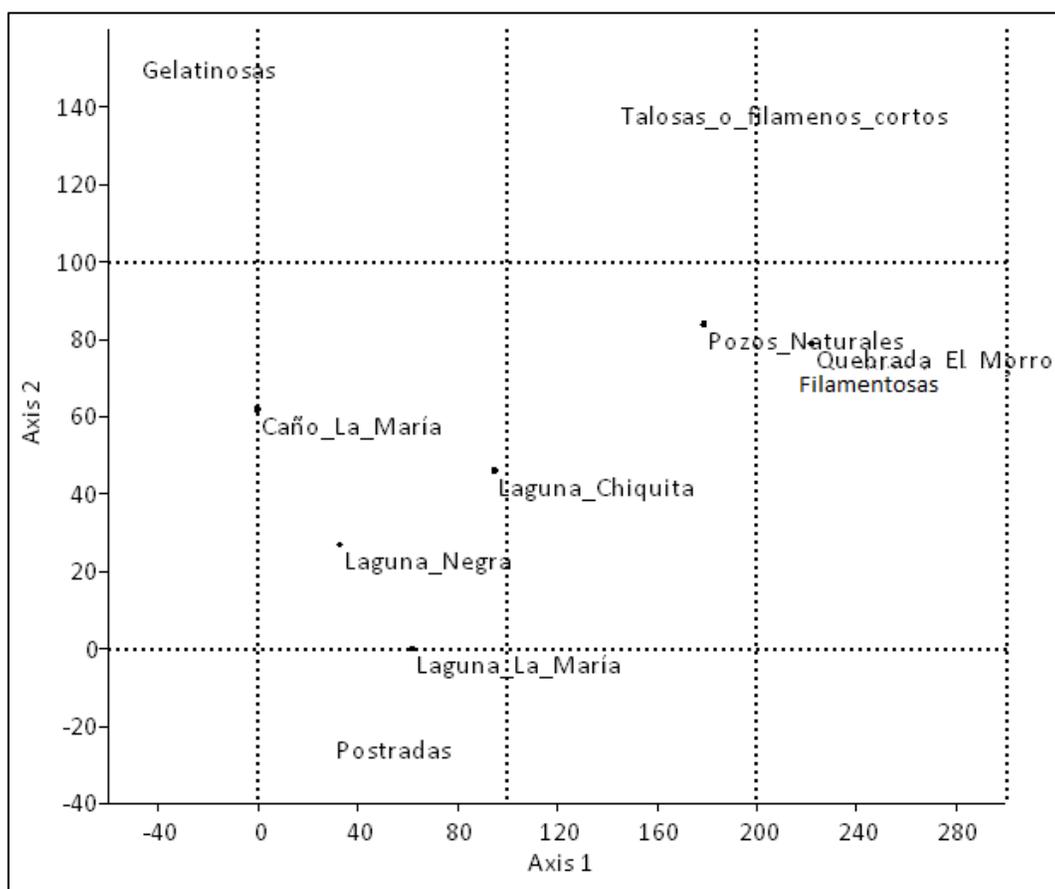


Figura 7.3.9. DCA de las formas de vida de las algas del perifiton en los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare.

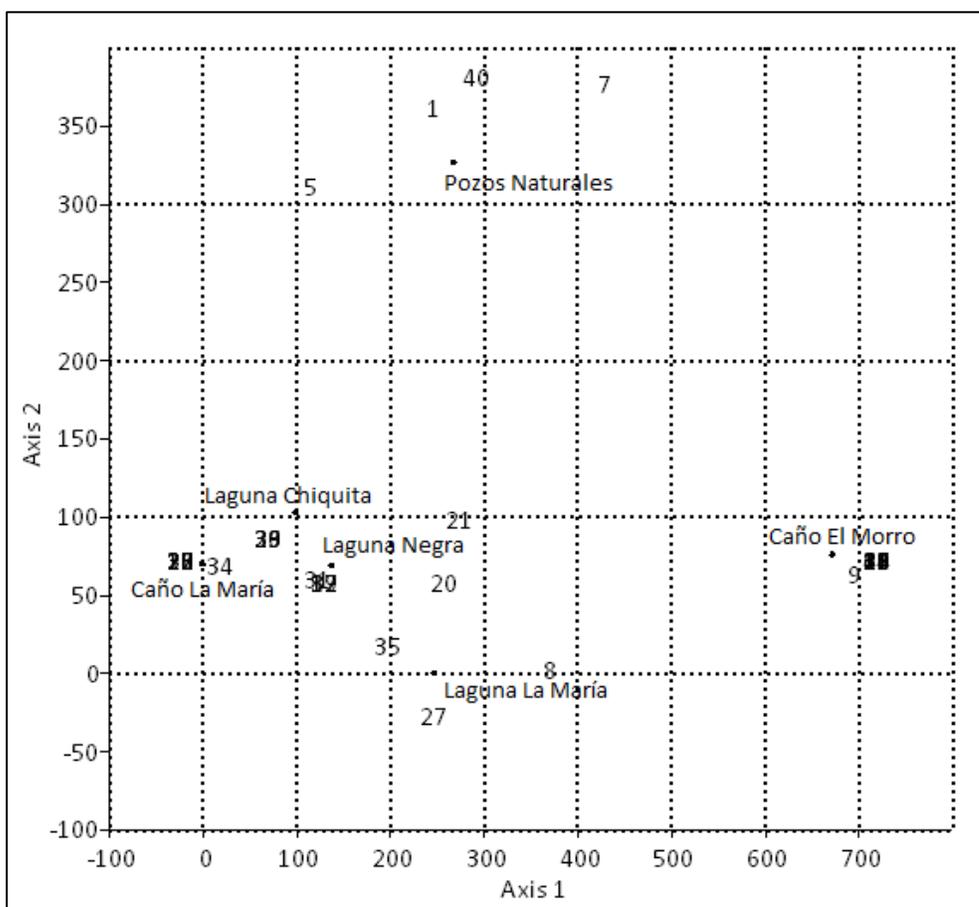


Figura 7.3.10. DCA de los géneros las algas del Perifiton en los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare. Los números que representan los taxones se listan en la Tabla 7.3.9.

1	<i>Anabaena</i>	11	<i>Zygnema</i>	21	<i>Cosmarium</i>	31	<i>Pinnularia</i>
2	<i>Calothrix</i>	12	<i>Aphanothece</i>	22	<i>Cymatopleura</i>	32	<i>Stichococcus</i>
3	<i>Chlorhormidium</i>	13	<i>Coelastrum</i>	23	<i>Epithemia</i>	33	<i>Synechococcus</i>
4	<i>Leptolyngbya</i>	14	<i>Coelosphaerium</i>	24	<i>Euglena</i>	34	<i>Synedra</i>
5	<i>Microspora</i>	15	<i>Encyonema</i>	25	<i>Eunotia</i>	35	<i>Closterium</i>
6	<i>Nostoc</i>	16	<i>Microcystis</i>	26	<i>Gymnodinium</i>	36	<i>Fragilaria</i>
7	<i>Oedogonium</i>	17	<i>Sphaerocystis</i>	27	<i>Navicula</i>	37	<i>Groenbladia</i>
8	<i>Oscillatoria</i>	18	<i>Ceratium</i>	28	<i>Nitzschia</i>	38	<i>Pediastrum</i>
9	<i>Phormidium</i>	19	<i>Chlorella</i>	29	<i>Peridinium</i>	39	<i>Scenedesmus</i>
10	<i>Ulothrix</i>	20	<i>Chroococcus</i>	30	<i>Phacus</i>	40	<i>Stigonema</i>

Tabla 7.3.9. Clave numérica de los géneros de algas perifíticas encontrados en los ecosistemas lóticos y lénticos de San José del Guaviare, representados en la Figura 7.3.10.

En la Figura 7.3.11. se muestra el análisis de correspondencia canónica CCA. La posición de los ecosistemas en la gráfica muestra que tienen valores del rango 0 y 0.5, lo cual puede implicar que no hay una correspondencia entre estos ecosistemas con las variables mencionadas. Sin embargo, en general se podría proponer que la presencia de algas filamentosas en el perifiton se encuentra determinada principalmente por la concentración de nitrato y por el oxígeno disuelto. Esta forma de vida caracteriza al caño El Morro y en menor medida al caño Pozos Naturales. Esto reafirma lo observado en el CDA, que agrupa a estos ecosistemas por esta forma de vida. El sustrato rocoso y la velocidad de la corriente pueden estar influyendo en la dominancia de las filamentosas, como ya se explicó en la sección del análisis ecosistémico. La forma de vida gelatinosa está relacionada con los fosfatos y los sólidos disueltos totales; el caño La María se caracteriza por la presencia de estas algas. Las lagunas Negra y La María están determinadas por la forma postrada. Esta forma está influenciada principalmente por el amonio, la temperatura y el pH. El nitrógeno es un limitante del crecimiento algal, por lo que valores reducidos afectan su desarrollo, en especial el de aquellos taxones como las Bacillariophytas, que no poseen capacidad de fijar nitrógeno molecular. Las formas talosas estuvieron determinadas por la conductividad y fueron abundantes en la laguna Chiquita y en el caño Pozos Naturales.

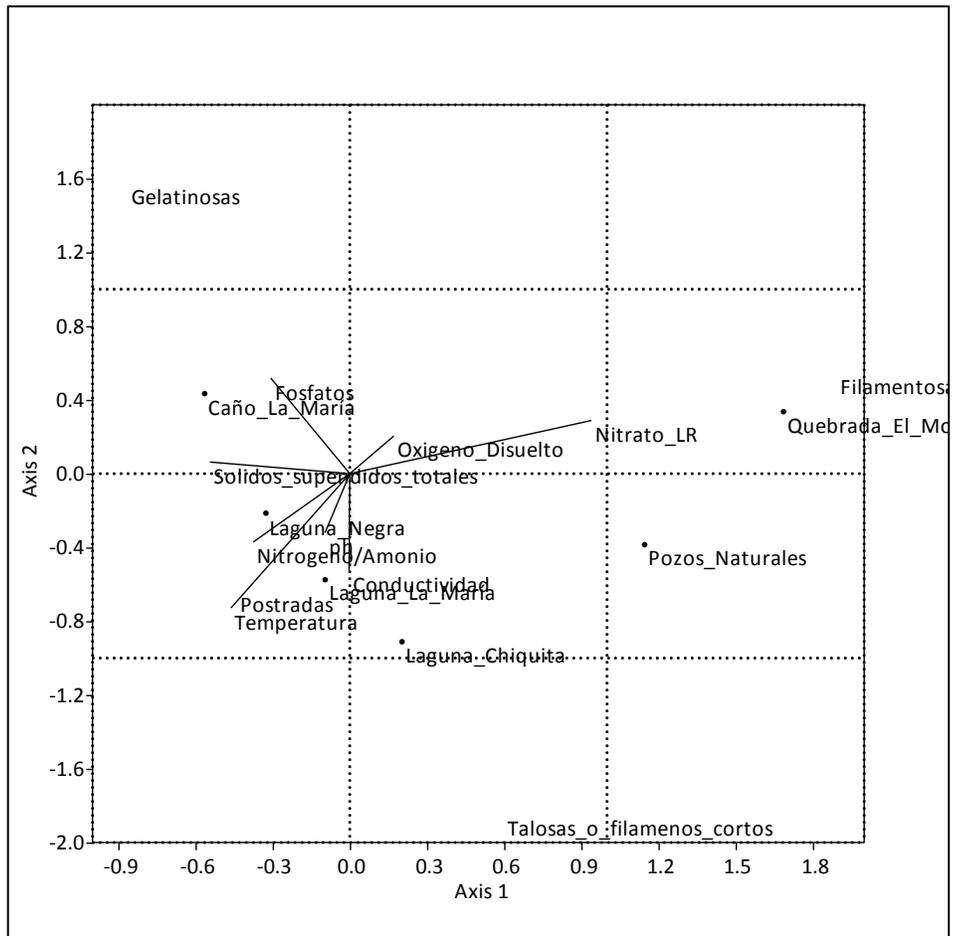


Figura 7.3.11. CCA de las formas de vida de las algas del Perifiton en los ecosistemas acuáticos de la región del Guaviare

En lo que corresponde a la diversidad beta, se observó que los sistemas lénticos presentaron un mayor recambio de especies (datos no mostrados) en comparación con los lóxicos. Esto posiblemente se deba a la influencia del río Guaviare sobre estos ecosistemas ubicados en su llanura aluvial, ya que en la época lluviosa suben las aguas y ocurre la mezcla de las aguas y consecuentemente de los taxones entre el río y las lagunas (pulso de inundación) (Cotner *et al.*, 2006). Un menor recambio de especies en los ecosistemas lóxicos se debe en primer lugar a su ubicación en diferentes zonas homogéneas, lo que genera mucha variación de sustratos y condiciones químicas, ya que están ubicados sobre suelos y topografías diferentes. Esto genera diferencias entre estos cuerpos de agua, lo que ocasiona diferencias en los taxones que se presentan en ellos. Además, la separación espacial entre estos ambientes de aguas corrientes es otro factor que dificulta el compartir las especies.

Los grupos taxonómicos de macroinvertebrados hallados muestran una clara agrupación que concuerda con las zonas homogéneas establecidas. Se observa como el caño los Pozos Naturales es el ecosistema más abundante y diverso de todos los presentes para macroinvertebrados, mientras el caño El Morro presenta los valores de abundancia más bajos. Los ecosistemas ubicados en la llanura aluvial, según los índices de diversidad beta (Tabla 7.3.11.), tienen varios taxones compartidos y organizaciones similares a nivel de gremios tróficos. La región del Guaviare, como ya se mencionó, presenta características que la hacen única en términos geomorfológicos debido a que es la zona de transición entre las dos grandes regiones de la Amazonía y la Orinoquia (Romero, 2004). Allí se encuentran bosques inundables sujetos a la influencia de cuerpos de agua y de condiciones climáticas de la región, la cual tiene un periodo de lluvias marcado que afecta los pulsos hídricos de los ríos y a su vez el desbordamiento de estos (Kvis y Nebel, 2001). También se encontró la presencia de un bolsón climático (Díaz-Granados, 1979) y un tipo de suelo que provocan el desarrollo de una sábana de gran tamaño (La Fuga), con características ecológicas como las encontradas un poco más al norte del país, con periodos de quema y temporadas secas bien definidas (Sarmiento y Pinillos, 2001). Por último, se destaca una formación rocosa del terciario que se levanta de la planicie (La Lindosa), por la cual corre un caño con características propias de un río krenal (Cárdenas *et al.*, 2008).

El caño Pozos Naturales es un río de primer orden, de tipo krenal, ubicado en una formación cuyo sustrato es rocoso. La erosión de las rocas y la pendiente dada por la serranía contribuyen a provocar variaciones en las características fisicoquímicas e hidrológicas, tales como la velocidad de la corriente y la oxigenación del agua, que tiende a ser mayor las zonas krenales de los ríos. Dado que el sustrato no se disuelve con facilidad en el agua, su transparencia se ve poco modificada. El curso del río es recto ya que la formación rocosa que lo alberga y la pendiente lo determinan así. Aquí se observó una composición a nivel de familias de macroinvertebrados acuáticos similar a la que podría encontrarse incluso en una quebrada altoandina, donde se comparten características como el sustrato mayoritariamente rocoso, la alta pendiente, la fuerte oxigenación y la elevada transparencia. Se encontraron muchas familias con abundancias altas de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera, así como formas filamentosas de perifiton (Cyanophytas y Chlorophytas) asociadas a sustratos rocosos y a aguas altamente oxigenadas (Roldán y Ramírez, 2008) y con bajas concentraciones de nitrógeno. La gran abundancia de larvas de la familia Chironomidae está relacionada con su estrategia r de poner una gran cantidad de huevos, que a su vez generan una gran cantidad de larvas (Armitage *et al.*, 1995). Esta familia no parecen tener una restricción a determinadas características fisicoquímicas del agua.

El caño El Morro se encuentra en una sabana de suelos pobres en nutrientes sometidos a temperaturas altas y periodos de sequía fuertes. Estas sabanas se encuentran bastante alejadas del curso del río Guaviare, por lo que los pulsos de inundación no la afectan de una manera significativa. Otro factor importante en este caño es que se origina dentro de la misma sabana, por lo que se considera un río de sabana. El curso de este caño tiende a ser recto por el alto grado de confinamiento que otorgan las pequeñas ondulaciones (Roldán y Ramírez, 2008), como las que se presentan en la sabana de La Fuga. Debido a que el sustrato que recorre el caño es muy desmineralizado y lavado, sus aguas son claras. En este caso en particular, la comunidad de macroinvertebrados se ve fuertemente influenciada por otro factor adicional, como es el pequeño tamaño de este sistema lótico. Tiene poca profundidad y reducida anchura, lo que limita fuertemente el desarrollo de los invertebrados acuáticos. Las familias encontradas en su mayoría pertenecen a los órdenes Coleóptera y Hemíptera, cuyos representantes pueden fácilmente asociarse a la película superficial del agua y por ende pueden colonizar con facilidad estos sistemas someros y pequeños (Ariztisabal, 2002; Menke, 1979). Para el caso de la formas de vida del perifiton, existe una marcada dominancia de las forma filamentosas, constituidas principalmente por Cyanophytas, grupo que aprovecha bien los ambientes sombreados como estos caños de los bosques de galería, y que resiste la falta de las formas iónicas del nitrógeno (Roldán y Ramírez, 2008; De La Parra y Rodelo, 2011).

Con respecto a los ecosistemas ubicados en la llanura aluvial, se encontró que la laguna Negra se diferencia de las otras dos lagunas y del caño La María por sus características fisicoquímicas, relacionadas con lo que se denominan aguas negras, a pesar de ser una madre vieja del río Guaviare, semejante a las otras dos lagunas estudiadas. Las peculiaridades de esta laguna se deben a su bajo grado de mineralización. Probablemente en algún momento de la historia de este cuerpo de agua, la laguna Negra estaba más conectada al río Guaviare; al disminuir su conectividad con el río, este dejó de aportar aguas blancas ricas en iones y las afluencias locales de aguas ricas en ácidos húmicos se volvieron más determinantes. Las lagunas Chiquita y La María aún se encuentran cerca del cauce principal del río Guaviare, el cual las influye notablemente. En general, las aguas que recorren el caño La María y las lagunas de la región de estudio son origen andino, puesto que se derivan del río Guaviare. El caño y laguna La María, al estar conectadas entre sí, comparten un número considerable de taxones de macroinvertebrados y de perifiton. La familia Corixidae y las algas gelatinosas y postradas se encuentran generalmente en aguas de remanso, donde la velocidad superficial es baja. La presencia de esta familia y de estas formas de vida perifítica en el caño La María, donde la velocidad superficial fue la mayor entre los tres sistemas lóticos analizados, se debe a que el caño presenta zonas de deposición con un patrón morfológico un poco meándrico y abundante vegetación ribereña. Esto reduce la velocidad de la corriente (Ariztisabal, 2002; Menke, 1979) en sectores localizados del caño. Según los índices de diversidad beta para macroinvertebrados (Tabla 7.3.11.) y perifiton, la laguna Negra comparte un número considerable de taxones con la laguna y caño La María, debido posiblemente a la conexión histórica de todos estos cuerpos de agua con el río Guaviare. Dado que la laguna Chiquita presentó una composición de macroinvertebrados bastante pobre, es difícil establecer patrones de relación con los otros sistemas acuáticos de la llanura aluvial, aunque en el perifiton presentó una similaridad de 66% con la laguna Negra. Los tres ecosistemas lénticos evaluados se caracterizaron por la presencia de formas algales postradas, lo que está determinado por el poco movimiento de sus aguas.

Composicion de la comunidad de macroinvertebrados

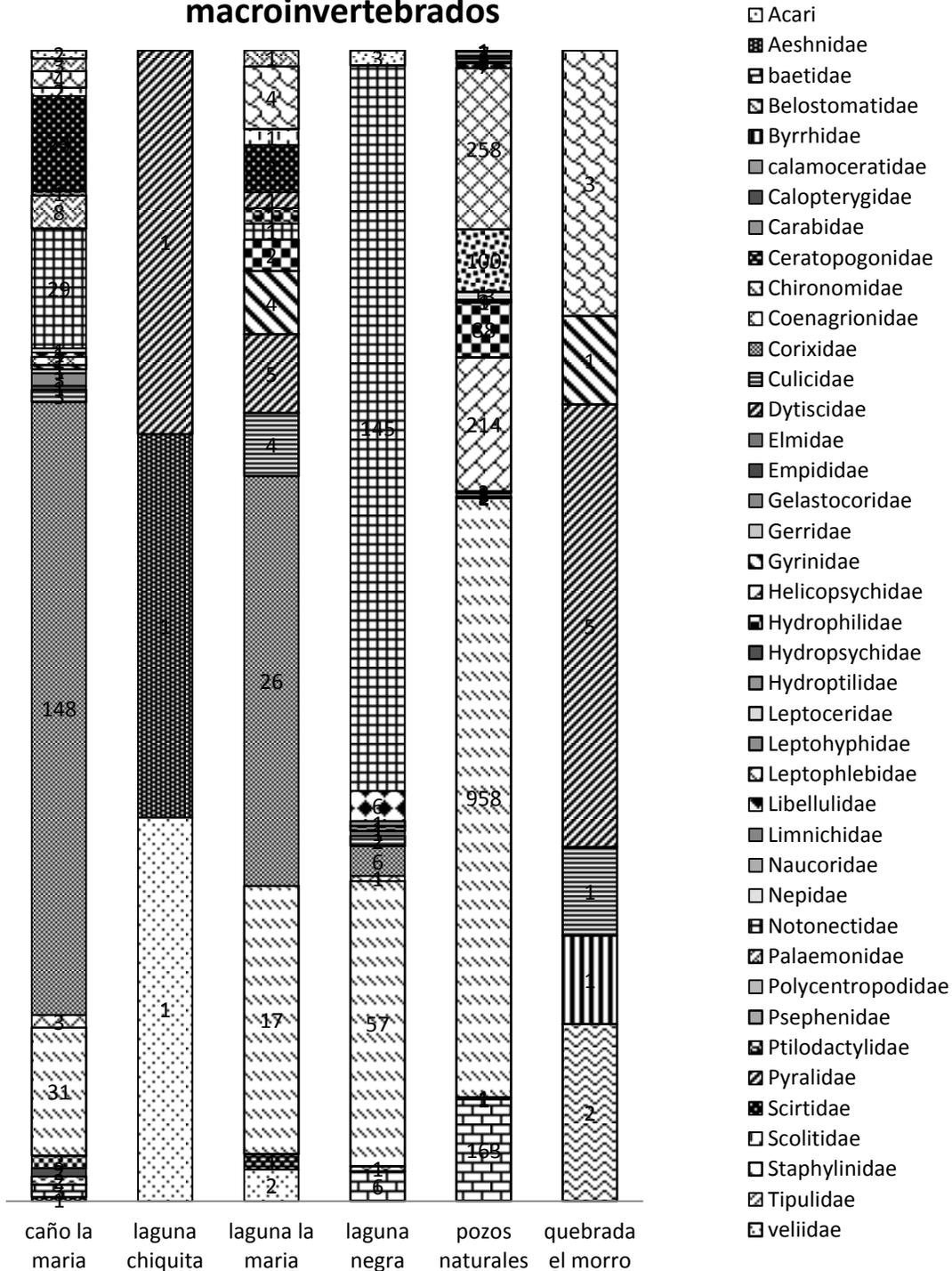


Figura 7.3.12. Abundancias de familias de macroinvertebrados en los seis cuerpos de aguas estudiados en la región del Guaviare.

Índices	Caño La María	Laguna Chiquita	Laguna La María	Laguna Negra	Caño Pozos Naturales	Caño El Morro
Taxones_S	24	3	15	12	25	6
Individuos	284	3	73	230	1840	13
Dominancia_D	0,303	0,333	0,199	0,461	0,318	0,243
Simpson_1-D	0,697	0,667	0,801	0,539	0,683	0,757
Shannon_H	1,852	1,099	2,049	1,138	1,576	1,586
Equitabilidad_J	0,583	1,000	0,757	0,458	0,490	0,885
Equitatividad Simpson (E)	0,013	0,111	0,013	0,038	0,013	0,040

Tabla 7.3.10. Índices de diversidad para la comunidad de macroinvertebrados los seis ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare.

El ecosistema acuático más diverso y abundante en cuanto a las comunidades de macroinvertebrados de la región estudiada fue el caño Pozos Naturales, con un total de 1840 individuos y 25 familias, seguido por el caño La María y la laguna Negra con 284 y 230 individuos respectivamente 24 y 15 taxones cada uno (Figura 7.3.12. y Tabla 7.3.10.). El caño El Morro y la laguna Chiquita fueron los cuerpos de agua que tuvieron considerablemente menos abundancia y diversidad, con 13 y 3 individuos y 6 y 3 taxones respectivamente.

La diversidad y abundancia de macroinvertebrados está dada por múltiples factores, entre estos la diversidad de nichos de cada sistema. A mayor variedad de hábitats, más fuentes de alimento y más sustratos de refugio, como se mencionó anteriormente. Pozos Naturales es un río krenal con vegetación ribereña abundante, lo que también relaciona su diversidad con la teoría del río continuo.

El caso contrario corresponde a la laguna Chiquita, pero esto se debe a que el número de individuos colectados fue extremadamente bajo y no es suficiente para hacer análisis significativos. Los resultados registrados solo muestran la presencia de tres taxones para este cuerpo de agua.

El caño El Morro es un pequeño sistema lótico que se encuentra en un bosque de galería contenido dentro de una sábana ondulada. Este tipo de ríos que nacen en la sabana presentan bajas abundancias de organismos y reducidas diversidades. En este caso de El Morro esto es más notorio dadas las limitaciones de ancho y profundidad, y la baja disponibilidad de hábitats.

En el bosque de vega del río Guaviare se encuentran el caño La María y las lagunas La María y Negra. El caño La María y la laguna La María presentan patrones algo similares en composición de las comunidades acuáticas, dado que están conectados entre sí, es decir, los organismos no tienen una barrera física que impida el movimiento de los taxones entre los dos ecosistemas. No obstante, las abundancias fueron mayores en el caño y algunos taxones fueron propios de cada ambiente. Esto probablemente se debió a diferencias en el esfuerzo de muestreo, ya que físicoquímicamente no hay disimilitudes que expliquen dicha variabilidad.

La laguna Negra presentó un patrón similar en composición de órdenes, según el cual los hemípteros dominaron en el sistema. Sin embargo, las familias que albergó este lago, en comparación con los otros dos cuerpos de agua del bosque de vega, fueron diferentes,

dado que esta laguna tiende a ser de aguas negras amazónica y el caño La María y la laguna La María son de aguas claras y blancas respectivamente. En consecuencia, algunas propiedades fisicoquímicas del agua pueden variar entre estos ambientes y la familia Notonectidae parece tener mayor afinidad por las aguas negras.

	Caño La María	Laguna Chiquita	Laguna La María	Laguna Negra	Caño Pozos Naturales	Caño El Morro
Laguna Chiquita	0,92593	0				
Laguna La María	0,48718	0,77778	0			
Laguna Negra	0,5	1	0,62963	0		
Caño Pozos Naturales	0,5102	1	0,7	0,51351	0	
Caño El Morro	0,73333	0,77778	0,61905	0,77778	0,87097	0

Tabla 7.3.11. Índices de diversidad beta de la comunidad de macroinvertebrados para los ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

En general, los índices de diversidad beta de los macroinvertebrados entre ecosistemas acuáticos son bajos (Tabla 7.3.11.). Como era lo esperado, la laguna La María y caño La María presentaron el índice beta más bajo, es decir un reducido recambio de especies. Esto quiere decir que ambos sistemas comparten un gran número de taxones debido a la conexión entre ellos. La laguna Negra presenta también valores bajos con los dos anteriores sistemas, pero menor con el caño La María. Los sistemas acuáticos del plano de inundación del río Guaviare tienden a compartir más especies de macroinvertebrados que los caños alejados, como El Morro y Pozos Naturales. Es importante considerar que estos resultados pueden verse afectados por diferencias en el esfuerzo de muestreo que se hizo en cada cuerpo de agua. Esto afectaría el número de taxones hallados en los distintos caños y lagos, de los cuales algunos podrían coincidir con otros sistemas como laguna Negra, lo que afecta los índices de diversidad beta.

La laguna Chiquita es el sistema que presenta mayores índices de diversidad beta, es decir, una composición biótica diferente a la de los otros sistemas, lo que implicaría que comparte pocos taxones. Pero como ya se dijo atrás, los datos obtenidos en este sistema fueron muy escasos y no permiten realizar un análisis válido del mismo. Dada la alta cantidad de taxones presentes en el caño Pozos Naturales, sus índices de diversidad beta con los otros cuatro cuerpos de agua (sin contar la laguna Chiquita) fueron algo mayores. Esto quiere decir que todos estos sistemas poseen algunos taxones comunes, pero el caño Pozos Naturales muestra una tasa de recambio de especies relativamente alta.

	Caño La María	Laguna Chiquita	Laguna La María	Laguna Negra	Pozos Naturales	Caño El Morro
Colector	45	0	29	69	1457	4
Depredador	206	1	41	163	108	9
Fragmentador	9	0	1	0	5	0
Raspador	2	0	0	1	231	0
Parásito	0	0	0	5	0	1

Tabla 7.3.12. Gremios tróficos de la comunidad de macroinvertebrados para los ecosistemas acuáticos estudiados en la región del Guaviare

Grupos funcionales de macroinvertebrados

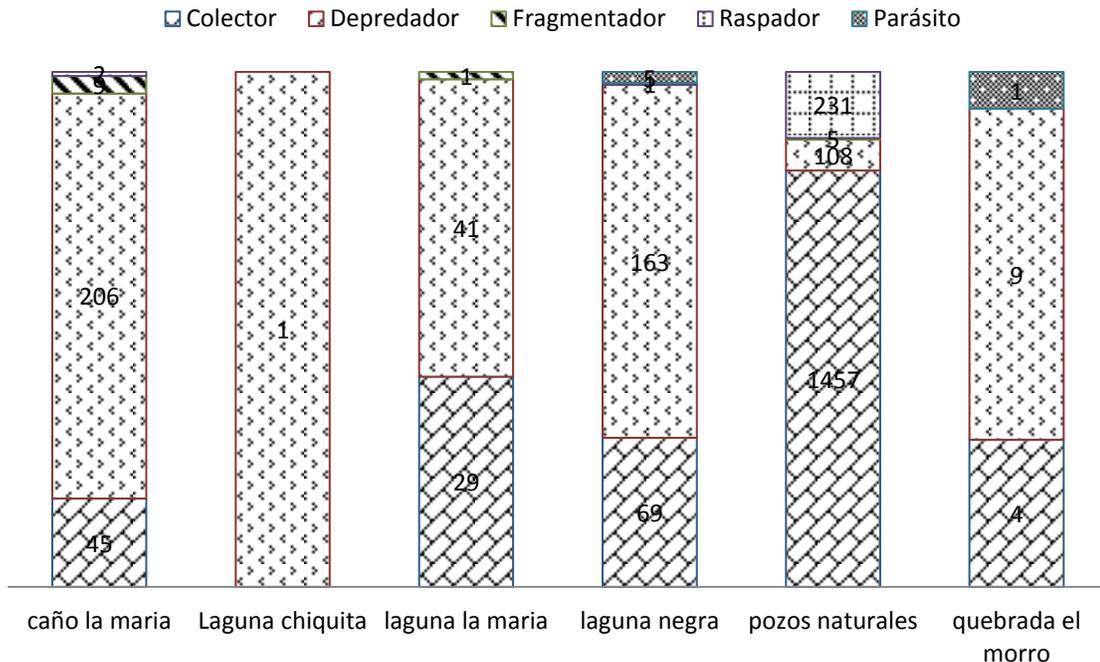


Figura 7.3.13. Gremios tróficos de macroinvertebrados para todos los sitios de estudio.

Con respecto a los gremios tróficos (Fig. 7.3.13.), el caño Pozos Naturales presentó un patrón bastante diferente al de los otros cuerpos de agua. Este comportamiento coincide con las predicciones de la teoría del río continuo que explican la gran diversidad de gremios con que tienen interacciones con la vegetación ribereña. A diferencia de los otros cuatro sitios, en este caño los colectores constituyeron el gremio dominante.

Las lagunas La María y Negra, y los caños El Morro y La María presentan un patrón similar en la composición de gremios, según el cual los depredadores fueron el grupo más abundante, probablemente sostenidos por los colectores, que ocuparon el segundo lugar en abundancia. Los raspadores y fragmentadores no fueron muy abundantes debido, en el primer caso, a falta de sustrato del cual alimentarse, y en el segundo, a que los fragmentadores encontrados para estos sistemas (camarones de la familia Palaemonidae) son de gran tamaño y requieren espacios amplios. Por esto, en el caño El Morro no se observó su presencia. La abundancia de fragmentadores fue menor en la laguna La María con respecto al caño de mismo nombre y a la laguna Negra, pero estos resultados pueden estar afectados por diferencias en la intensidad de muestreo.

En el análisis de correspondencia linealizado (DCA, Figura 7.3.14.) se observan tres ecosistemas fuertemente agrupados (laguna La María, caño La María y laguna Negra) y tres claramente separados (laguna Chiquita y caños Pozos Naturales y El Morro). Dicha distribución en la gráfica también está diferenciando los tres tipos de ecosistemas estudiados en la región. En las sabanas naturales se encuentra el caño El Morro, un sistema pequeño en el que la abundancia de invertebrados fue baja y la diversidad de sustratos fue limitada. Los taxones presentes en este caño y que causan su separación

en el DCA son Byrrhidae, Staphylinidae, Belostomatidae, Hirudinea y Plecoptera, los cuales, a excepción de Staphylinidae, no se presentan en ningún otro cuerpo de agua.

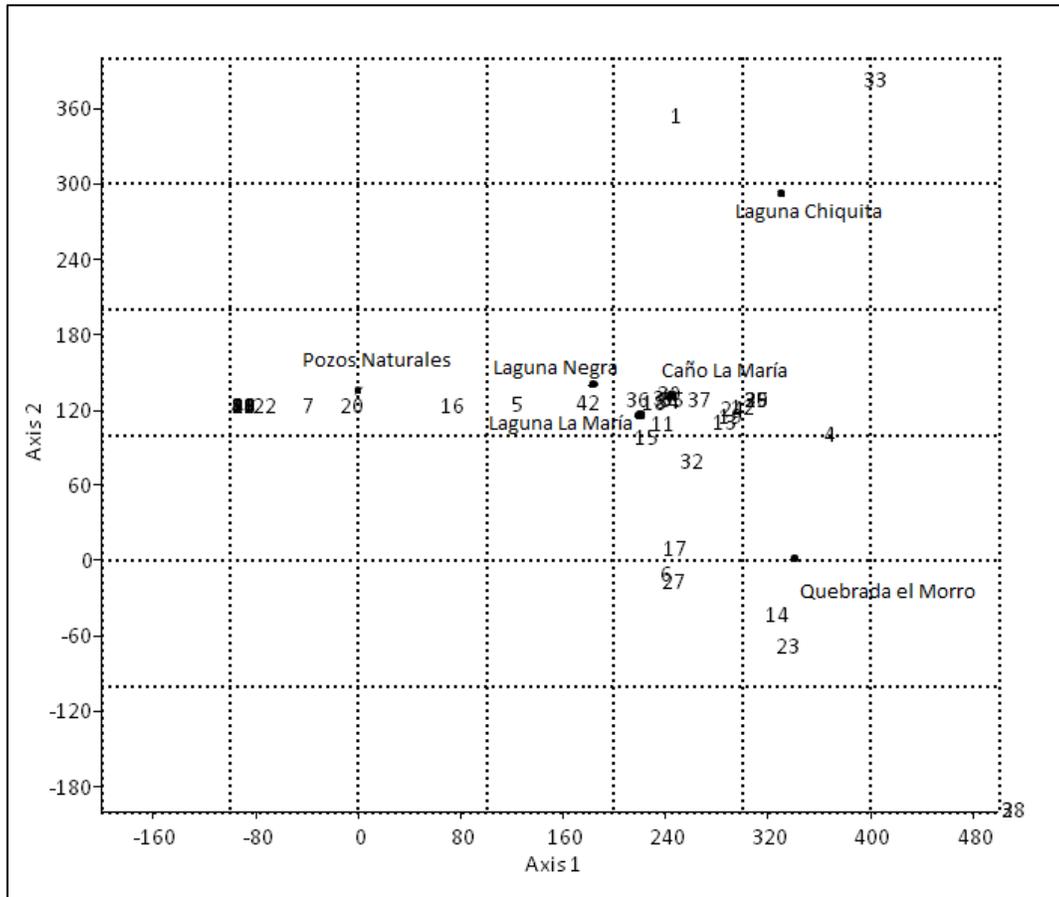


Figura 7.3.14. Análisis de correspondencia linealizada (DCA) de la comunidad de macroinvertebrados para los seis ecosistemas estudiados en la región del Guaviare.

El otro ecosistema que se separa es el caño Pozos Naturales de la serranía La Lindosa. Esta serranía es un afloramiento rocoso que proporciona condiciones similares a las de montaña a este río. Puesto que su nacimiento está cerca del punto de muestreo, se determina a este tramo como krenal, con condiciones óptimas para el desarrollo de diferentes tipos de sustrato que promueven la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en la zona. En este sistema los taxones determinantes fueron Chironomidae, Baetidae, Leptophlebiae, Naucoridae, Calamoceratidae, Helicopsychidae, Hydropsychidae, Leptoceridae y Polycentropodidae. Aunque algunas de estas familias, en especial Chironomidae, estuvieron presente en otros cuerpos de agua estudiados, su abundancia en este caño es bastante alta.

El bosque de vega alberga las lagunas Negra y La María y el caño La María. Estos últimos se encuentra conectados, razón por la cual llevan el mismo nombre. Estos tres ecosistemas se encuentran manifiestamente agrupados según el análisis de DCA, lo que muestra que la composición de macroinvertebrados es bastante similar entre ellos. El caño y laguna La María se encuentra más cerca debido a su semejanza en composición

de invertebrados, aunque tienen diferencias grandes en términos de abundancias. La laguna Negra presenta similitudes taxonómicas con los dos anteriores, pero hay diferencias en las familias más abundantes; sin embargo, estas pertenecen al mismo orden y gremio trófico.

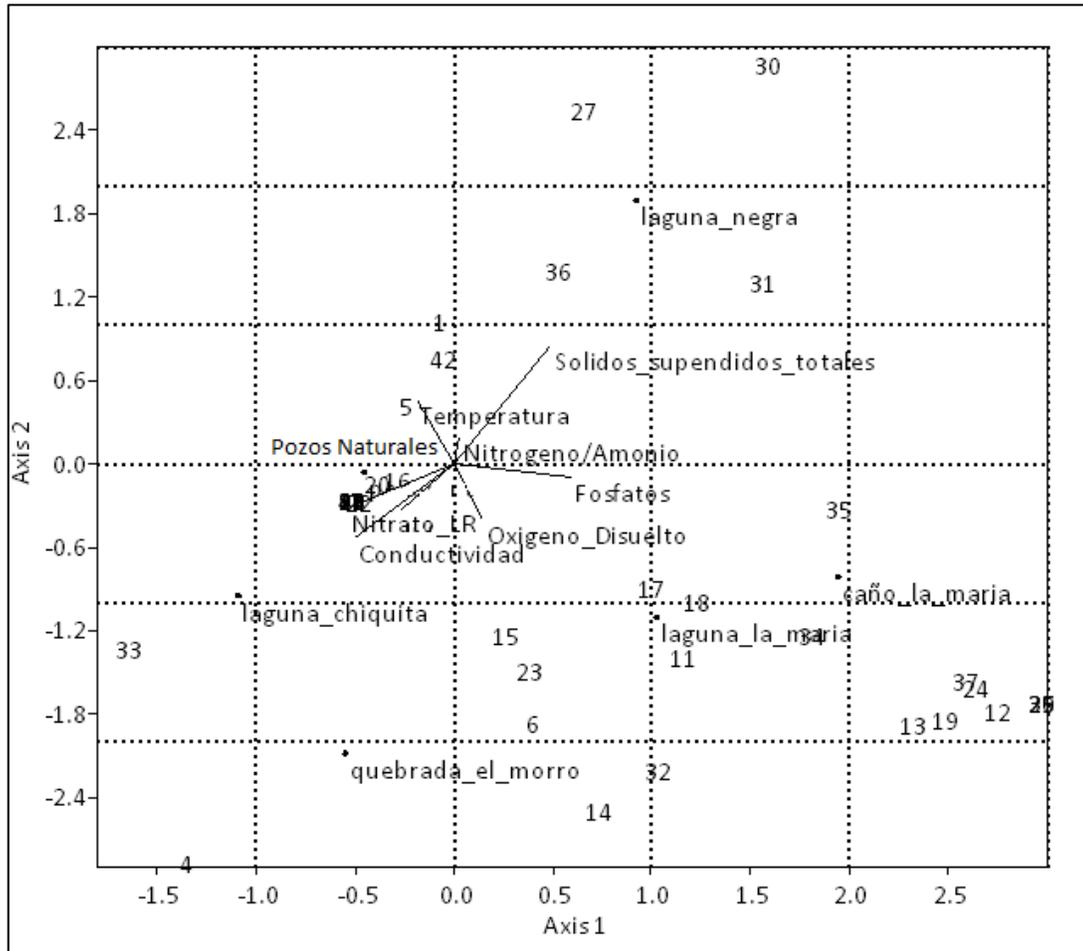


Figura 7.3.15. Análisis de correspondencia canónica (CCA) de la comunidad de macroinvertebrados de todos los sistemas acuáticos (lénticos y lóticos) estudiados en la región del Guaviare. Entre el eje 1 y 2 explican el 64,6%.

Según el análisis de correspondencia canónica (CCA, Fig. 7.3.15.), las comunidades de invertebrados acuáticos de los cuerpos de agua trabajados parecen estar bastante distantes entre sí. Se presenta solo un agrupamiento entre el caño y laguna La María debido a que tanto su comunidad biótica como su composición fisicoquímica son similares. Se observa que en la laguna Negra los sólidos suspendidos parecen determinar la presencia de los taxones Hirudinae, Notonectidae, Veliidae y Libellulidae. En la laguna Chiquita se refleja mayor conductividad y nitratos, asociados a los taxones Dytiscidae, Aeshnidae y Plecoptera. El caño El Morro está asociado a mayor oxígeno, con la presencia de los taxones Gyrinidae, Staphylinidae, Ceratopogonidae y Gerridae. En la agrupación dada entre la laguna y el caño La María, los taxones Ptilodactylidae, Scirtidae,

Scolitidae, Culicidae, Empididae, Tipulidae, Corixidae, Calopterygidae y Calamoceratidae están asociados al fosfato.

Pozos Naturales es un caño que no muestra una variable fisicoquímica determinante. No posee valores altos de alguna variable en particular, pero por la dirección de los vectores en la gráfica, se puede decir que posee bajas cantidades de sólidos suspendidos y fosfatos. Asociadas a estas características fisicoquímicas de alguna manera "neutras" se encuentran los taxones Chironomidae y Baetidae. Aunque la familia Chironomidae se presenta en varios ambientes estudiados, sus abundancias fueron mucho mayores en este sistema, sobrepasando más de 15 veces la del cuerpo de agua que le sigue en abundancia para esta familia.

En esta valoración de los factores fisicoquímicos y sus relaciones con la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados, deben diferenciarse los sistemas lóticos de los lénticos, ya que variables como caudal y área difieren y limitan de manera diferente la distribución de los macroinvertebrados en los sistemas de aguas corrientes. Por lo anterior se realizaron CCA independientes para ambientes lóticos y lénticos con el objetivo de diferenciar mejor la distribución de taxones y su relación con los factores fisicoquímicos. Cabe mencionar que disminuir el número de sitios para el análisis de correspondencias canónicas hace los resultados menos precisos. El CCA de los sistemas lóticos explicó el 64,4% de la variación en los dos primeros ejes.

Para el CCA de la Figura 7.3.16. (macroinvertebrados en sistemas lóticos) se observa un gradiente de taxones y condiciones fisicoquímicas que diferencian los tres caños considerados. No obstante, los promedios de muchas variables en los tres sitios tienen diferencias mínimas y los valores de correspondencia son muy bajos.

En un extremo del gradiente está el caño El Morro en la sabana de La Fuga, con el pH más ácido, la menor velocidad de la corriente y relativamente la mayor conductividad. En este caño se establecen los taxones Gelastocoridae, Coenagrionidae, Byrrhidae y Dytiscidae. En el otro extremo del gradiente se encuentra el caño La María, ubicado en la llanura aluvial, con más sólidos suspendidos, mayor caudal (más profundidad y ancho) y con fosfatos y amonios relativamente más altos. Los taxones propios de este sistema son Psephenidae, Ptilodactylidae, Tipulidae, Carabidae, Palaemonidae, Corixidae, Nepidae, Gerridae, Notonectidae y Gelastocoridae, según lo observado en la gráfica. En una situación intermedia, en la que no hay una variable fisicoquímica determinante a escala regional, está el caño Pozos Naturales. Su composición de macroinvertebrados se podría considerar como representativa de ambientes propios del afloramiento guayanés (La Lindosa). Encontramos en este punto de la gráfica una gran variedad de taxones establecidos: Ceratopogonidae, Hydrophilidae, Gyrinidae, Elmidae, Limnichidae, Baetidae, Leptophlebiae, Leptohyphidae, Libellulidae, Leptoceridae, Helicopsychidae, Polycentropodidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Naucoridae, Scolitidae y Staphylinidae.

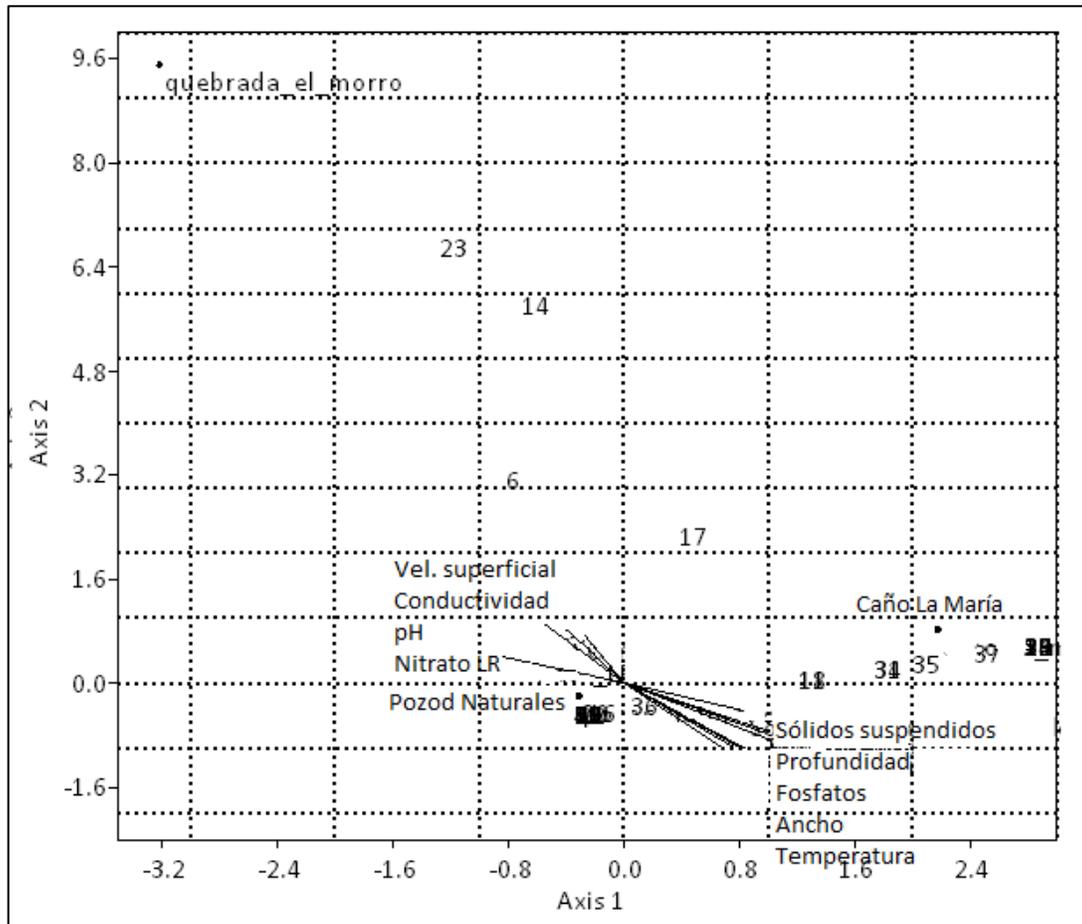


Figura 7.3.16. Análisis de correspondencia canónica (CCA) de la comunidad de macroinvertebrados para sistemas lóticos de la región del Guaviare. El análisis muestra el 100% de varianza. La tabla de código numérico para cada familia (Ver anexo)

Los principales factores determinantes en la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados suelen relacionarse con el hidropereodo y con el régimen hídrico del sistema (Bournaud *et al.*, 1996). En este caso, las variables de ancho, velocidad superficial, profundidad, transparencia y caudal pueden justificar la variabilidad entre las comunidades de macroinvertebrados por sitios. En el primer caso, el caño El Morro tiene un ancho y profundidad mínimas, con velocidad superficial alta debido a la pendiente. Dadas sus condiciones de cabecera la diversidad de invertebrados es baja. Se sabe que las comunidades de macroinvertebrados abundan más en cuerpos de agua permanentes que temporales (Batzer y Resh, 1992). Por el contrario, en el caño Pozos Naturales la transparencia es alta y las profundidades y anchos son mayores; presenta también la mayor cantidad de microhábitats y gremios tróficos. La elevada transparencia permite la entrada de luz y el crecimiento del biofilm, lo que hace que el gremio de los raspadores esté bien representado. En el caño La María la mayor representación de macroinvertebrados se da por aquellos que viven a las orillas de los ríos en pequeños remansos, donde la corriente es lenta, ya que hacia el centro del sistema no hay sustratos y la cantidad de oxígeno sobre el bentos es mínima, lo que lo convierte en un sustrato difícil para los macroinvertebrados.

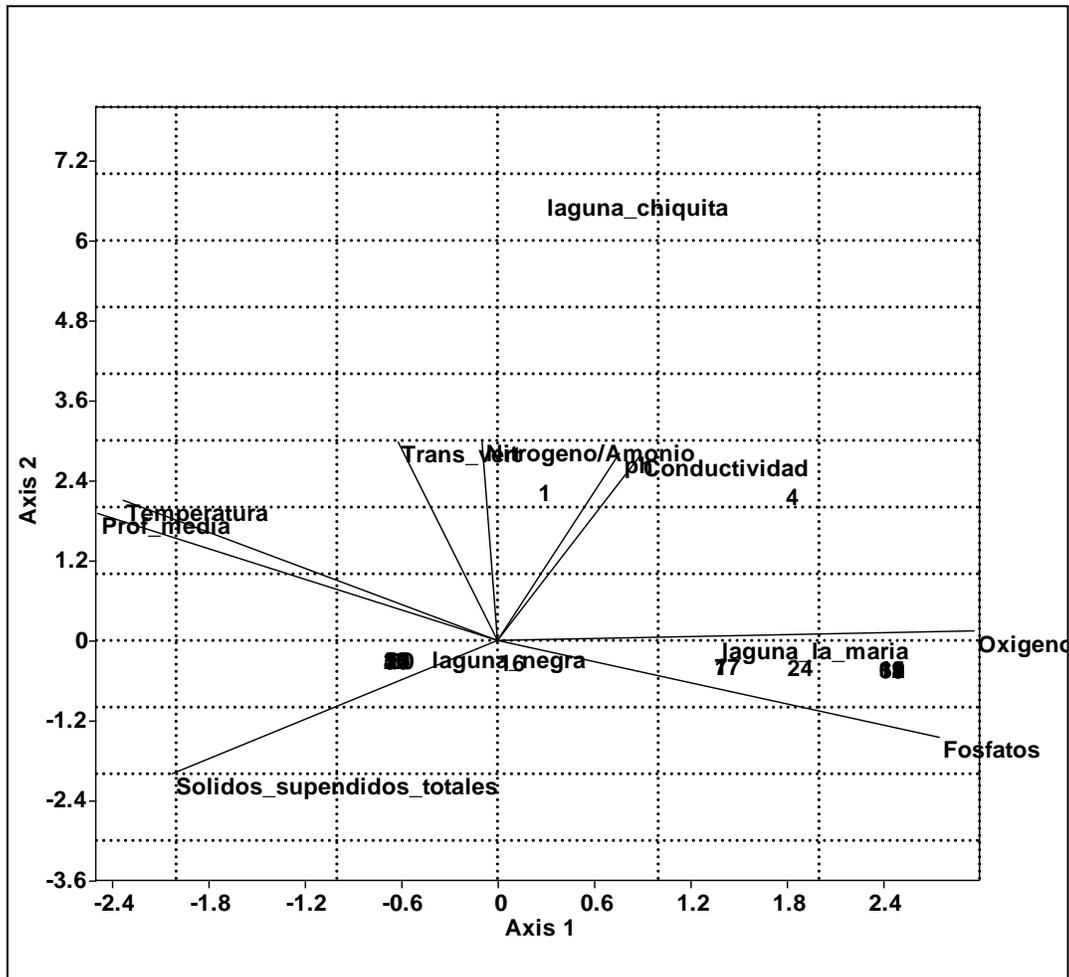


Figura 7.3.17. CCA para los macroinvertebrados de los sistemas lénticos estudiados en la región del Guaviare. Este análisis muestra el 100% de varianza

Las lagunas Negra y La María presentan características fisicoquímicas diferentes que se ven claramente reflejadas en el tipo de agua que las caracterizan. Así, la laguna Negra es un sistema de aguas negras y laguna La María de aguas blancas, de acuerdo a los sistemas que las influyen. En esta última el CCA (Figura 7.3.17.) muestra una alta influencia de los fosfatos y oxígeno disuelto, que tienden a ser mayores en este lago. Estas diferencias son notorias a nivel de taxones y abundancias pero la composición o función de las familias es similar, es decir las familias Corixidae y Notonectidae son las más abundantes en laguna La María y la laguna Negra respectivamente, pero ambas pertenecen al mismo orden, pertenecen al mismo gremio trófico, he incluso tienen requerimientos de hábitats similares. También se observa que en ambos casos Chironomidae ocupa el segundo lugar en abundancia. Estos taxones (ordenes) compartidos generalmente se encuentran asociadas a la superficie del agua entre la vegetación. Por esto variables como el oxígeno disuelto no son determinantes. Otras variables como el pH, la temperatura, el nitrógeno y la conductividad, pueden tener una influencia indirecta afectando mayormente la abundancia de macrófitas donde estos individuos pueden albergar. El factor determinante en la abundancia en cada zona puede estar dado por la cantidad de sustrato requerido o, como se mencionó anteriormente, por diferencias en la intensidad de muestreo.

8. ANÁLISIS A NIVEL DE BIOMA

8.1. Vegetación

Ecosistema	Densidad (plántulas/m ²)
Sabana casmófito	90,75
Sabana edáfica Ecosistema	28,67
Matorral	64,67
Bosque sobre ladera Rocosa	4,12
Bosque inundable	29,8
Bosque de cañada	6,84

Tabla 8.1.1. Densidad de plántulas según cada ecosistema.

La tabla 8.1.1. muestra una muy marcada diferencia entre la densidad de plántulas encontradas para sabana y para bosque. El hecho de encontrar una mayor cantidad de plántulas en las sabanas se debe a que una de las principales adaptaciones que tienen las plantas que habitan este ambiente para soportar el estrés durante los meses de déficit hídrico es el de poseer ciclos de vida cortos que implican una gran producción de semillas y una rápida y fácil germinación de estas. Cabe notar que en el bosque inundable existe una densidad excepcionalmente alta comparada con los otros bosques. Esto se puede atribuirse a una adaptación de las plantas a las inundaciones cíclicas del río que implican una gran mortalidad de plántulas, por lo que se debe compensar con una producción mayor de semillas.

El estudio de ciertas características adaptativas de la vegetación a condiciones ambientales permite un acercamiento al momento de realizar una interpretación del bioma. La respuesta de las plantas a la radiación establece adaptaciones funcionales, fenotípicas y genotípicas (Lambers, 2003). Para facilitar esta interpretación es común en los estudios de vegetación analizar ciertas estructuras que proporcionen información válida y que sean de fácil acceso en los ecosistemas. Las características de la hoja permiten un acercamiento a dicha relación entre la vegetación y su respuesta ecológica a los disturbios naturales. Existen diferentes particularidades de la hoja como el índice foliar específico (IFE), la masa foliar específica (MFE), el área foliar predominante y el contenido de agua, que reflejan diferentes las estrategias de captación de recursos en la flora (Vendramini *et al.*, 2001).

El IFE se determina a partir del área foliar con relación al peso seco de la hoja (*área foliar/peso seco*) y refleja el rendimiento esperado luego de la captación de recursos, encontrándose relacionado con las tasas de crecimiento y los contenidos de agua. Las hojas con valores elevados de IFE son más productivas, de corta duración y susceptibles a los herbívoros (estas hojas funcionan mejor en ambientes de buenos recursos), mientras que las hojas con bajo IFE se presentan en ambientes con pocos recursos

donde existe prioridad de retención de estos recursos captados (Wilson *et al.*, 1999; Vendramini *et al.*, 2001).

La MFE relaciona dureza y espesor de la hoja con el área foliar (*Peso seco/Área foliar*), siendo un indicador de los costos relacionados con el crecimiento, diferenciación e incorporación de sustancias a los tejidos como materia seca. Las hojas de larga duración son livianas pero fotosintéticamente eficientes, vulnerables a herbivoría y muerte prematura; son más costosas que las de corta duración ya que presentan tejidos densos y estructura más compleja de compuestos orgánicos bioquímicamente más costosos como proteínas, lípidos, ligninas y metabolitos secundarios, los cuales utiliza como mecanismo de protección contra herbívoros y parásitos (Lambers, 2003).

El contenido hídrico se determina a partir de la relación entre el contenido de agua en las hojas (*peso fresco-peso seco*) y el área foliar, y permite conocer ciertas estrategias como respuesta que previenen o minimizan el estrés hídrico (Valladares *et al.*, 2004). De esta manera, las plantas pueden maximizar la captura de agua con sistemas radiculares profundos o minimizar la pérdida cerrando estomas o cambiando la velocidad de intercambio gaseoso lo que les permite asimilar rápidamente el carbono en relación a la eficiencia en el uso del agua (Dudley, 1996).

El cambio en el área foliar de las diferentes plantas permite determinar la magnitud de aumento o disminución de la luz directa y su intensidad (Artavia *et al.*, 2004). Se tienen áreas foliares altas cuando la luminosidad es buena y áreas bajas cuando por el contrario, el recurso luz es bajo. Sin embargo, para especies de sombra esta condición no se cumple, ya que las características de las hojas tienden hacia un área foliar alta cuando el recurso lumínico no es bueno (Wilson *et al.*, 1999).

Los histogramas presentados a continuación reflejan el comportamiento de las hojas a partir de características como área foliar, IFE, MFE y contenido hídrico para cada uno de los ecosistemas estudiados, mostrando información de interés para una interpretación comparativa entre bosques y sabanas presentes en el Departamento del Guaviare.

Histogramas de Área Foliar

Bosques

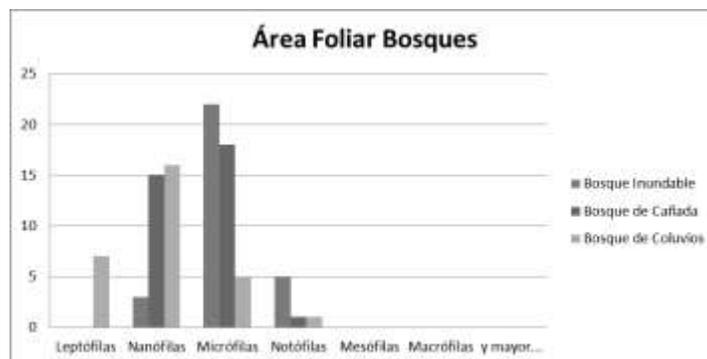


Figura 8.1.1. Principales áreas foliares presentes en la vegetación de los bosques estudiados.

En el histograma de la Figura 8.1.1. se puede apreciar una frecuencia de aparición mayor para las hojas micrófilas para el Bosque de Cañada y el Bosque Inundable, seguido por las hojas notófilas y nanófilas. Esta información permite hacer apreciaciones acerca de las adaptaciones utilizadas por las plantas en cuanto a las hojas, de la siguiente manera: la influencia de la inundación en el Bosque de Inundable causa un estrés hídrico en la planta teniendo como consecuencia la poca absorción de agua y de nutrientes. La respuesta de la planta a esta condición en este caso es el desarrollo de hojas micrófilas para evitar tasas de transpiración elevadas y potencializar la conductancia estomática y la tasa fotosintética (Herrera *et al.*, 2009). Por su parte, la presencia de hojas de áreas pequeñas en el Bosque de Cañada, se relaciona con las características geológicas y edáficas donde se desarrolla este bosque, como es la presencia de serpentina, roca de baja concentración nutricional. Esta roca propició la aparición de especies con este tipo de hojas durante los procesos de especiación. Además, variables como la sequedad del clima, principalmente durante el Mioceno que fue árido y durante el Pleistoceno- Holoceno donde se presentaron cambios en el gradiente de temperatura, fueron determinantes en la reducción del limbo foliar (Martínez, 2009). El Bosque de Cañada se encuentra dentro la sabana edáfica de La Fuga, la cual presenta una pendiente inclinada, lo que ocasiona un efecto de escorrentía que a su vez provoca la lixiviación del suelo y con ello, el arrastre de los pocos nutrientes encontrados en el bosque. Por su parte, las hojas del Bosque de Coluvios presentan características propias e interesantes que determinan la fuerte adaptación de las plantas a las condiciones climáticas y por supuesto a la disponibilidad y pérdidas de agua. Las hojas nanófilas se encuentran mayormente representadas y pueden ser el resultado de las intensas radiaciones que sufre este bosque. Una vez más, las plantas de bosque, independiente del disturbio que les acaece, tienden a desarrollar hojas pequeñas con desarrollo de epidermis y cutícula gruesas para contrarrestar la pérdida excesiva de agua.

Histogramas de Contenido Hídrico

Sabanas

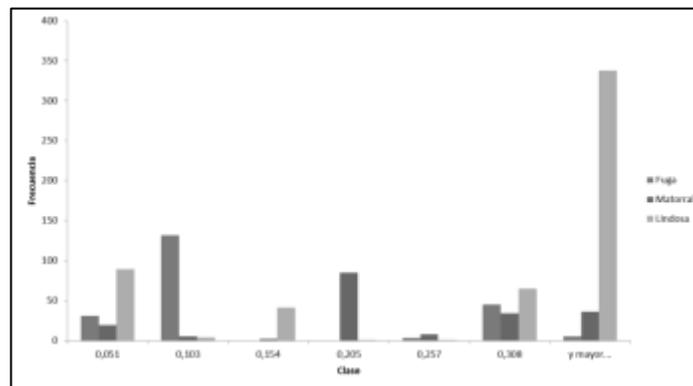


Figura 8.1.2. Contenido de agua de las hojas en las diferentes sabanas y matorral carsoquersofítico.

Se observa una tendencia de la vegetación hacia el almacenamiento de agua como respuesta a las condiciones de estrés hídrico que sufren las sabanas y el matorral sobre afloramiento rocoso (Figura 8.1.2.). La sabana de La Lindosa presenta los valores más elevados de contenido hídrico debido a la fuerte y constante lixiviación de material orgánico por las lluvias y la baja capacidad de retención de agua por el suelo. La

estrategia adoptada por esta vegetación conciste en el almacenamiento de recursos en tejidos de la hoja. Por otro lado, las adaptaciones de las plantas en la sabana de La Fuga y en el Matorral tienden hacia una distribución homogénea en el histograma. La sabana de La Fuga presenta mayores eventos de precipitación y mayor capacidad de almacenamiento de agua en el suelo como fruto de su largo periodo de formación. Las plantas disponen de agua la mayoría del tiempo, aunque el grado de succulencia sea considerable. Aunque el Matorral recibe agua, las características del suelo no le permiten retenerla, por lo que las plantas que crecen en este ecosistema se ven obligadas a captar recursos, especialmente agua y nutrientes, por medio de estrategias específicas. Las orquídeas por ejemplo tienen escamas peltadas como estructura captadora de agua. Las demás plantas reducen su área foliar y se vuelven coriáceas, además de desarrollarse sobre otras plantas en descomposición y en grietas entre las rocas que se encuentran menos expuestas a la radiación solar, disminuyendo de esta forma la evaporación del agua.

Histogramas IFE

Sabanas

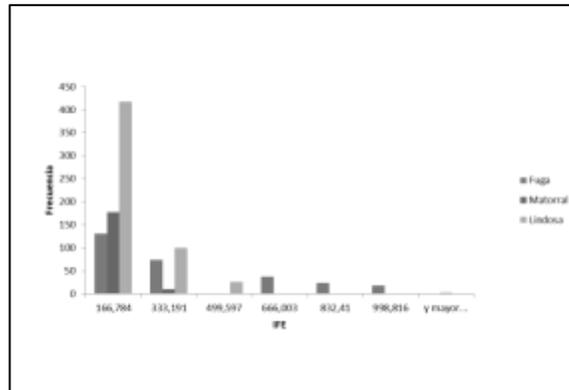


Figura 8.1.3. Relación entre área foliar y peso de las hojas para las sabanas de La Fuga, La Lindosa y el Matorral.

En la Sabana Edáfica, al hacer el análisis del I.F.E. (Figura 8.1.3.), se observa que existe una curva donde disminuyen progresivamente las morfoespecies mientras aumenta el índice foliar específico. Esto se explica por las condiciones del ecosistema. Al ser una sávana, donde la radiación solar es mayor que en un bosque, las plantas se encuentran en altas condiciones de estrés por aumento de luz y temperatura. Al estar sometidas a alta radiación solar y baja cantidad de agua, las plantas tienen que recurrir a disminuir su área foliar y su tasa fotosintética, con lo cual buscan evitar la pérdida de agua. También disminuyen la capa de mesófilo de sus hojas para reducir el número de cloroplastos y bajar las tasas fotosintéticas. Este motivo ha llevado a la mayoría de las morfoespecies a reducir su área foliar y por ende a bajar las tasas fotosintéticas (Godínez *et al.*, 2011). En la Sabana Casmófito el I.F.E. se observa en los rangos de valores más bajos, debido a las mismas razones señaladas para de la Sabana Edáfica. Aquí la incidencia de la radiación solar y la baja cantidad de agua afectan los procesos fotosintéticos de las plantas, llevándolas a reducir las células del mesófilo, el contenido de cloroplastos y el área de las hojas para evitar la pérdida de humedad durante el proceso de captación de dióxido de carbono. El gasto de agua para la producción de clorofila se disminuye igualmente (Godínez *et al.*, 2011). Con respecto al I.F.E. en los Matorrales, ocurre un resultado

similar al mostrado por las Sabanas Edáfica y Casmófito, es decir, la reducción del área se debe a la alta incidencia de la radiación solar y la baja cantidad de agua disponible en el medio.

Bosques

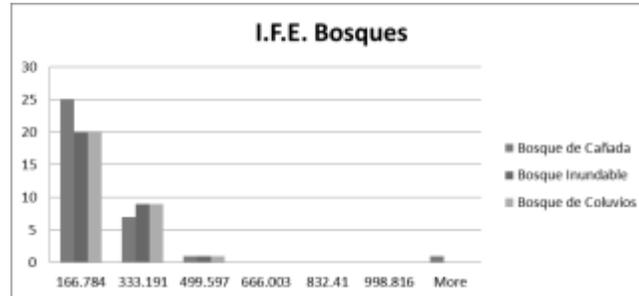


Figura 8.1.4. Relación entre área foliar y peso de las hojas para los bosques estudiados

Los Bosque de Cañada, Inundable y de Coluvios presentan un I.F.E. variado entre las diferentes morfoespecies encontradas, pero, con una tendencia hacia registros bajos. Se entiende que la medición del I.F.E. está relacionada con la capacidad fotosintética de las plantas. En este caso, el índice muestra una tendencia mayor a hojas con una capacidad baja de actividad fotosintética. La presencia de hojas con bajas tasas fotosintéticas está relacionada con la concentración de agua y con el mesófilo de las láminas foliares. Son ecosistemas condicionados por las características del suelo, en los que predomina una baja cantidad de nutrientes un y alta escorrentía que lleva al lavado de los suelos y a una baja captación de agua por medio de las raíces. Esto afecta en gran medida el área de las hojas y el ancho del mesófilo foliar que al ser delgado, presentan una concentración de cloroplastos baja y una disminución en la tasa fotosintética relacionada con la baja cantidad de agua. Se debe tener en cuenta que en los bosques, las especies que se encuentren en el sotobosque no están sometidas a altas radiaciones, lo que afecta en gran medida la capacidad fotosintética de las mismas.

Histogramas MFE

Sabanas

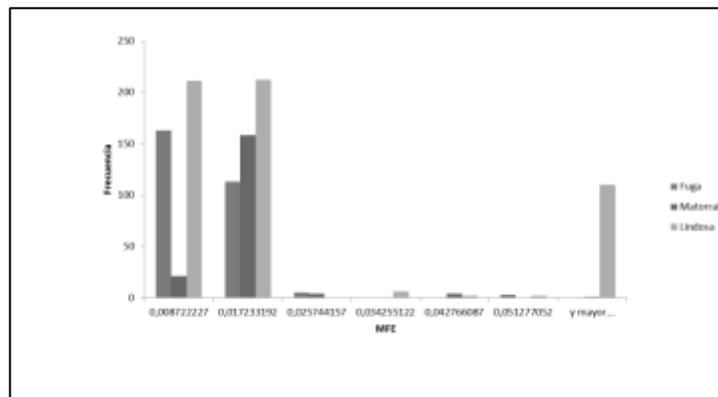


Figura 8.1.5. Relación entre peso seco y área foliar de las hojas de las sabanas de La Fuga, La Lindosa y el Matorral

Dado que la M.F.E. (Figura 8.1.5.) es inversa al I.F.E., se esperaría que fuera alta para plantas que se encuentran en ambientes extremos como la sabana, donde los recursos son limitados. Cuando la M.F.E. es alta, indica que las plantas han reducido su capacidad fotosintética, aumentado la acumulación de nutrientes y perdido la flexibilidad de la lámina foliar para evitar ser quemadas por la luz del sol y evitar el gasto innecesario del recurso hídrico. En las morfoespecies de la Sabana Edáfica se observa que la masa foliar es muy baja. Esto se explica porque hace menos de 6 meses hubo una quema en toda la sabana, donde murieron todos los individuos del ecosistema y en los días del muestreo, solo se pudieron observar plántulas y juveniles que no han adquirido los caracteres de una planta xerófila, por lo cual su M.F.E. es baja. En Sabana Casmófito se observa el mismo fenómeno debido también a un incendio reciente que hizo que la mayoría de las plantas adultas desaparecieran. Las plantas analizadas en el estudio eran plántulas y juveniles que aún no adquirían las características propias de plantas xerófilas (pérdida de flexibilidad, disminución del área foliar, acumulación de nutrientes).

Bosques

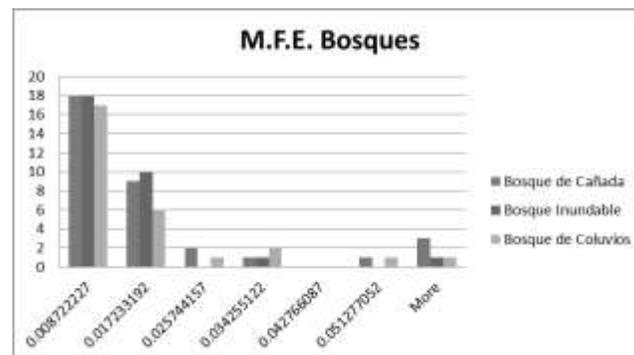


Figura 8.1.6. Relación entre peso seco y área foliar de las hojas para las sabanas de La Fuga, La Lindosa y el Matorral.

La M.F.E. de los bosques (Figura 8.1.6.) deja ver que entre las morfoespecies encontradas, alrededor del 90% presentaban una masa foliar baja en los diferentes bosques. Esto se relaciona con el bajo almacenamiento y poca acumulación de nutrientes que presentan las hojas en el bosque, ya que no están expuestas a condiciones altas de luz que provoquen un aumento en la tasa de transpiración que les provoque pérdida de agua a través de los estomas durante el intercambio de gases. Al presentar una baja M.F.E. las láminas foliares son más flexibles, lo que les permite el movimiento de la misma para mejorar la incidencia lumínica. Se consideran hojas malacófilas por su flexibilidad y el aumento del mesófilo foliar. Una pequeña proporción de las morfoespecies (10%) presenta una M.F.E. mayor, ubicada hacia final de los rangos de la clasificación en la Figura 8.1.6. Esto indica que son hojas con un almacenamiento mayor de nutrientes y una consistencia xerófila, que evita la flexibilidad de la lámina foliar. Dentro del bosque estas hojas deben estar en los estratos más altos, cercanos a una radiación lumínica mayor.

8.2. Artropofauna

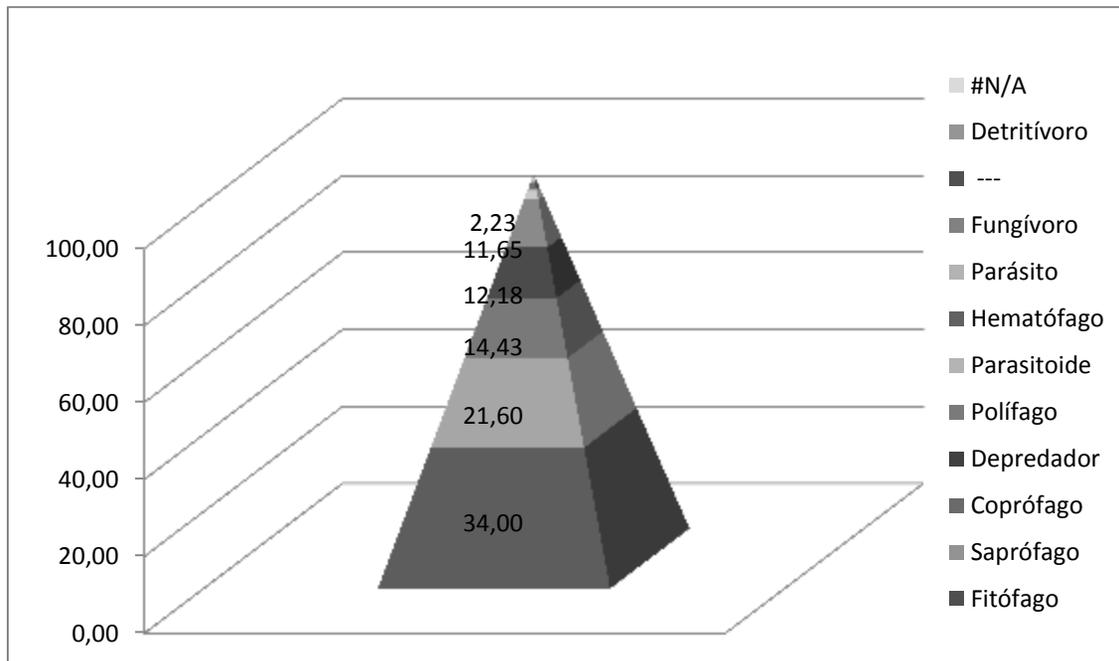


Figura 8.2.1. Distribución de la biomasa de artrópodos en los diferentes gremios tróficos presentes en la región de San José del Guaviare.

En toda la región los gremios más frecuentes fueron los fitófagos, aunque las familias que desempeñaban cada uno de los roles asociados a los gremios en cada ecosistemas podían ser diferentes. En la Figura 8.2.1. se puede ver la distribución de los gremios a nivel regional de acuerdo a su biomasa. Se resaltan a los fitófagos en la base, con una participación importante de la familia Formicidae (Hymenoptera). Se calcula que el 30% de la biomasa animal de la cuenca del Amazonas está conformado por hormigas. Las hormigas representan una masa mayor que todos los demás vertebrados en una parcela de bosque tropical de tierras bajas. De hecho, tan sólo el total de especies de artrópodos del dosel tropical podría ser mayor a 20 millones (WWF, 2013).

9. SINTESIS REGIONAL

Los grupos taxonómicos estudiados en los ecosistemas acuáticos muestran una clara agrupación que concuerda con las zonas homogéneas establecidas. Se observa cómo el caño Pozos Naturales es el ecosistema más abundante y diverso en cuanto a macroinvertebrados, mientras que el caño El Morro presenta los valores de abundancia más bajos. Los ecosistemas ubicados en la llanura aluvial comparten según los índices de diversidad beta varios taxones y tienen organizaciones similares a nivel de gremios tróficos. La región del Guaviare tiene características únicas en términos geomorfológicos, debido a que es la zona de transición entre las dos grandes regiones de la Amazonía y la Orinoquia (Romero, 2008). Allí se encuentran bosques inundables sujetos a la influencia de cuerpos de agua y de condiciones climáticas de la región, la cual tiene un periodo de

lluvias marcado que afecta los pulsos hídricos de los ríos y a su vez determinan su desbordamiento (Kvis y Nebel, 2001). También se encontró, dada la presencia de bolsones climáticos y las características de los suelos, una sábana de gran tamaño con características ecológicas como las encontradas un poco más al norte del país, con periodos de quema y temporadas secas bien definidas. Adicionalmente, hay una formación rocosa del terciario que se levanta de la planicie y por la cual corre un caño con características propias de un río krenal.

La región del Guaviare es, por su ubicación geográfica, una zona extremadamente compleja con influencias de distintos patrones climáticos y procesos geomorfológicos que determinan una heterogeneidad particular a los paisajes que allí se encuentran. Las especies vegetales presentan diferentes características morfológicas y fisiológicas que responden con adaptaciones a las condiciones específicas del ambiente. Los aspectos generales de la vegetación para cada uno de los ecosistemas se considera como la expresión de las adaptaciones de las especies que lo componen.

El hecho de encontrar una mayor cantidad de plántulas en las sabanas se debe a que una de las principales adaptaciones que tienen las plantas que habitan estas áreas para soportar el estrés durante los meses de déficit hídrico, es el de poseer ciclos de vida cortos que implican una gran producción de semillas y una rápida y fácil germinación de estas. Cabe notar que en el bosque inundable existe una densidad excepcionalmente alta comparada con los otros bosques. Esto se puede atribuirse a una adaptación de las plantas a las inundaciones cíclicas del río que implican una gran mortalidad de plántulas, por lo que se debe compensar con una producción mayor de semillas.

La tendencia de las plantas a tener hojas micrófilas en el bosque inundable es una respuesta adaptativa, principalmente al estrés hídrico por la dificultad en la absorción de agua y de nutrientes. Se evitan así tasas de transpiración elevadas y se potencializan la conductancia estomática y la tasa fotosintética (Herrera *et al.*, 2009). Por su parte, la presencia de hojas de áreas pequeñas en el Bosque de Cañada se relaciona con las características geológicas y edáficas donde se desarrolla este bosque. Este es el caso de la serpentina, roca de baja concentración nutricional. Las hojas del Bosque de Coluvios presentan características propias que determinan la fuerte adaptación de las plantas a las condiciones climáticas y por supuesto a la disponibilidad y pérdidas de agua. Las hojas nanofilas se encuentran mayormente representadas y pueden ser resultado de las intensas radiaciones que soporta el bosque. Las plantas de bosque tienden a desarrollar hojas pequeñas con desarrollo de epidermis y cutícula gruesas para contrarrestar la pérdida excesiva de agua. Adicionalmente, se puede decir que las hojas para los tres ecosistemas de bosques presentan bajas tasas fotosintéticas relacionandas directamente con la captación de agua y el espesor del mesófilo de las hojas. Las hojas en estos bosques son pequeñas y almacenan cierta cantidad de agua y nutrientes, pero poseen una flexibilidad notoria que le permite moverse teniendo en cuenta la incidencia de la radiación solar.

En las sabanas se encuentran dos estrategias que adoptaron las plantas que habitan allí. La primera es ser herbáceas, lo que implica tener una hoja pequeña, es decir, un IFE bajo y una tasa alta de fotosíntesis para de esta manera adquirir la energía suficiente para una producción alta de semillas, lo que coincide con la gran densidad de plántulas encontradas. Esto implica que las hojas sean poco esclerófilas y que haya una baja acumulación en las hojas, lo que refleja un menor MFE. Debido al déficit hídrico característico de la sabana, que tiene un comportamiento cíclico, las plantas herbáceas

tienen un ciclo de vida cortó, con una gran producción de semillas. La segunda estrategia es la de las plantas arbustivas y herbáceas que afrontan el periodo de déficit hídrico. Estas tienden a esclerotizar sus hojas y a reducirlas para evitar la pérdida de agua, lo que indica un IFE bajo y un MFE alto. Además, acumulan los productos de la actividad fotosintética. Su ciclo de vida es más largo y sus tasas de crecimiento son mucho menores. Por otra parte, la vegetación tiende hacia el almacenamiento de agua como respuesta a las condiciones de estrés hídrico que sufren las sabanas y el matorral sobre afloramiento rocoso.

La artropofuana, contrario al patrón observado en los ecosistemas acuáticos, responde a las condiciones del ecosistema. Es decir, se tiene una clara asociación con sabanas o bosques, más que por zona homogénea, en relación a lo descrito para la vegetación. Hay una mayor diversidad (reflejada también en los gremios tróficos) en los bosques, ya que poseen más nichos disponibles (como el dosel). Sin embargo, el recambio entre ecosistemas es muy bajo, lo que permite concluir que no existen muchas familias compartidas, y que cada ecosistema presenta una artropofauna con características particulares.

10. REFERENCIAS

ABRIL T., ÁLVAREZ C., AMADO H., BONILLA E., BUENO C., GARCÍA V., GUTIÉRREZ G., GUZMÁN A., MARTÍNEZ V., MAYORGA B., MEDRANO L., MORENO B., PATIÑO G., PINILLA B., PINTO S., REINALES L., ROJAS R., URREGO M., ZULUAGA R., y PINILLA A., 2010. Estudio de ecosistemas terrestres y acuáticos ubicados en el parque nacional natural cueva de los guácharos (acevedo, huila). Otro. Sin Definir, Bogotá. (No publicado)

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 ed. Washington, USA, 1040 pp

ARANGO M. I., NIVIA Á., ZAPATA G., GIRALDO M. I., BERMÚDEZ J. G. y ALBARRACÍN H. 2011. Geología y geoquímica de la plancha 350 San José Del Guaviare. Ministerio de Minas y Energía, Servicio Geológico Colombiano. Medellín

ARAÚJO, W.S., DOS SANTOS, B. y GOMES-KLEIN, V.L. 2011. Insect galls from Serra dos Pireneus, GO, Brazil. *Biota Neotropica*. 11(2): 357-365.

ARISTIZABAL H. 2002. Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia Parte 1. Editora Guadalupe LTDA.

ARMITAGE P.D., CRANSTON P.S., y PINDER L. 1995. The chironomidae biology and ecology of non-biting midges. Chapman y Hall. London.

ARTAVIA, G. ECKHARDT, K. ARAUJO, J. 2004. Efecto de la luz sobre la densidad y morfología de las plantas en un claro dominado por *Durola hirsuta*, estación biológica Madre Selva, Rio Osora, Iquitos, Perú. *Rev. Reflexiones* 83 (1): 131-135

AUGUST, P.V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammals communities. *Ecology*. 64(6): 1495-1507.

BATZER P.D. y RESH V., H. 1992. Macroinvertebrates of California seasonal wetlands and responses to experimental manipulation. *Wetlands*, 12: 1-7. Alemania

BEGON, M., TOWNSEND, C. y HARPER, J. 2006. *Ecology, from individual to ecosystems*, Cuarta edición. Blackwell Publishing.

BELLINGER, E. G. 1992. *A Key to Common Algae*, 4th edn. London, The Institution of Water and Environmental Management, p. 138.

BEYRUTH, Z. 1993. Fitoplancton en lagos do Parque Ecológico do Tiete, Sao Paulo, 1986-1987. Estudio para reabilitação. *Dae* 170:5-10

BONILLA, MA. y GUILLOT GH. 2003. Notas de clase. *Prácticas de Ecología*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.

BOTERO, R. CADAVID, JV. RIVAS, L. MONSALVE, A. SANINT, LR. 1990. Análisis económico ex-ante en sistemas de producción asociados: Cultivo arroz-pradera. Programas de Pastos Tropicales y de Arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. (Mimeografiado.)

BULLETIN OF THE CALIFORNIA INSECT SURVEY Volume b21. UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS. 1979

BOURNAUD, M., B. CELLOT, P. RICHOUX Y A. BERRAHOU. 1996 Macroinvertebrates community structure an environmental characteristics a large river congruity of patterns for identification to species or family, *Journal of the North American Benthological Society*, 15 (2): 232-253.

CAMERO, E. DIAZ, J. SALINAS, A. TÉLLEZ, L. AGUDELO, D. 2005. Estudio de la artropofauna asociada a suelos de dos tipos de ecosistemas en la cuenca del río cauca – colombia. *Acta Biológica Colombiana* 10 (1): 35-44.

CARDENAS, D. RAMIREZ, J. 2004. Plantas utiles y su incorporacion a sistemas productivos del departamento del Guaviare (Amazonía Colombiana). *Caldasia* 26 (1) 2004: 95-110.

CÁRDENAS-LÓPEZ, D., CASTAÑO-ARBOLEDA, N., ZUBIETA-VEGA, M. y JARAMILLO-ECHEVERRY, M. 2008. Flora de las formaciones rocosas de la Serranía de La Lindosa. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi-. Bogotá, Colombia. 164 p.

CARTHEW, R. W. y HELLEBUST, J. A. 1983. Regulation of a glucose transport system in *Stichococcus bacillaris*. *Journal of Phycology*, 19: 467–473.

CASTILLO-RODRÍGUEZ, E. y AMAT-GARCÍA, G. 1986. Caracterización biológica (macrofauna) y principales aspectos ecológicos de los suelos de los zurales del municipio

de Puerto Carreño, Vichada (Colombia). Trabajo de Grado para obtener el título de Bióloga. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 171 p.

CHAPRA, S.C. 1997. Surface water-quality modeling. Waveland Press Inc, Long Grove. 844 pp.

CHOJNACKA, K. y NOWORYTA, A. 2004. Evaluation of *Spirulina* sp. growth in photoautotrophic, heterotrophic and mixotrophic cultures. *Enzyme and Microbial Technology*, Volume 34, Issue 5, Pages 461-465

CORTÉS, F., LEON, T. 2003. Modelo conceptual del papel ecológico de la hormiga arriera (*Atta levigata*) en los ecosistemas de sabana estacional (Vichada, Colombia). *Caldasia* 25(2): 403-417

COTNER J., MONTOYA J., ROELK D. y WINEMILLER K. 2006. Seasonally variable riverine production in the Venezuelan llanos. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 2006;25(1):171-184.

DANE. 2005. Boletín Censo General 2005. San José del Guaviare. [En línea] [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/95001T7T0

DE LA PARRA A. y RODELO K. 2011. Composición y abundancia de la comunidad de algas perifíticas del río Cesar asociado a variables físico-químicas e hidrológicas durante los meses de febrero-septiembre del año 2011. Cesar, Colombia. Tesis Biólogas, Universidad del Atlántico, Barranquilla. 87 pp.

DE LEÓN, L. y CHALAR, G. 2003. Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina – Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. *Limnetica* 22(1-2): 103-113

DEFLER T. y RODRÍGUEZ J. 1998. Fauna de la Orinoquia. Repositorio Institucional. Universidad Nacional de Colombia. [En línea] [Consultado el 04 de julio de 2013] URL: http://www.bdigital.unal.edu.co/7302/1/THOMAS_R._DEFLER__insectos.pdf

DES ABBAYES, H., CHADEFAUD, M., FELDMANN, J., De FERRE, Y., GAUSSEN, H., GRASSE, P. y PREVOT, A. 1989. Botánica. Vegetales inferiores. Editorial Reverté, S.A. 748 pp

DIAZ-GRANADOS D. 1979. Proyecto radargrametico del Amazonas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D.C. Colombia.

DIRZO, R., PRINGLE, E. y GORON, D. 2012. Plant defense, herbivory, and the growth of *Cordia alliodora* trees and their symbiotic Azteca ant colonies. *Oecologia*

DOI 10.1007/s00442-012-2340-x

DOMÍNGUEZ, C. y DIRZO, R. 1995. Plant herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forests. En: S.H. Bullock, E. Medina y H. A. Mooney (eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press. Cambridge. Pp. 304 – 325.

DONOSO, C. (1992) *Ecología forestal*. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

DUARTE, C. M., S. AGUSTÍ y D. CANFIELD. 1992. Patterns in phytoplankton community structure in Florida Lakes. *Limnol.yOceanogr.*, 37(1): 155-161

DUDLEY, S. 1996. Differing Selection on Plant Physiological Traits in Response to Environmental Water Availability: A Test of Adaptive Hypotheses. *Evolution*, Vol. 50, No. 1. pp. 92-102.

FAETH, S.H. 1985. Host leaf selection by leaf miners: interactions among three trophic levels. *Ecology*. 66(3): 870-875.

FERNANDES, L.C., FAGUNDES, M., DOS SANTOS, G.A. y MADUREIRA-SILVA, G. 2004. Abundância de insetos herbívoros associados ao pequi (Caryocar brasiliense Cambess.). *Árvore*. 28(6): 919-924.

FRANCO, Á., GONZÁLEZ T. J., MONTAÑO S., ULLOA L., MARTELO N., MARTÍNEZ., MORALES D., ROMERO N., CARDONA L., DAVID D., LUQUE F., RUIZ D., CAMERO E., ZULUAGA S. y PINILLA G. 2012. Estudio regional de los ecosistemas acuáticos y terrestres de la Región de Carimagua, Llanos Orientales, Meta, Colombia. Documento de trabajo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (No publicado)

GALVIS, J. HUGUETT, A. RUGE, P. 1979. Geología de la Amazonía colombiana. *Bol. Geol. INGEOMINAS*, Vol. XXII (3): 3-86.

GÁRATE-LIZÁRRAGA, I. y MUÑETÓN-GÓMEZ, M. 2008. Bloom of *Peridinium quinquecorne* Abé in La Ensenada de La Paz, Gulf of California (July 2003). *Acta Botánica Mexicana*, (83), 33-47.

GARCÍA, C .2005. Comparación de dos métodos para medir herbivoría. ¿Es la herbivoría en el Neotrópico mayor de lo que creemos?. *Revista de Biología Tropical*. 53 (1-2):111-114.

GARCÍA, C .2005. Comparación de dos métodos para medir herbivoría. ¿Es la herbivoría en el Neotrópico mayor de lo que creemos?. *Revista de Biología Tropical*. 53 (1-2):111-114.

GARCÍA-R JC y GALINDEZ LF. Caracterización ecológica de la microcuenca que abastece de agua al acueducto municipal de San José del Guaviare. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 10: 31-43; 2011

- GARCÍA-RAMÍREZ J.C y PARDO-LOCARNO L.C. 2004. Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los Andes occidentales colombianos. *Ecología Aplicada*. 3: 59-63
- GAVIRIA, S. y ARANGUREN, N. 2007. Especies de vida libre de la subclase Copepoda (Arthropoda, Crustacea) en aguas continentales de Colombia. *Biota Colombiana* 8 (1) 53 - 68
- GOBERNACIÓN DEL GUAVIARE.2012. Nuestro departamento. [En línea][Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://www.guaviare.gov.co/index.shtml>
- GONZÁLES, A. 1988. El fitoplancton de las aguas continentales. OEA, Washington, D. C. 125 p.
- GRAHAM L., y WILCOX L. *Algae*. Estados Unidos. 2000.
- HALFFTER, G.1992. La diversidad biológica de Sudamérica. Programa Iberoamericano para la ciencia y tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, Xalapa, México. Pp. 45-153.
- HAMILTON, S. y LEWIS, W. 1987. Causes of seasonality in chemistry of a lake on the Orinoco River floodplain, Venezuela. *Limnology and Oceanography*. 32(6), 1987, pp 1277 – 1290.
- HAMILTON, S. y LEWIS, W. 1990. Basin morphology in relation to chemical and ecological characteristics of lakes on the Orinoco River floodplain, Venezuela. *Archiv fuer Hydrobiologie*. Vol. 119, No. 4, pp 393 – 425.
- HAMMER, O. 1999 (2012). PAST-PAleontological Statistics, Version 2.17, Reference manual. Natural History Museum. University of Oslo
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HAUER, F., y LAMBERTI, G. 2007. *Methods in stream ecology*. Academic Press, London. 896 pp.
- HERNÁNDEZ, J. SÁNCHEZ, H. Biomas de Colombia. En: HALFFTER, G. 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica I. *Acta Zoológica Mexicana*.
- HERRERA, A. VELASQUEZ, C. 1978. Estratigrafía de la sección Araracuara (Amazonas). Trabajo final. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Geociencias. Pp 1- 82. Bogotá.
- HLADUN, K. y ADLER, L. 2009. Influence of leaf herbivory, root herbivory, and pollination on plant performance in *Cucurbita moschata*. *Ecological Entomology* 34:144-152

HOMER R., y WELCH E., VEENSTRA R. 1983. Development of nuisance periphytic algae in laboratory streams in relation to enrichment and velocity. *Periphyton of Freshwater Ecosystems* (Ed. R. G. Wetzel), pp. 121-134. Dr W. Junk Publishers, The Hague.

http://www.humboldt.org.co/publicaciones/uploads/067_Metodos_Inventarios_2004.pdf

HUNGERFORD, H. B. 1933. El género *Notonecta* del mundo. *U. Kansas Sci. Bol.*, 21: 5-195.

HUTCHESON, J. y JONES, D. 1999. Spatial variability of insect communities in a homogenous system: Measuring biodiversity using Malaise trapped beetles in a *Pinus radiata* plantation in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 118:93-105.

HUTCHISON G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* (22):pp 415-427.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2000. Estudio general de suelos del departamento del Meta. Bogotá. 500 p.

IGAC. [En línea] [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://www.igac.gov.co/igac>

JARAMILLO DF. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Medellín. 613pp.

JOLLIFFE, I.T. 1986. *Principal Component Analysis*. Springer-Verlag

KVIST L., y NEBEL G. A review of peruvian flood plain forests: ecosystems inhabitants and resource use. *Ecology and Management* 150. 201

LASSO C., GIRALDO, LASSO, O., LEON, O., DO NASCIMIENTO, C., MILANI, N., RODRIGUEZ, D., SENARIS, J., D. y TAPHORN. 2006. Peces de los ecosistemas acuáticos de la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, estado Amazonas, Venezuela: resultados del Aqua-RAP 2003. Pp. 114-122.

LASSO, C.A., USMA, J.S., TRUJILLO, F. y RIAL, A. (Eds.) 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: Bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D. C., Colombia. 609 pp.

LONGINO J. CODDINGTON J. COLWELL R. 2002. The Ant Fauna of a Tropical Rain Forest: Estimating Species Richness Three Different Ways. *Ecology*, 83 (3): 689-702.

LUDEÑA H. 2007. Cianobacterias en la bahía de Mayagüez: abundancia, distribución y su relación con las propiedades bio-ópticas [Trabajo de grado de Maestría]. Universidad de Puerto Rico Recinto universitario de Mayagüez

MAISTERRENA, V. D. 1999. La eutrofización y el zooplancton en los ambientes acuáticos.

MARGALEF, R. 1997. Our Biosphere. En: Excellence in Ecology nº 10. O. Kinne (Ed.). Ecology Institute – Germany.

MARGALEF, R., 1983. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona: 1010 pp.

MÁRQUEZ, G. 2012. Sistemas Ecológicos y Sociedad en Colombia.

MÁRQUEZ, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín de la Sociedad entomológica Aragonesa, 37 : 385 -408. [Disponible en línea] [Consultado el 01 de marzo de 2013] URL: http://www.uaeh.edu.mx/sistema_investigacion/funciones/bajarArchivo_web.php?producto=4107yarchivo=Teccolectpres05.pdf

MARTÍNEZ E. 2009. Relación entre morfología foliar de antófitos y factores abióticos en las principales pluvisilvas de la Región Oriental cubana. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 57 (1-2): 235-256, March-June.

MEDIANERO, E., VALDERRAMA, A. y BARRIOS, H. 2003. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque. Acta Zoológica Mexicana (Nueva serie). 89: 153-168

MEDINA, E. y SILVA, J.F. Savannas of Northern South America: A steady state regulated by water-fire interactions on a background of low nutrient availability. Journal of Biogeography. 1990; 17(4/5): 403-413.

MEDINACELI, A., MIRANDA, F., FLORES, P. y GUTIÉRREZ. 2004. Herbivoría en relación al tamaño de la planta y a las diferencias de exposición de *Pilea* sp. (Urticaceae) en la Estación Biológica Tunquini, Cotapata, La Paz – Bolivia. Ecología en Bolivia, 39(2): 4-8

MENKE A. 1979. The Semiaquatic and Aquatic Hemiptera of California (Heteroptera: Hemiptera).

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2013. Reserva Forestal Protectora Caños La Esperanza y Agua Bonita. [En línea] [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=5941ycatID=278>

MORA, A., L. SÁNCHEZ, C. LASSO y C. MAC-QUHAE. 2007. Parámetros fisicoquímicos de algunos cuerpos de agua adyacentes a la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, estado Amazonas, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. 41(1): 44–59. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE. 2012. Nuestro Municipio. [En línea] [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://www.sanjosedelguaviare-guaviare.gov.co/index.shtml>

MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE. 2012. Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) [En línea] [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://sanjosedelguaviare-guaviare.gov.co/apc-aa-files/31616133313963363230303537613263/PBOT.pdf>

NARANJO-RAMÍREZ, G.M., PEÑARANDA-PARADA, M.R. y CHAMORRO, C. 1995. Composición y variaciones de la edafofauna en un oxisol (Acroperox petroférico) del Complejo Migmatítico del Mitú bajo tres usos diferentes de suelo. Trabajo de grado para obtener el título de Biólogos. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 171 p.

NEVES, F.S., SPERBER, C.F., CAMPOS, R.I. y SOARES, J. 2013. Contrasting effects of sampling scale on insect herbivores distribution in response to canopy structure. *Revista de Biología Tropical*. 61(1): 125-137.

OLIVA-MARTÍNEZ, M., RODRÍGUEZ-ROCHA, A., LUGO V., A y SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, M. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica*, 18 (1 Suplemento): 1-13

OROZCO, F. H. 1999. La biología del nitrógeno, conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. 1a Edición. Universidad Nacional de Colombia. Medellín

PARRA-H, A. y NATES-PARRA, G. 2007. Variación de la comunidad de abejas de las orquídeas (Hymenoptera: Apidae) en tres ambientes perturbados del piedemonte llanero colombiano. *Revista de Biología Tropical*. 55(3-4):931-941. [En línea] [Consultado el 4 de julio de 2013] URL: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442007000300017&lng=es&nrm=iso

PATRICK R. 1948. Factors affecting the distribution of diatoms. *Botanical Reviews*, 14. 473-524.

PEÑA S., PALACIOS P., Y OSPINA A. 2005. Algas como indicadoras de contaminación. Universidad del Valle. 164 páginas

PÉREZ, E. y OJASTI J. La utilización de la fauna silvestre en la América tropical y recomendaciones para su manejo sustentable en las sabanas. *Ecotropicos*

PINSON, W. WURLEY, P. MENCHER, E. FAIRBAIR, W. 1962. K/Ar and R/Sr ages of biotites from Colombia, South America. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 73 (7): 907-910.

PRINGLA C .M., y BLAKE G.A. 1994. Quantitative effects of atyid shrimp (Decapoda: Atyidae) on the depositional environment in a tropical stream: use of electricity for experimental exclusion, Ca. *J. Fish. Aquat. Sci.* (51): 1443-1450.

PROYECTO RADARGRAMETRICO DEL AMAZONAS. 1979. La Amazonía Colombiana y sus Recursos, Proyecto Radargramétrico del Amazonas. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Ministerio de Defensa y Centro Interamericano de Fotointerpretación con la colaboración del Gobierno de los Países Bajos.

PROYECTOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y AGROPECUARIA. Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de San Jose Del Guaviare (PGIRS). 2005

QUINTERO, I., OSORIO, P., CASTILLO, R. y HIGUERA M. 2007. Capítulo 4: Insectos. En: VILLAREAL-LEAL, H. y MALDONADO-OCAMPO J. (Comp.)2007. Caracterización biológica del parque natural El Tuparro. Secto Noroeste, Vichada, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia, 292p.

RAMÍREZ, D. 2011. Protocolo para conteo de perifiton y plancton de aguas continentales. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.

RAMÍREZ. A. y VIÑA G. 1998. Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Panamericana, Colombia. 293 pp

RAMÍREZ-RUIZ, M. A. 2009. Variación de la composición específica y abundancia de Cinofitas en estanques de camarón [Trabajo de grado de Maestría] Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz.

RESGUARDO INDÍGENA DE EL REFUGIO. 2005. Plan de vida indígena 2005-2020. [En línea] [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: http://www.observatorioetnicocecoin.org.co/files/PVI_ELREFUGIO.pdf

REYNOLDS, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press.

RIPPSTEIN G. ESCOBAR G. MOTTA F. 2001. Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. ISBN 958-694-033-0.

RIVERA R. C., ZAPATA A. M., PÉREZ D., MORALES Y., OVALLE H., y ALVAREZ J. P. 2010. Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (orinoquía, Colombia). Acta Biológica Colombiana. Abr 15(1): 145-166.

RODRÍGUEZ-BARRIOS J. 2006. Dinámica de la materia orgánica en la cabecera de una caño de montaña. Bogotá, Colombia. Documento de tesis para optar al título de Maestría en ciencias biológicas línea ecología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia.

RODRIGUEZ-BARRIOS J. y OSPINA-TORRES R. 2007. Retención de materia orgánica particulada gruesa en una caño de montaña tropical. Bogotá, Colombia. Acta biológica colombiana 12 (2): 33-46 pp.

RODRÍGUEZ-BARRIOS J., OSPINA-TORRES R., y TURIZO-CORREA R. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. Rev. Biol. Trop. 59 (4): 1537-1552. Pringle y Blake 1994

ROJAS P. 2001. Las Hormigas del Suelo en México: Diversidad, Distribución e Importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana*. Número Especial 1:189-238.

ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial Universidad de Antioquía. 2 Edición. 440 pp.

ROMERO, M. 2004. *Ecosistemas de La Cuenca Del Orinoco Colombiano*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

RUIZ, B., GUEVARA, R., MARIANO, N. y DIRZO, R. 2010. Insect herbivory declines with forest fragmentation and covaries with plant regeneration mode: evidence from a Mexican tropical rain forest. *Oikos* 119: 317-325

RUIZ-MONTOYA, L. y CASTRO-RAMÍREZ, A.E. 2005. Riqueza y distribución de grupos funcionales de insectos en parcelas de maíz en Los Altos de Chiapas. En: *Diversidad biológica en Chiapas* (Coord. M. González, Nepaltí Ramírez y Lorena Ruiz). Editorial Plaza y Valdés S.A. de C.V. México. p. 441

SABU, T.K.; SHIJU, R.T.; VINOD, K.V. y NITHYA, S. 2011. A comparison of the pitfall trap, Winkler extractor and Berlese funnel for sampling ground-dwelling arthropods in tropical montane cloud forests. *Journal of Insect Science*. 11: 28. Disponible en línea: insectscience.org/11.28

SACKMANN, P. 2006. Efectos de la variación temporal y los métodos de captura en la eficiencia de un muestreo de coleópteros en la Reserva Natural Loma del Medio, El Bolsón, Río Negro. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 65(3-4): 35-50. [Disponible en línea] URL: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802006000200007

SALCEDO, H. 2008. Caracterización de las comunidades fitoplanctónicas de los esteros Tres Moriches y El Bocachico, Maní – Casanare, Colombia. *Fundación Universitaria Internacional del Trópico – Unitrópico*. Yopal, Casanare, Colombia.

SÁNCHEZ-CRUZ, H., ARENAS-SALAZAR, G. ZULUAGA-ÁLVAREZ, D. y CHAMORRO, C. 1992. Estudio bioedafológico del área petrolera de Caño Limón (Arauca, Colombia). Trabajo de grado para obtener el título de Biólogos. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 222 p.

SANDGREN C. 1988. *Ecology and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge Univ. Press

SARMIENTO y PINILLOS. 2001. Patterns and processes in the flood plain of de Apure River. *Journal of Biogeography*, 28.

SARMIENTO, G., MONASTERIO, M. y SILVA, J. 1971. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales: I. Las unidades ecológicas regionales. *Acta Científica Venezolana*. 22: 52-61.

SILVA G. La cuenca del río Orinoco: visión hidrográfica y balance hídrico. *Revista Geográfica Venezolana*. 46 (1): 75-108; 2005.

SINGH, PANDE, JAIN. 2010. *Diversity os Microbes and Cryptogams*. Cuarta edición, Estados Unidos.

SMITH, J.; POTTS, S.; EGGLETON, P. 2009. Evaluating the efficiency of sampling methods in assessing soil macrofauna communities in arable systems. *European Journal of Soil Biology*. 44:271-276.

SOMBROEK, W. 2000. Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. *Acta Amazonica*. 30(1): 81-100.

STEINMAN, A. D. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. Pages 341-373 in R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, y R. L. Lowe, editors. *Algae Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, CA.

STORK, NE y TM BLACKBURN. 1993. Abundance, body size and biomass of arthropod in tropical forest. *Oikos* 67: 483-489

STORK, NE y TM BLACKBURN. 1993. Abundance, body size and biomass of arthropod in tropical forest. *Oikos* 67: 483-489

TINDALL, D., YOPP, J., SCHMID, W. y MILLER, D. 1977. Protein and amino acid composition of the obligate halophile *Aphanothece halophytica* (Cyanophyta). *Journal of Phycology* 13: 127-133

TORRES-RODRÍGUEZ, E., LOZANO-GARCÍA, S., FIGUEROA-RANGEL, B.L., ORTEGA-GUERRERO, B., y VÁZQUEZ-CASTRO, G. 2012. Cambio ambiental y respuestas de la vegetación de los últimos 17000 años en el centro de México: El registro del lago de Zirahuén: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 29, núm. 3, p. 764-778.

TRIPLEHORN, C.A. y JOHNSON, N.F. 2006. *Borror's introduction to the study of insects*. 7 Edición. Thompson Brooks. 864 p.

VALLADARES, F. VILLAGROSA, A. PEÑUELAS, J. OGAYA, R. CAMARERO, J. CORCUERA, L. SISÓ, S. GIL-PELEGRIN, E. Estrés hídrico: Ecofisiología y escalas de sequía. En: VALLADARES, F. 2004. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid.

VANNOTE, R. L., G. W. MINSHALL, K. W. CUMMINS, J. R. SEDELL, y C. E. CUSHING. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.

VARÓN, A. 2000. Saltamontes eumastácidos (Insecta: Orthoptera: Caelifera: Eumastacidae) de Colombia. *Biota Colombiana*. 1(3): 261-266

VÉLEZ, D. y PULIDO-BARRIOS, H. 2005. Observaciones sobre la estratificación vertical de abejas euglosinas (Apidae: Euglossini) en un bosque ripario de la Orinoquía colombiana. *Caldasia*. 27(2): 267-270.

VENDRAMINI, F. DIAZ, S. GURVICH, D. WILSON, P. THOMPSON, K. 2002. Leaf Traits as Indicators of Resource-Use Strategy in Floras with Succulent. *New Phytologist*, Vol. 154, No. 1. pp. 147-157.

VILLARREAL, H.; M. ÁLVAREZ; S. CÓRDOBA; F. ESCOBAR; G. FAGUA; F. GAST; H. MENDOZA; M. OSPINA y A.M. UMAÑA. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de diversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p. Disponible en línea. URL:

WEBSTER J. R., BENFIELD E. F., GOLLADAY S. W., HILL B. H., HORNICK L. E., KAZMIERCZAK R. F. y PERRY W. E. 1987. Experimental Studies of Physical Factors Affecting Seston Transport in Streams. *Limnol Ocean*. (32):848-863.

WILSON, P. THOMPSON, K. HODGSON, J. 1999. Specific Leaf Area and Leaf Dry Matter Content as Alternative Predictors of Plant. *New Phytologist*, Vol. 143, No. 1. pp. 155-162.

WWF. Los Invertebrados Amazónicos. [En línea] [Consultado el 04 de julio de 2013]URL: http://wwf.panda.org/es/donde_trabajamos/iniciativas_globales/Amazonía/acerca_de_la_Amazonía/vida_silvestre_amazonica/los_invertebrados_amazonicos/

ANEXO 1. Numeración dada a las familias de artrópodos representadas en el Análisis de Correspondencia Linealizado.

Código	Orden	Familia	Código	Orden	Familia	Código	Orden	Familia
1	Orthoptera	Acrididae	72	Diptera	Tachinidae	146	Diptera	Pantophthalmidae
2	Hymenoptera		73	Diptera	Tephritidae	148	Coleoptera	Phalacridae
3	Diptera	Agromyzidae	74	Thysanoptera	Thysanoptera	149	Hemiptera	Polycetenidae
4	Hemiptera	Aleyrodidae	75	Orthoptera	Tetrigidae	150	Psocodea	Psocidae
5	Hemiptera	Alydidae	76	Orthoptera	Tettigoniidae	151	Coleoptera	Ptilodactylidae
6	Hemiptera	Asilidae	77	Diptera	Therevidae	152	Hemiptera	Rhopalidae
7	Hemiptera	Berytidae	78	Hemiptera	Tingidae	153	Diptera	Sarcophagidae
8	Baltodea	Blattellidae	79	Diptera	Tipulidae	154	Neuroptera	Sialidae
9	Blatodea	Blattidae	80	Hymenoptera	Vespidae	155	Diptera	Stratiomyidae
10	Hymenoptera	Braconidae	81	Neuroptera	Ascalaphidae	157	Hymenoptera	Trichogrammatidae
11	Coleoptera	Brentidae	82	Coleoptera	Attelabidae	158	Coleoptera	Trogossitidae
12	Coleoptera	Bruchidae	83	Diptera	Axymyiidae	159	Hymenoptera	Sierolomorphidae
13	Coleoptera	Cantharidae	84	Diptera	Bibionidae	160	Lepidoptera	Arctiidae
14	Coleoptera	Carabidae	85	Coleoptera	Cerambycidae	161	Hymenoptera	Argidae
15	Diptera	Cecidomyiidae	86	Coleoptera	Coccinellidae	162	Coleoptera	Bostrichidae
16	Hemiptera	Cercopidae	87	Hymenoptera	Cynipidae	163	Diptera	Calliphoridae
17	Hymenoptera	Chalcidoidea	89	Psocodea	Epipsocidae	164	Diptera	Canacidae
18	Diptera	Chironomidae	90	Hymenoptera	Eulophidae	165	Coleoptera	Ceraphronidae
19	Coleoptera	Chrysomelidae	91	Orthoptera	Eumastacidae	166	Diptera	Chaoboridae
20	Hemiptera	Cicadellidae	92	Dermaptera	Forficulidae	167	Neuroptera	Chrysopidae
21	Coleoptera	Cicindelidae	93	Lepidoptera	Hesperiidae	168	Hemiptera	Cydnidae
22	Hemiptera	Cixiidae	94	Diptera	Lauxaniidae	169	Coleoptera	Dascillidae
23	Hymenoptera	Colletidae	95	Mantodea	Mantidae	170	Hemiptera	Delphacidae
24	Hemiptera	Coreidae	96	Diptera	Micropezidae	172	Coleoptera	Dryopidae
25	Diptera	Culicidae	97	Hemiptera	Miridae	173	Hymenoptera	Encyrtidae
26	Coleoptera	Cupedidae	98	Coleoptera	Mordellidae	174	Hymenoptera	Eucharitidae
27	Coleoptera	Curculionidae	99	Hymenoptera	Mymaridae	175	Hymenoptera	Evaniidae
28	Coleoptera	Curtonotidae	100	Coleoptera	Orthodaecidae	176	Coleoptera	Figitidae
29	Diptera	Dolichopodidae	101	Psocodea	Pachytroutidae	177	Coleoptera	Geotrupidae

30	Diptera	Drosophilidae	103	Diptera	Piophilidae	178	Trichoptera	Glossosomatidae
31	Coleoptera	Dytiscidae	104	Diptera	Platystomatidae	179	Coleoptera	Hydroscaphidae
32	Diptera	Empididae	105	Hemiptera	Reduviidae	181	Hymenoptera	Megachilidae
33	Diptera	Fanniidae	106	Diptera	Rhagionidae	182	Hymenoptera	Mutillidae
34	Hymenoptera	Formicidae	107	Diptera	Scatopsidae	183	Hemiptera	Nabidae
35	Hemiptera	Fulgoridae	108	Hymenoptera	Scelionidae	184	Coleoptera	Nosodendridae
36	Hemiptera	Gelastocoridae	109	Diptera	Sciomyzidae	185	Coleoptera	Phengodidae
37	Orthoptera	Gryllacrididae	111	Coleoptera	Noteridae	186	Hymenoptera	Platygastridae
38	Orthoptera	Gryllidae	112	Hemiptera	Vellidae	187	Coleoptera	Pseudocaeciliidae
39	Orthoptera	Gryllotalpidae	113	Hemiptera	Aphididae	188	Coleoptera	Ptiliidae
40	Coleoptera	Gyrinidae	114	Diptera	Chloropidae	189	Siphonaptera	Pulicidae
41	Coleoptera	Histeridae	115	Hemiptera	Colobathristidae	190	Lepidoptera	Pyalidae
42	Hymenoptera	Ichneumonidae	116	Diptera	Ephydriidae	191	Diptera	Simuliidae
43	Isoptera	Isopteridae	117	Hemiptera	Flatidae	192	Diptera	Sphaeroceridae
44	Coleoptera	Lampyridae	118	Hymenoptera	Halictidae	193	Diptera	Syringogastridae
45	Hemiptera	Largidae	119	Diptera	Pipunculidae	194	Hymenoptera	Tiphiidae
46	Hemiptera	Lyctocoridae	120	Diptera	Ulidiidae	195	Hymenoptera	Torymidae
47	Hemiptera	Lygaeidae	121	Coleoptera	Anobiidae	196	Diptera	Trichoceridae
48	Microcoryphia	Meinertellidae	122	Lepidoptera	Microlepidoptera	197	Hymenoptera	Trigonalidae
49	Hemiptera	Membracidae	123	Ephemeroptera	Baetidae	199	Hemiptera	Tropiduchidae
50	Diptera	Muscidae	124	Hemiptera	Bethylidae	200	Dermaptera	Labiidae
51	Diptera	Mycetophilidae	125	Ephemeroptera	Caenidae	201	Hymenoptera	Anthophoridae
52	Coleoptera	Nitidulidae	126	Coleoptera	Ceratocanthidae	202	Diptera	Asteiidae
53	Acari	Acari	127	Diptera	Ceratopogonidae	203	Trichoptera	Beraeidae
54	Coleoptera	Passalidae	128	Coleoptera	Chelonariidae	204	Trichoptera	Calamoceratidae
55	Hemiptera	Pentatomidae	129	Diptera	Conopidae	205	Diptera	Chamaemyiidae
56	Diptera	Phoridae	130	Hemiptera	Derbidae	206	Hymenoptera	Diapriidae
57	Collembola	Collembola	131	Coleoptera	Dryophthoridae	207	Hemiptera	Dictyopharidae
58	Hymenoptera	Pompilidae	132	Coleoptera	Elateridae	208	Lepidoptera	Geometridae
59	Orthoptera	Proscopiidae	133	Coleoptera	Erotylidae	209	Hemiptera	Mesoveliidae
60	Diptera	Psychodidae	134	Hymenoptera	Eupelmidae	210	Diptera	Milichiidae
61	Hymenoptera	Pteromalidae	135	Coleoptera	Hebrididae	211	Hemiptera	Psyllidae

62	Psocodea	Ptiloneuridae	136	Coleoptera	Hydrophilidae	212	Orthoptera	Pyrgomorphidae
63	Coleoptera	Scarabaeidae	137	Dermaptera	Labiduridae	213	Diptera	Richardiidae
64	Diptera	Scathophagidae	138	Coleoptera	Leiodidae	214	Hemiptera	Scutelleridae
65	Hemiptera	Schizopteridae	139	Ephemeroptera	Leptohyphidae	215	Orthoptera	Tridactylidae
66	Diptera	Sciaridae	140	Lepidoptera	Lycaenidae	216	Hemiptera	Anthocoridae
67	Hymenoptera	Apidae	141	Coleoptera	Lycidae	217	Diptera	Dixidae
68	Diptera	Sepsidae	142	Hemiptera	Notonectidae	218	Coleoptera	Laemophloeidae
69	Coleoptera	Staphylinidae	143	Lepidoptera	Nymphalidae	219	Araneae	Araneae
70	Diptera	Syrphidae	144	Coleoptera	Oedemeridae			
71	Diptera	Tabanidae	145	Diptera	Otitidae			

11. PROYECTOS LIBRES

INFLUENCIA DE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO SOBRE LA DENSIDAD DE INDIVIDUOS DE NOCUITO (*Vitex orinocensis*, VERBENACEAE) EN ESTADIO DE PLANTULA

RAFAEL HUMBERTO RAMÍREZ BASTIDAS¹

¹Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

RESUMEN

El estudio de variables edáficas en relación con la densidad de individuos de especies maderables es reducido y se centra en la propagación masiva de estos sin tener en cuenta parámetros específicos para las especies. Establecer qué relación existe entre la humedad del suelo y el desarrollo de plántulas del nocuito (*Vitex orinocensis*) corresponde al objetivo central de este estudio. De acuerdo a los resultados cualitativos y cuantitativos a partir de gráficas y correlación estadística (Spearman (Rs) se encuentra que la humedad está asociada de manera directa con la densidad de individuos del Nocuito. Sin embargo, existen otras variables que no se tuvieron en cuenta que pueden estar determinando el crecimiento y desarrollo de las plántulas de esta especie como puede ser la luminosidad y el espacio de crecimiento sin competidores fuertes especialmente para especies de crecimiento lento como las maderables.

Palabras clave: Nocuito, Verbenaceae, Humedad del suelo, luminosidad, Especies maderables.

INTRODUCCIÓN

El género *Vitex* pertenece a la familia Verbenaceae (Moldenke, 1955) contemplando cerca de 250 especies de árboles y arbustos distribuidos en la zona tropical y templada. Una de las especies que más presencia tiene en la región orinocense y amazonense es el Nocuito (*Vitex orinocensis*) (León, 2011), caracterizándose por ser arboles de aproximadamente 20 m de altura, tronco de 50 cm de diámetro y hojas opuestas palmeadamente compuestas con 3 folíolos desiguales de longitud entre 3-12 cm y un ancho de 1-4 cm; sus flores son hipóginas, perfectas y más o menos irregulares, con cáliz campanulado y corola con dos labios bien marcados (Moldenke, 1955; Thimann *et al*, 2011). La madera de esta especie ha presentado características de interés para la carpintería fina usándose en chapas, contrachapas, mangos para herramientas, artículos deportivos, instrumentos musicales (León, 2011). Adicionalmente se reporta información ecológica de interés respecto a su forraje por parte de abejas productoras de miel, siendo importante esta interacción para su reproducción (Thimann *et al*, 2011).

Las condiciones ambientales que requiere esta especie para propagarse naturalmente no se especifican, pero se reporta que es una especie nómada, lo que quiere decir que ocupa suelos en buenas condiciones de humedad y nutrientes, se establece luego de un tiempo de regeneración natural del bosque (Baldizán y Chacón, 2007).

Existen diferentes indicadores de la calidad del suelo que involucran características como textura, estructura y contenido de materia orgánica, así como el manejo del mismo. La densidad aparente del suelo es una medida altamente variable teniendo en cuenta la

cantidad o calidad del espacio poroso y afecta el crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la porosidad y resistencia del suelo sobre las raíces (Rubio, 2010). Por su parte, la capacidad del suelo de retener la humedad se denomina capacidad de campo y es el contenido de agua de un suelo después de que ha sido saturado con agua y se ha dejado drenar el exceso (Taiz y Zeiger, 2006); el conocer cómo se mueve el agua por el suelo y como las raíces absorben el agua necesaria son factores determinantes para el desarrollo y crecimiento vegetal.

Se pretende evaluar la influencia de la humedad del suelo sobre la densidad de individuos del Nocuito, a partir de muestras de suelo y conteo de individuos en cuadrantes; con el objetivo de conocer la respuesta de esta especie a indicadores de humedad del suelo (densidad aparente y capacidad de campo) como información de interés en posibles planes de propagación de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en parcelas de bosque inundable en sucesión pertenecientes a la Reserva Natural de la Sociedad Civil Playa Güío, ubicada en el municipio de San José del Guaviare en el departamento del Guaviare. Los cuadrantes de 9 m² (3 m x 3 m) se levantaron en zonas de bosque intervenido por asentamientos humanos principalmente para el uso de la tierra con fines agrícolas y abandonados para su recuperación (Figura 1). Se escogieron tres sitios de muestreo con tres cuadrantes en cada sitio, realizando un conteo de individuos y tomando dos muestras de suelo por cuadrante para su posterior análisis en el laboratorio.



Figura 1. Distribución espacial de los levantamientos. Sitio 1: Azul, Sitio 2: Verde, Sitio 3: Naranja. Campamento: Estrella

Las muestras de suelo se pesaron a capacidad de campo y se secaron en estufa durante 24 horas pesándose en seco después de este tiempo. La diferencia de peso nos permite conocer la capacidad de retención del agua por el suelo. Adicionalmente, con los valores de peso seco del suelo y el volumen tomado de este se calculó la densidad aparente del suelo para corroborar relaciones de interés en el trabajo.

Los resultados fueron analizados a través de una correlación no paramétrica de Spearman (Rs)

$$r_{s(xy)} = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)},$$

Con el objetivo de establecer la relación existente entre el número de individuos de Nocuito con variables del suelo como densidad aparente y su capacidad de campo (Ha) o si por el contrario no existe relación alguna entre estas variables (Ho). El procedimiento estadístico se llevó a cabo utilizando el programa PAST 2.17c.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los tres sitios a lo largo de la parcela sucesional, en cada uno de los tres cuadrantes por sitio son registrados en la tabla 1. Los valores más elevados para la densidad aparente y capacidad de campo se evidencian para un total de ocho individuos, muestreados en el cuadrante 2 del sitio 2.

Sitios	3 m x 3 m	No. Individuos	Densidad de Ind	Densidad aparente	Capacidad de campo (%)
Sitio 1	Cuadrante 1	0	0	1.157	63.677
	Cuadrante 2	0	0	0.837	68.661
	Cuadrante 3	0	0	0.964	74.166
Sitio 2	Cuadrante 1	7	0.7	1.341	83.153
	Cuadrante 2	8	0.8	1.528	93.394
	Cuadrante 3	9	1	1.178	75.108
Sitio 3	Cuadrante 1	10	1.1	1.460	89.091
	Cuadrante 2	11	1.2	1.266	80.510
	Cuadrante 3	15	1.6	1.419	86.538

Tabla 1. Número de individuos de Nocuito y su densidad por metro cuadrado en relación a la densidad aparente de suelo (g/ml) y capacidad de campo (%)

Las gráficas de relación de las variables y los valores obtenidos para la correlación de Spearman y Pearson para comprobar la presencia de una relación entre los valores del número de individuos con la densidad aparente del suelo y la capacidad de campo se observan en las Figuras 2 y 3.

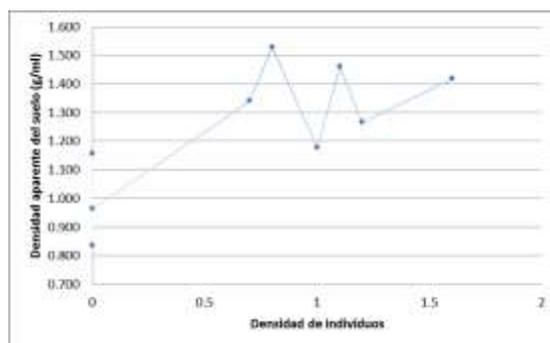


Figura 2. Densidad de ind. de *Vitex orinocensis* vs Densidad aparente del suelo

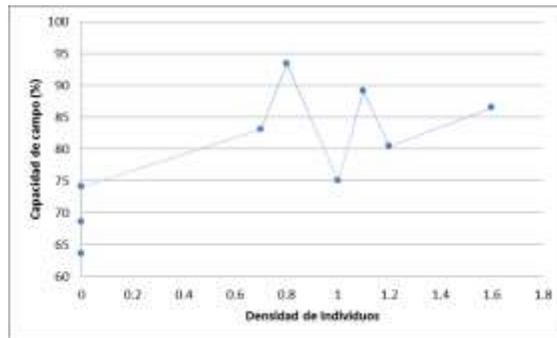


Figura 3. Densidad de individuos de *Vitex orinocensis* vs capacidad de campo del suelo

Se observa una tendencia de mayor densidad de individuos en zonas donde el suelo tiene una mayor humedad y tendencia lineal en las Figuras 2 y 3, mostrando que a medida que incrementa la densidad de individuos incrementa la densidad aparente del suelo y la capacidad de campo. Teniendo en cuenta los valores de correlación de Spearman se concluye que existe una asociación de tipo directo entre la densidad de individuos de Nocuito y la humedad del suelo (Tabla. 2); lo cual confirma la asociación de tipo lineal comentada en las gráficas; a pesar que la densidad aparente del suelo y la capacidad del campo son buenos indicadores de las características del suelo, existen otras variables a tener en cuenta como por ejemplo la luminosidad y espacio sin abundante competencia que permiten el establecimiento de plantas en el bosque, especialmente cuando hablamos de especies de crecimiento lento como las maderables (Pérez y Viera, 2008).

	Spearman (Rs)	p valor
Densidad de Ind y Densidad aparente (mg/l)	0,74141	0,02224
Densidad de Ind y Capacidad de campo (%)	0,71814	0,02931

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Spearman (Rs) para la relación entre la densidad de individuos de Nocuito y Humedad del Suelo

La hipótesis se ve favorecida por los resultados obtenidos y son importantes en el conocimiento de condiciones requeridas por ciertas especies para su propagación y enriquecimiento del bosque con especies nativas, ya que los esfuerzos se han centrado principalmente en una descripción diversidad florística de este ecosistema y su grado de devastación antropológica sin tener en cuenta posibles programas de manejo de recursos del bosque.

BIBLIOGRAFIA

BALDIZÁN, A. CHACÓN, E. 2007. Utilización del recurso bosque de los llanos centrales con rumiantes. Recursos agroalimentarios. Capítulo 1.

LEÓN, W. 2011. Estudio anatómico de la madera de cinco especies del género *Vitex* L. (Lamiaceae) en Venezuela. Revista Forestal Venezolana. Año XLV. Volumen 55 (2). Julio-Diciembre. Pp. 121-129.

MOLDENKE, H. 1955. Family 2: Verbenaceae. Flora of Trinidad and Tobago. Vol. II, Part VI, Pag. 383-417.

PEREZ, N. VIERA, R. 2008. Propagación vegetativa de la especie maderable: Bálsamo de Tolú (*Myroxilon balsamus*) mediante multiplicación in vitro. Trabajo como requisito para optar el título de Biólogo con énfasis en Biotecnología. Universidad de Sucre. Sincelejo.

RUBIO, A. 2010. La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural los Alcornocales. Proyecto fin de carrera. Ingeniería técnica agrícola. Universidad de Sevilla.

TAIZ, L. ZEIGER, E. 2006. Fisiología vegetal. Publicaciones de la Universidad Jaime I. Pp. 80-82.

THIMANN, R. 2011. Trees bees use: *Vitex orinocensis*. En: Bees for Development. Bees for Development Journal. Pag. 15. Venezuela.

RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE PLÁNTULAS Y JUVENILES DE LA PALMA *Euterpe precatoria* (ARECACEAE) Y LA DISTANCIA A LA CUAL SE ENCUENTRAN DE LA PALMA PARENTAL EN UN BOSQUE DE LLANURA ALUVIAL, GUAVIARE, COLOMBIA.

Relationship Between the Density of Seedlings and Juveniles of the Palm *Euterpe Precatoria* (Arecaceae) and the Distance from the Parental Palm in an Alluvial Plain Forest, Guaviare, Colombia.

DAVID ESTEBAN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ¹,
GURIWUN TORRES ZALABATA

¹Departamento de Biología, Universidad
Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

RESUMEN

Se estudio la relación entre la densidad de plántulas y juveniles de la palma *Euterpe precatoria* y la distancia a la cual se encontraban de la palma parental en un bosque de llanura aluvial del Guaviare (Colombia), con el objetivo de describir la “sombra de semilla” de la especie. Con el análisis de datos obtenidos se observa que existe una fuerte correlación negativa entre la densidad de plántulas y la distancia (Spearman $r=-0.898$) mientras que hay una correlación positiva entre la densidad de juveniles y la distancia (Spearman $r= 0.720$). Los resultados obtenidos se pueden ajustar al modelo Janzen-Connell, el cual postula que la densidad de semillas o plántulas disminuye con la distancia a la cual se encuentra del parental mientras que la probabilidad de supervivencia aumenta con la distancia.

Palabras clave: *Euterpe precatoria*, plántula, juvenil, palma parental, modelo Janzen-Conell.

ABSTRACT

The relationship between the density of seedlings and juveniles of the palm *Euterpe precatoira* and the distance from the parental was made in an alluvial plain forest in Guaviare (Colombia), aiming to assess the specie’s “seed shadow”. The data shown that there is a strong negative correlation between the seedlings density and the distance (Spearman $r=-0.898$) meanwhile there is a positive correlation between the juveniles density and the density (Spearman $r= 0.720$). These results adjust to de Janzen-Connell model which postulates that the density of seeds or seedlings lessens with distance and the probability of surviving increases with distance.

Keywords: *Euterpe precatoria*, dispersion, seedlings, juveniles, parental, Janzen-Connell model.

INTRODUCCIÓN

La distribución espacial de las semillas a lo largo de la planta parental es conocida como “sombra de semilla” (Janzen, 1971). Este término es usualmente usado en referencia a la distribución de las semillas alrededor del parental aunque también puede ser usado para

referirse a la distribución de semillas alrededor de una fuente compuesta de múltiples parentales. Si las semillas caen directamente debajo del dosel del parental, la separación física difícilmente constituye dispersión real, pero deben ser tomadas en cuenta como parte de la sombra de semilla con el propósito de poder hacer comparaciones (Willson y Traveset, 2000).

Para describir la “sombra de semilla” se deben usar dos factores: la relación entre el número de semillas o densidad con la distancia a partir de la fuente (Willson y Traveset, 2000). Convencionalmente la relación número de semillas/distancia se describe como leptocúrtica, que se caracteriza por tener un pico más alto y una cola más larga que una distribución normal. Del pico hacia afuera, el número de semillas se considera que decrece monótonicamente, ajustándose a una curva exponencial negativa como se puede observar en la Figura 1. (Okube y Levin, 1989).

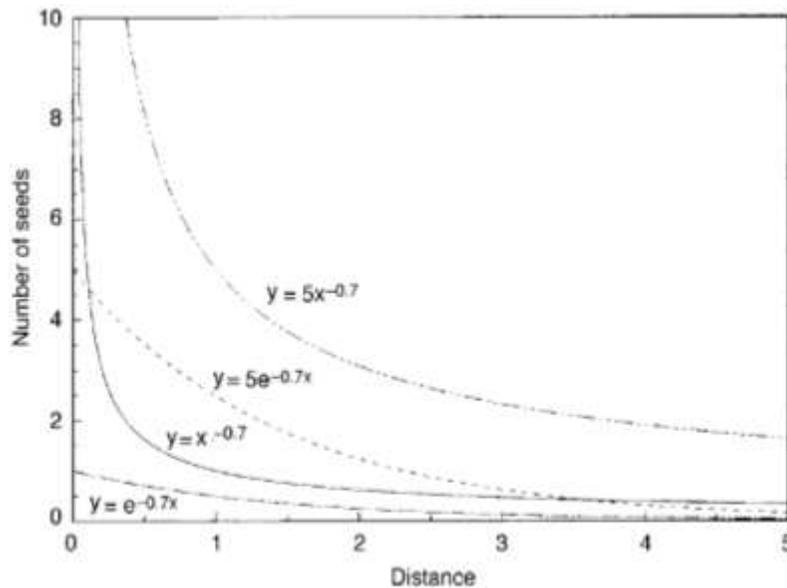


Figura 2. Curvas idealizadas usadas comúnmente para describir la distribución de semillas con el aumento de la distancia a partir de la fuente. (Okube y Levin, 1989)

Las variaciones a las formas convencionales de la sombra de semilla pueden producirse por la fragmentación de la estructura de hábitat y otros factores ecológicos, incluyendo los patrones comportamentales de los dispersores. Muchos factores pueden alterar la ubicación del pico así como la pendiente y la forma de la cola de la sombra de semillas. Algunos factores pueden ser estrictamente medioambientales y por lo tanto están fuera del control de la planta (v.g. la fuerza y la dirección del viento, los comportamientos sociales de los agentes dispersores, los patrones de lluvias e inundaciones). Sin embargo, otros componentes son controlados tanto por factores medioambientales como por la constitución genética de la planta parental y el porcentaje en el cual cada uno de esos factores incide depende en la especie como en las circunstancias (v.g. tamaño del fruto, altura del parental, tamaño de la semilla, facilidad de la dehiscencia o abscisión) (Willson y Traveset, 2000).

La palma neotropical *Euterpe precatoria* (Arecaceae) está distribuida desde Belice hasta Bolivia. En la región amazónica crece comúnmente a lo largo de las márgenes de los ríos en bosques que se inundan periódicamente. Es una palma solitaria del subdosel que rara vez se encuentra agrupada o cespitosa (Henderson *et al.*, 1995). Esta especie posee

inflorescencias protandrias que son principalmente polinizadas por escarabajos y abejas. Su periodo de floración dura desde octubre hasta marzo con un gran pico desde la segunda mitad de diciembre hasta comienzos de febrero por lo que la cosecha de frutos inicia aproximadamente hacia mediados de marzo (Küchmeister *et al.*, 1997).

La dispersión de las semillas está dada principalmente por aves (Ramphastidae, Cracidae, Cotingidae, Trogonidae y Psittacidae) aunque su ausencia no afecta negativamente en la mayoría de los casos a las poblaciones de aves (Galetti y Aleixo, 1998). *E. precatória* tiene un óptimo de crecimiento con niveles intermedios de luz (25-50%) y por ende se puede beneficiar de ciertos grados de disturbio en el bosque. (Poorter, 1999)

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un bosque de vega de la reserva Playa Güío a treinta minutos del municipio de San José del Guaviare, departamento del Guaviare. Para los muestreos se buscó un bosque maduro poco intervenido aunque esperamos cierto grado de disturbio debido a su cercanía con zonas agrícolas. Allí se buscaron palmas en su estado adulto y se seleccionó la especie para el estudio identificada como *Euterpe precatória*. La palma fue seleccionada debido a la mayor abundancia presentada en la zona, además por ser una planta que se encuentra solitaria en el bosque y no forma conglomerados (Henderson *et al.*, 1995). Debido a la época del año encontramos gran cantidad de plántulas y juveniles que permitieron hacer la estimación de la dispersión de la palma con suficientes datos (Küchmeister *et al.*, 1997).

Se buscaron adultos aislados de otros para poder realizar el conteo de las plántulas y los juveniles pertenecientes a un solo adulto. Para garantizar que las plántulas y los juveniles si pertenecían al parental y reducir la probabilidad de que muestrear plántulas de otros individuos, se midió la distancia en metros entre una palma adulta y las otras más cercanas y se promedió la distancia máxima entre ellas. Este procedimiento se repitió para 5 palmas dando como resultado un valor de 14 metros promedio entre palma y palma. Con este valor se determinó el largo de los transectos al dividir esa distancia a la mitad. Se hicieron 4 transectos de 7 metros de largo con 2 metros de ancho, a 90° uno del otro alrededor de la palma para diez palmas diferentes y separadas entre sí. Dentro de los transectos se realizaron conteos de plántulas (altura máxima de 60 cm) y juveniles (altura máxima de 2.5 metros)

Para el análisis e ilustración de los datos se utilizó el programa Sigma Plot, con el que se graficaron histogramas que mostraran la densidad de plántulas y juveniles según la distancia al parental y se realizó una prueba de correlación de Spearman para relacionar la densidad y la distancia de individuos en estado plántula y juvenil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lo primero que muestran los resultados es que existe una relación mayor entre el número de plántulas y el número de juveniles (un poco más de 9:2) lo que indica que existen factores que limitan las posibilidades de que las plántulas logren pasar al estado juvenil. En la figura 2 se observa que existe además, una diferencia con respecto a la densidad de cada grupo de individuos (plántulas y juveniles) y su relación con la distancia. A primera vista se observa que existe una gran concentración de plántulas a entre un rango

de 0 a 2 metros (el 67,2% del total de individuos encontrados) mientras que la mayor cantidad de juveniles se encuentran por fuera de ese rango, entre 2 y 7 metros (el 89.5% del total de individuos encontrados).

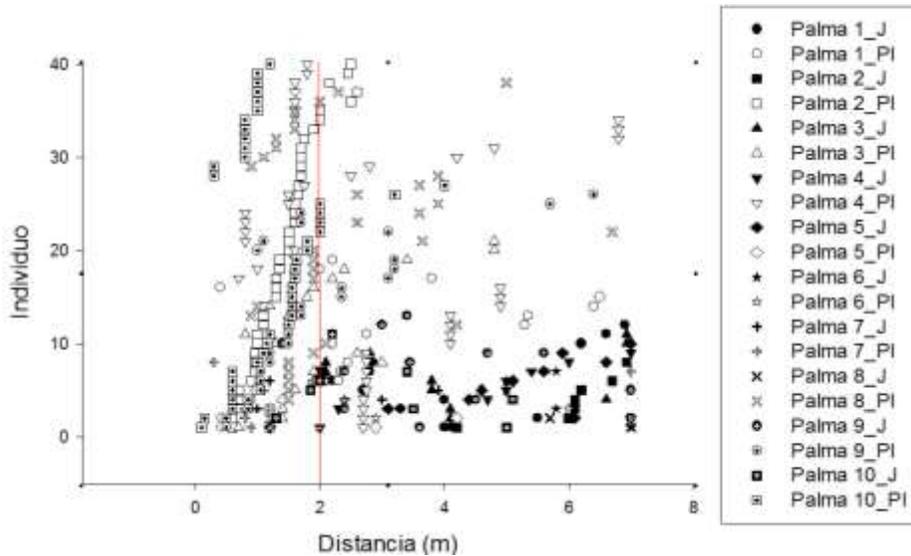


Figura 3. Distribución de los individuos discriminados según el estadio (J=Juvenil, PI= Plántula) y la distancia a la que se encuentran del parental

En la figura 3 y 4 se representan la densidad de plántulas y juveniles con respecto a la distancia a la que se encuentran del parental. El valor de correlación de Spearman para la densidad de plántulas y la distancia del parental es de $r = -0.898$. Este valor confirma que cuanto más lejos del individuo parental, menor es la cantidad de plántulas que se logran establecer.

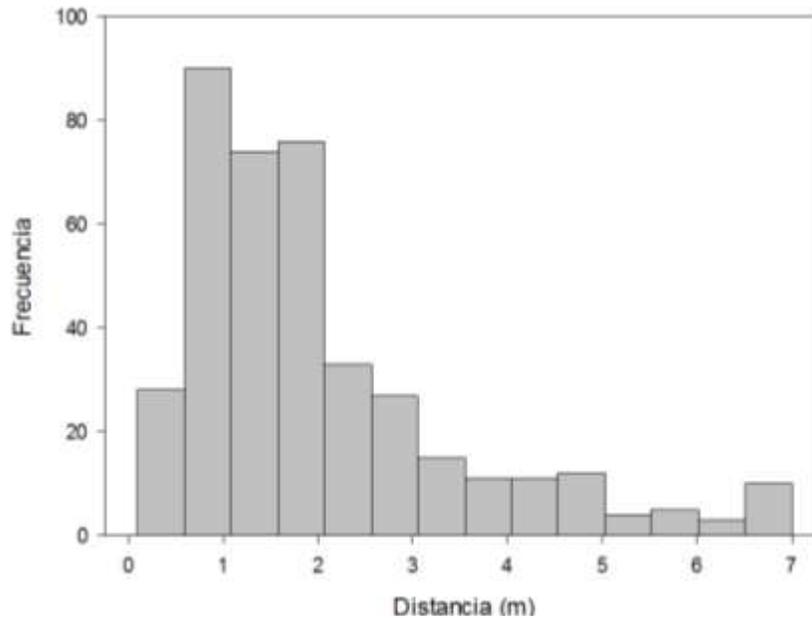


Figura 4. Densidad de plántulas según la distancia de la palma parental

El valor de correlación de Spearman para la densidad de juveniles y la distancia del parental que es de $r = 0.720$, confirma que existe mayor cantidad de juveniles cuanto más nos lejos se está del parental.

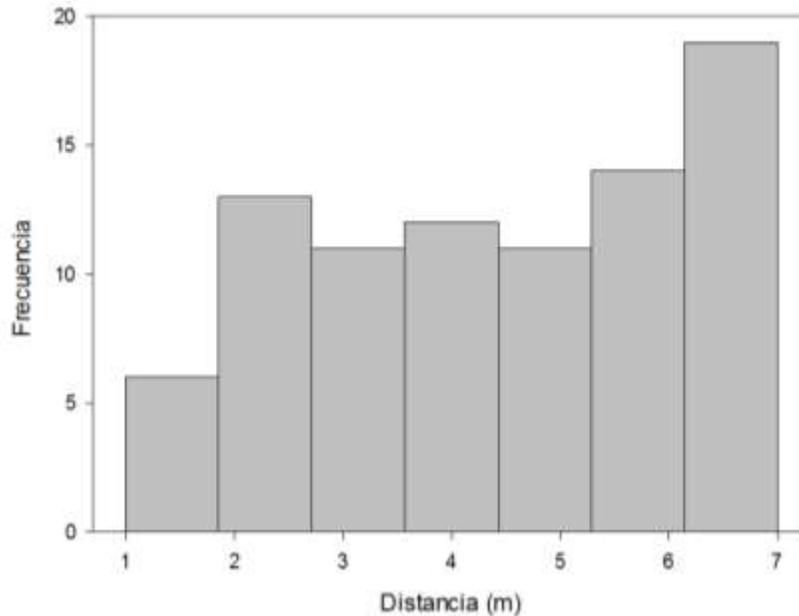


Figura 5. Densidad de Juveniles según la distancia de la palma parental

Estudios de dispersión de semillas evidencian un declive en la densidad con respecto a la distancia de la planta parental (Nathan y Casagrandi, 2004). Existen varios modelos que intentan explicar el mantenimiento de la alta diversidad de especies arbóreas en los bosques tropicales basándose en la dispersión de las semillas. El modelo Janzen-Connell postula que la densidad de semillas o plántulas disminuye con la distancia a la cual se encuentra del parental (Burkey, 1994). Este modelo propone que la diversidad de especies, la baja densidad de cada especie y que la distribución regular de adultos sea mayor a la esperada, son fuertemente el producto de dos procesos comunes a la mayoría de los bosques: 1) el número de semillas de una especie dada en un punto del bosque usualmente declina con la distancia a la cual se encuentra del árbol parental y 2) el árbol adulto y sus semillas y plántulas son una fuente de alimento para muchos parásitos y depredadores específicos (Janzen, 1970)

Existen dos grupos de depredadores de semillas y plántulas que afectan la dispersión de las semillas cerca de los parentales: los depredadores que dependen de la distancia y los depredadores que dependen de la densidad. Los depredadores que dependen de la distancia son comúnmente parásitos en los adultos, pero depredadores en los juveniles y en las plántulas. La probabilidad de que una plántula o juvenil sea atacado por un depredador dependiente de la distancia es principalmente en función de la distancia de este individuo con otro (Janzen, 1970).

La figura 5 resume la hipótesis en un modelo gráfico simple. Con el aumento de la distancia del parental, el número de semillas por unidad de área (I) declina rápidamente, pero la probabilidad (P) de que una semilla o plántula que haya sido dispersada no sea atacada por un depredador específico, es decir logre alcanzar un estadio de desarrollo superior, aumenta con la distancia. El producto de las curvas I y P conlleva a una curva de

reclutamiento poblacional (PRC) con un pico a la distancia del parental donde un nuevo adulto tiene la mayor probabilidad de aparecer.

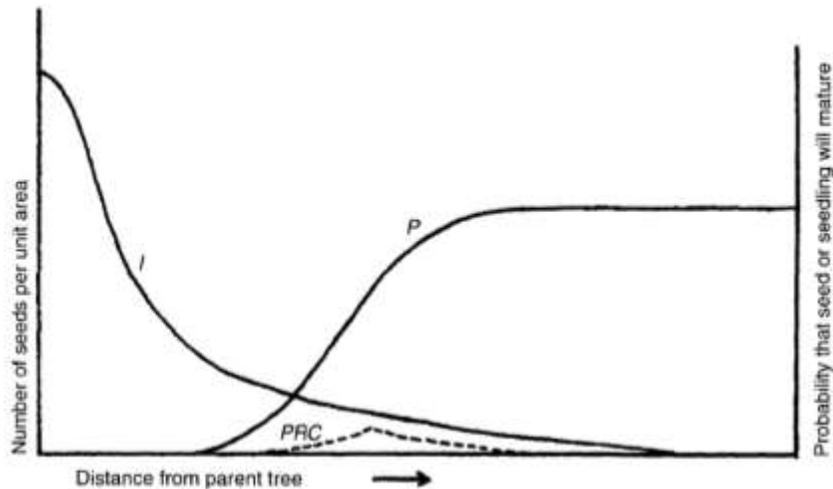


Figura 6. Modelo de la probabilidad de maduración de una semilla o plántula en un determinado punto en función de la distancia del parental (Janzen, 1970)

Los resultados obtenidos se pueden ajustar al modelo Janzen-Connell. Si se transpolan los datos obtenidos en la figura 3 y 4 se puede observar la gran similitud que existe con el modelo sintetizado en la figura 5. En este, la curva I tiene la misma forma que, tiene la relación entre distancia y densidad de plántulas en la figura 3, es decir, cuanto más lejos del parental, menor es la densidad de plántulas que existe. El estadio juvenil representa el éxito de una semilla que sobrevivió a un estadio más tardío. Si se observa la figura 4, existe una correlación positiva entre la densidad de juveniles y la distancia del parental, es decir, que la probabilidad de supervivencia de un individuo aumenta con la distancia tal como lo indica la curva P en la figura 5.

Existen por lo menos tres buenas razones por las cuales se ve favorecida la dispersión de semillas (Willson y Traveset, 2000): 1) algunos enemigos naturales de semillas o plántulas responden a la densidad o a la distancia del parental. Patógenos, depredadores de semillas, parásitos y herbívoros frecuentemente concentran sus actividades donde los recursos son comunes por lo que plántulas pueden sobrevivir mejor cuanto más lejos se encuentren de su parental. 2) Las semillas y plántulas de cualquier parental están genéticamente relacionadas, por lo que están sujetas potencialmente a la competencia interespecífica así como a aumentar la probabilidad de entrecruzamiento lo que afecta la diversidad genética y, finalmente 3) algunas especies tienen requerimientos físicos para la germinación y establecimiento que solo se encuentran en sitios muy específicos dentro del ecosistema. La dispersión puede aumentar la probabilidad de que al menos alguna parte de la descendencia encuentre el tipo de locación adecuada para su desarrollo.

Si la dispersión de la descendencia aumenta el fitness del parental, es decir, la posibilidad de que su descendencia sobreviva, se esperaría que la dispersión favorezca la supervivencia y reproducción de los descendientes comparativamente con los que no son dispersados, ya sea porque evitan condiciones adversas cerca del parental o porque encuentran mejores condiciones lejos de él.

Muy poca información existe, tanto de los trópicos como de zonas templadas, para comparar las sombras de semilla generada por diferentes modos de dispersión en diferentes especies (Willson y Traveset, 2000). Por esto se deben realizar estudios posteriores, en el caso de *E. precatória*, para lograr comprender qué tipo de factores son aquellos que principalmente determinan la forma en la que se dispersan sus semillas (sombra de semilla) y de esta forma poder contrastar y robustecer los modelos de existentes de dispersión.

BIBLIOGRAFÍA

AVALOS, G. OTÁLORA, M. Allometry and stilt root structure of the neotropical palm *Euterpe precatória* (Araceae) across sites and successional stages. *American Journal of Botany*. 2010; 97(3): 388-397.

BURKEY, T. Tropical tree species diversity: a test of the Janzen-Connell model. *Oecologia* 97: 1994; 533-540.

GALETTI, M. ALEIXO, A. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. *Journal of Applied Ecology*. 1998; 35 286 – 293 .

HENDERSON, A. GALEANO, G. BERNAL, R. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 1995.

JANZEN, D.H. Herbivores and the number of trees species in tropical forests. *American Naturalist*, 1970; 104: 501-528.

JANZEN, D.H. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1971; 2: 465–492.

KÜCHMEISTER , H. Silberbauer-Gottsberger I. Gottsberger G. Flowering, pollination, nectar standing crop, and nectaries of *Euterpe precatória* (Arecaceae), an Amazonian rain forest palm. *Plant Systematics and Evolution*. 1997; 206: 71 – 97 .

NATHAN, R. CASAGRANDE, R. A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and Beyond. *Journal of Ecology*. 2004; 92 (5): 733-746.

OKUBE, A. LEVIN, S.A. A theoretical framework for data analysis of wind dispersal of seeds and pollen. *Ecology* 70: 1989; 329–338.

POORTER , L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: The relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* 13: 1999; 396 – 410.

WILLSON, M. TRAVESET, A. The ecology of seed dispersal. En: Fenner, M. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. London: CABI Publishing; 2000. p. 85-109.

EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS EN RELACIÓN A LA HOJARASCA Y A LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE VEGA DEL RÍO GUAVIARE (COLOMBIA-GUAVIARE)

Evaluation of beetles (Coleoptera) diversity in relation to litter and structure of Guaviare river vega forest (Colombia- Guaviare)

GINA JAZBLEIDY DIAZ RODRÍGUEZ¹;
EDIAN ANDRES HERRERA TEQUIA²

*¹Estudiante de Biología- Universidad Nacional de Colombia- Bogotá, Colombia. gjdiazr@unal.edu.co

*² Estudiante de Biología- Universidad Nacional de Colombia- Bogotá, Colombia. eaherrerat@unal.edu.co

RESUMEN

La sucesión ecológica es un proceso en el que las condiciones microclimáticas varían con la cobertura vegetal, lo que genera mayor diversidad de hábitats y que influye en la mayor diversidad de especies. En este trabajo se evaluó el comportamiento de la riqueza de familias de coleópteros en cuatro etapas serales de bosque de la vega del río Guaviare, con la cantidad de hojarasca, el número de estratos y la altura máxima. Para la captura de los insectos se utilizaron trampas pitfall y jameos como métodos de captura (con Cinco réplicas por cada etapa seral). Se determinó un total de 835 individuos, pertenecientes a 31 familias. No fue posible establecer con certeza cuál es la correlación existente entre los insectos del suelo y la cantidad de hojarasca, por lo que son necesarios más muestreos para dilucidar esta relación. En cuanto a los insectos del follaje se encontró una correlación negativa altamente significativa entre la riqueza con la altura máxima y el número de estratos del bosque. Este análisis estadístico se realizó utilizando el programa Past.

Palabras clave: sucesión ecológica, coleóptera, etapa seral, Bosque de Vega.

ABSTRACT

Ecological succession is a process in which microclimatic conditions vary with plant coverage, generating greater diversity of habitats which influences the greatest diversity of species, in this study we evaluated the behavior of the rich families of beetles in four stages forest seral in the Guaviare river plain, with characteristics of these such as the amount of litter, the number of strata and the maximum height; to catch insects and jameos were used as pitfall trapping methods (with five replicates for each seral stage). In total we identified a total of 835 individuals of 31 families. As a result it was found that it was not possible to determine with certainty what is the correlation between soil insects and the amount of litter; more sampling is needed to elucidate this relationship. As foliage insects found a highly significant negative correlation between wealth with the maximum height and the number of layers of the forest this statistical analysis was performed using the Past program. Of the rich families of beetles in four stages forest seral the Guaviare river plain, we identified a total of 835 individuals belonging to 31 families. As a result it was found that it was not possible to determine with certainty what is the correlation between soil insects and the amount of litter so, more sampling is needed to elucidate this relationship. As foliage insects found a highly significant negative correlation between

wealth with the maximum height and the number of layers of the forest this statistical analysis was performed using the Past program.

Keywords: ecological succession, Coleoptera, seral, Bosque de Vega.

INTRODUCCIÓN

La sucesión es un proceso ecológico mediado por la cobertura vegetal, en la que los factores bióticos y abióticos incrementan la diversidad de los ecosistemas. El aumento de la diversidad se ve reflejada en mayores y mejores recursos y microhábitats, lo que promueve la diversidad de insectos durante la sucesión (Barberena y Aide, 2003). Además, la diversidad y la productividad de las plantas influyen directamente en el litter, y, como consecuencia, las etapas serales finales tiene una mayor diversidad del litter. (Lawrence, 1996; Pfeiffer, 1996; Sharma y Ambasht, 1987).

Durante la sucesión, insectos de la hojarasca participan en la descomposición y por lo tanto influyen en la tasa de liberación de nutrientes al suelo (Swift *et al.*, 1979). Por ejemplo, los insectos detritívoros rompen grandes trozos de hojas, y producen una superficie mayor para la colonización de hongos y bacterias; tales microorganismos aceleran la descomposición de la hojarasca y aumentan la tasa de liberación de nutrientes a la tierra, al igual que su disponibilidad para las plantas (Cadish y Giller 1997) (Barberena-Arias y Aide. 2003).

Los escarabajos constituyen el orden más grande y diverso de la vida en la Tierra. Este orden conforma un grupo de 360.000 especies en todo el mundo distribuidas, a su vez, en 160 familias taxonómicas (Amat *et al.* 2005- Arnett y Thomas 2001). Los escarabajos ocupan casi todos los hábitats concebibles a excepción de los puramente marinos (Arnett y Thomas, 2001), se alimentan de todo tipo de materiales de plantas y animales. Muchos son fitófagos, depredadores o frugívoros, mientras que otros son carroñeros y muy pocos son parásitos. Algunos son de hábitos subterráneos, y muchos son acuáticos o semiacuáticos, y unos pocos viven como comensales en los nidos de insectos sociales o mamíferos. Algunas de las especies de fitófagos se alimentan del follaje, y otros se clavan en la madera o frutas o viven como minadores de hojas. Otros atacan raíces, y algunos se alimentan de partes de las flores o el polen. Cualquier parte de una planta puede ser el alimento de algún tipo de escarabajo (Triplehorn y Johnson, 2005), En la última década, los escarabajos han sido útiles en estudios de biología de la conservación debido a su fragilidad a las perturbaciones y a sus ciclos cortos de vida que permiten llevar a cabo programas de monitoreo a corto plazo (Rodríguez *et al.*, 2011). Su alta abundancia y diversidad ecológica ofrecen información sobre cambios en riqueza de especies y composición de grupos locales, convirtiéndolo en uno de los grupos más utilizados como indicador biológico (Méndez *et al.*, 2012). Con este trabajo se buscó identificar cómo varía la riqueza de coleópteros en diferentes etapas serales del bosque de vega del río Guaviare, en relación a variables medidas en estas etapas tales como la cantidad de hojarasca, el número de estratos y la altura máxima del bosque. Se busca dar respuesta a las siguientes hipótesis planteadas inicialmente: 1) La heterogeneidad espacial de la vegetación varía verticalmente, de acuerdo con el tiempo de regeneración del bosque, por lo que la riqueza de familias de Coleóptera varía en cada etapa seral; 2) La riqueza de Coleópteros del suelo está relacionada con la cantidad de hojarasca y 3) La riqueza de Coleópteros está relacionada con la cantidad de estratos y la altura máxima de la vegetación.

MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de San José del Guaviare, en la vereda playa Güío, entre los días 29 de abril y 1 de mayo del año 2013. En este lugar se identificaron cuatro etapas serales de bosque de vega asociado al río Guaviare: un bosque maduro sin intervención antrópica, un bosque de 20 años, uno de 14 y uno de 2 años. Los coleópteros se capturaron mediante el uso de dos trampas; la primera fue la Pitfall, de las cuales se instalaron cinco trampas en un transecto con atún descompuesto como atrayente en cada etapa seral. Se activaron en las horas de la mañana y se retiraron el día siguiente (24 horas de funcionamiento), esta trampa estaba orientada a capturar insectos asociados a la hojarasca. La segunda trampa fue la red entomológica (jama), con esta trampa se realizaron cinco transectos de 100 pases dobles cada uno, en cada etapa seral.

En cada bosque se realizó una cuantificación de la altura máxima de la vegetación por medio de un clinómetro convencional y la estratificación vertical (número de estratos) de cada etapa; también se recolectaron dos réplicas de 50 cm² de hojarasca las cuales se guardaron en alcohol al 70% para detener su descomposición en campo y para su posterior secado por cuatro días a 70°C en el horno del laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. La determinación taxonómica se realizó en la ciudad de Bogotá mediante la utilización de las claves especializadas de Triplehorn y Johnson (2005) y los dos volúmenes de *American Beetles* (Arnett y Thomas, 2001). Se compilaron los datos obtenidos en tablas agrupando las familias y las cinco réplicas de cada bosque en un solo valor total (ver Anexos). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Past, usando el coeficiente de correlación de Spearman, el cual varía entre -1 y 1, donde 0 es la no existencia de correlación, 1 correlación positiva y -1 negativa. También se observó el valor de la probabilidad de que la correlación no exista según la tabla de correlación de Past.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se determinaron 835 individuos, pertenecientes a 31 familias de coleópteros, de los cuales 159 individuos de 13 familias (la más abundante fue Staphylinidae) se capturaron en las trampas Pitfall (Anexo 1). Los Staphylinidos constituyeron el 36% de los individuos colectados en las trampas Pitfall, lo cual se debe a que la mayoría de las subfamilias de esta familia habitan la hojarasca, alimentándose de materia orgánica en descomposición, aunque muchos son depredadores (Navarrete *et al.*, 2002).

Los restantes 676 individuos (de 26 familias, siendo la más abundante Chrysomelidae con 495 individuos) se capturaron por medio de los jameos (Anexo 2). El número de individuos colectados de Chrysomelidae corresponde al 73% de los atrapados con este método. Por tratarse de una familia en donde sus miembros se alimentan de follaje, son por lo general muy frecuentes en este tipo de capturas. La mayoría de las especies de esta familia son bastante específicas en sus preferencias de plantas de alimento, por ser monófagos o más comúnmente oligófagos, y consumir algunas plantas muy específicas, patrones muy frecuentes en todo el mundo (Arnett *et al.*, 2002). En el Anexo 1 se pueden observar el patrón de abundancia de esta familia en cada etapa seral.

La Figura 1 muestra el análisis de similaridad Bray-Curtis de las familias capturadas con jameos. Se observa el 56% de similitud relacionando el bosque de 20 y 14 años, que a su vez presenta el 32% de similitud con el bosque de 2 años. El bosque maduro presenta

la menor similitud con las demás etapas; posiblemente, los bosques de 14 y 20 años presentan condiciones microclimáticas y estructurales (número de estratos) similares y son los bosques temporalmente más cercanos (6 años de diferencia).

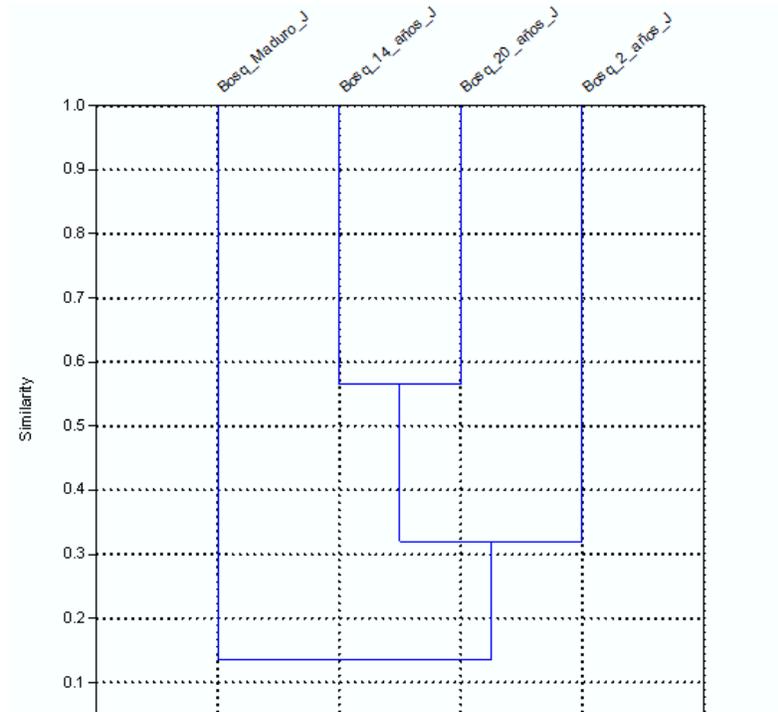


Figura 1. Análisis de similitud Bray-Curtis, de las familias de coleópteros capturados en jameos en las diferentes etapas serales del bosque de vega del río Guaviare.

En la Figura 2 se observa la tendencia de la riqueza (entendida como número de familias) a descender a medida que aumenta la cantidad de hojarasca, con el paso de etapas jóvenes a maduras del bosque. En la Tabla 1 se observan los índices de diversidad obtenidos de las familias capturadas por medio de la trampa pitfall y los resultados de la correlación de *Spearman's rs* con la cantidad de hojarasca. Se obtuvo un coeficiente de correlación de -0,6, con un P (uncorr) de 0,5 (Tabla 2), con lo que básicamente es posible determinar que no existe en este caso, una correlación negativa, ya que el P (uncorr) es mayor a 0.05. Trabajos como los de Garcia y Pardo (2004) y Méndez *et al.* (2012), han encontrado que para la familia Scarabaeidae y Staphylinidae, la riqueza disminuye en las áreas de menor regeneración. Esto se relaciona con que la vegetación aumenta a mayor madurez ecosistémica y con ello cambian las condiciones microclimáticas y la cantidad de hojarasca (Barberena y Aide, 2003). Para poder establecer la correlación existente es necesario aumentar el número de bosques muestreados, ya que solo cuatro sitios son muy pocos datos de riqueza para el análisis de correlación de *Spearman's rs*.

Índice\Etapa Seral	Bosque 2 años	Bosque 14 años	Bosque 20 años	Bosque Maduro
Número de Familias	8	8	9	7
Individuos	35	43	59	22
Dominancia de Simpon	0.242	0.367	0.200	0.243
Diversidad de Shannon	1.677	1.458	1.783	1.603
Equitabilidad de Pielou	0.8066	0.7014	0.8115	0.8239
Hojarasca g/50 cm ²	121.555	179.725	162.59	229.7

Tabla 1. Índices de diversidad de insectos capturados en Pitfall y cantidad de hojarasca recolectada (peso seco) en las etapas serales.

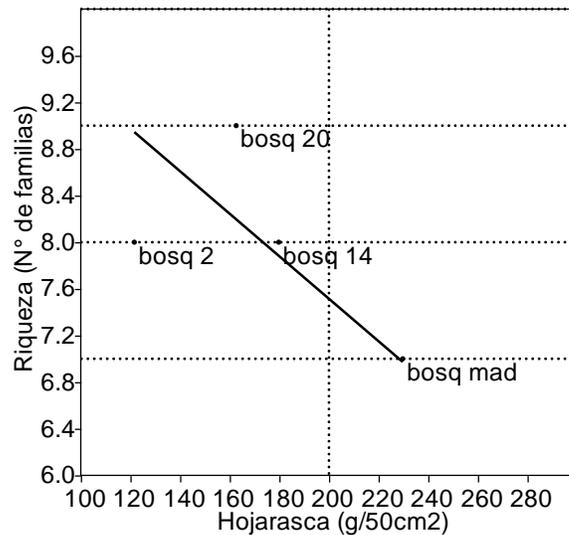


Figura 2. Tendencia de la riqueza (Nº familias) respecto a la cantidad hojarasca recolectada.

	Hojarasca	P (uncorr)
Hojarasca	0	0.5
Coefficiente de correlación	-0.63246	0

Tabla 2. Correlación entre el Número de Familias capturadas en Pitfall y Cantidad de Hojarasca g/50 cm².

El incremento de la heterogeneidad espacial del hábitat vertical (número de estratos y altura máxima) conlleva un cambio asociado de características microclimáticas. Este gradiente ambiental debería imponer a su vez un incremento de la diversidad, o al menos

de la abundancia y/o la riqueza de organismos dependientes de la fisionomía de la vegetación (Naranjo y Chacon, 1997).

En la tabla 3 se observan los índices de diversidad de las diferentes etapas serales con las familias capturadas en los jameos. La mayor riqueza se presenta en el bosque de dos años (14 familias) y la menor en el bosque maduro (10 familias). La tendencia es a reducirse el número de familias a medida que el bosque se aproxima a su clímax. En la Figura 4 se observa la tendencia de la riqueza, entendida como número de familias a descender a medida que aumenta el número de estratos de la vegetación, con el paso de etapas jóvenes a maduras del bosque. Se realizó una correlación de *Spearman's rs*, entre el número de estratos y la riqueza (número de familias), se obtuvo un coeficiente de correlación de -0,95 y P (uncorr) 0,16 (mayor a 0,05), (Tabla 5) del valor elevado P se puede concluir que los datos no se encuentran correlacionados negativamente.

índice \ Etapa seral	Bosque 2 Años	Bosque 14 Años	Bosque 20 Años	Bosque Maduro
Número de Familias	15	14	11	10
Individuos	444	82	134	16
Dominancia de Simpson	0.684	0.2534	0.4774	0.1563
Diversidad de Shannon	0.7526	1.819	1.197	2.096
Equitatividad de Pielou	0.2779	0.6894	0.4992	0.9104
Número de estratos	2	3	3	5
Altura Máxima	5.8	17.75	31.5	38.75

Tabla 3. Índices de diversidad de coleópteros capturados con jama y variables medidas en las etapas serales (N° estratos y altura máxima).

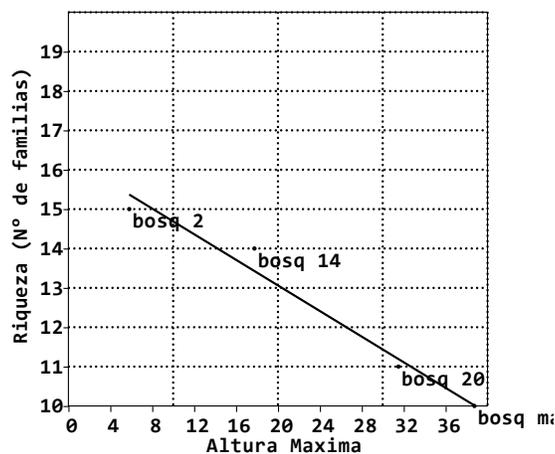


Figura 3. Relación entre la riqueza (Nº familias) y la altura máxima de la vegetación.

	Altura Máxima	P (uncorr)
Altura Máxima	0	0,0833
Coefficiente de Correlación	-1	0

Tabla 4. Correlación entre el Número de Familias y la Altura Máxima del bosque.

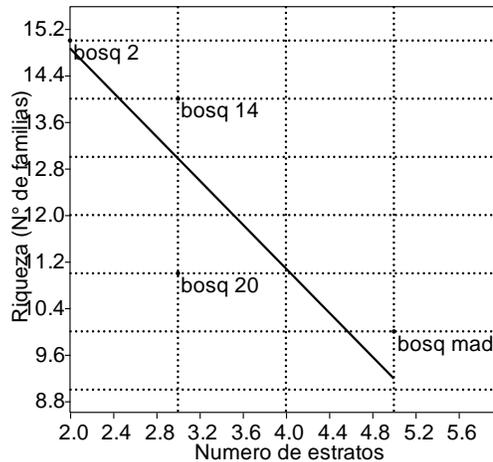


Figura 4. Relación entre la riqueza (Nº familias) y el número de estratos de la vegetación.

	Número de estratos	P (uncorr)
Número de estratos	0	0,16667
Coefficiente de Correlación	-0,94868	0

Tabla 5. Correlación entre el Número de Familias y el Número de Estratos del bosque.

En la Figura 3 se observa la tendencia de la riqueza de familias a descender a medida que aumenta la altura máxima de la vegetación, con el paso de etapas del bosque jóvenes a maduras. De la misma manera se realizó otra correlación de *Spearman's rs*, entre la riqueza y la altura máxima alcanzada por la vegetación de la etapa seral, de esta correlación se obtuvo un coeficiente de -1 y un P (uncorr) 0,083 (mayor a 0.05) (Tabla 4); aunque el coeficiente presenta correlación máxima negativa el p valor es alto, lo cual descarta la correlación, por lo que se puede concluir que la riqueza de Coleópteros no disminuye con el aumento de la estratificación y el incremento de la altura del bosque.

Este comportamiento de la riqueza también fue observado por Paquin (2008), quien encontró una mayor riqueza de especies de coleópteros carábidos en parcelas de sucesión temprana que en parcelas sucesión tardía, en bosques de abetos después de sometidos a incendios forestales. Estudios similares mostraron que la riqueza de especies de escarabajos son mayores en los bosques de sucesión temprana después de períodos

de perturbaciones no naturales (por ejemplo, la tala, las plantaciones) (Niemela *et al.*, 1998; Butterfield, 1997; Heliola *et al.*, 2001). Otros estudios han analizado la riqueza y diversidad de coleópteros en zonas perturbadas, semi-perturbadas y conservadas, y se observa que la riqueza de familias de coleópteros disminuye con la conservación de la zona, siendo menor en las zonas mejor conservadas (Sánchez *et al* 2012); sin embargo, ninguno de estos trabajos buscó encontrar la correlación existente entre la riqueza y el número de estratos o la altura máxima del bosque.

Al analizar los índices de diversidad, es evidente que con la reducción de la riqueza, aumenta la diversidad, debido a que la equitabilidad y la uniformidad aumentan, mientras la dominancia disminuye. A lo largo de la sucesión dejan de dominar unas pocas familias y se distribuyen mejor las abundancias en la comunidad (Figura 5). Por ejemplo en el bosque de 2 años Chrysomelidae constituye el 77 % de la abundancia de individuos, mientras que en el bosque maduro su abundancia se reduce al 13 %; este comportamiento se observa también aunque menos marcado, con otras familias como Ptilodactylidae (Figura 6).

La enorme dominancia de Crisomélidos se debe a que en las etapas tempranas del disturbio son los insectos fitófagos los que responden directamente a éste. Debido a que son consumidores primarios se ven afectados por el efecto del fuego sobre las plantas, y a que en las primeras etapas posteriores al disturbio las especies vegetales pioneras presentan una alta tasa de crecimiento. De acuerdo a la hipótesis de especialización de nichos luminosos, la poca heterogeneidad luminosa a nivel espacial de la etapas serales iniciales, ocasiona que ciertos taxones dominen la comunidad vegetal (Guariguata y Osterteg, 2002). Esto puede generar que los Crisomélidos (fitófagos) aumenten también su dominancia en la comunidad (Ford y Mcpherson 1996), por lo que dependen primariamente de las plantas.

Los diferentes miembros de la cadena trófica aparecen un poco después en la sucesión. Para el presente caso se evidenció que paralelo a la reducción de los Crisomélidos, ocasionada posiblemente por la reducción de la succulencia de las hojas con la sucesión ya que en etapas serales temprano la tasa de caída de la hojarasca es alta lo que implica un recambio constante de la hojas (Guariguata y Osterteg, 2002), se encuentra la reducción de familias como Carabidae (depredadores) y el aumento de Curculionidae (fitófagos), estos últimos posiblemente relacionados con el aumento en la producción de semillas del bosque en etapas tardías (Donoso *et al* 1993). Cuando se pasa a etapas serales más maduras la producción de semillas, frutos, flores, materia en descomposición y hongos aumentan. En consecuencia la oferta de recursos se incrementa, y esto contribuye al incremento de familias poco abundantes en las primeras etapas. También se restablecen las redes tróficas, con lo que los regímenes de disturbio disminuyen, las abundancias se homogenizan en la comunidad y la diversidad aumenta. La pérdida de familias se debe al cambio de las condiciones micro climáticas y al recambio de especies vegetales que conlleva el proceso de sucesión.

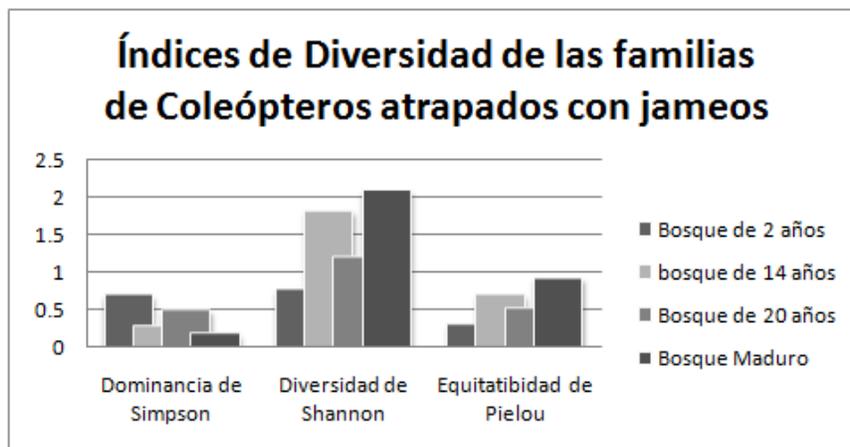


Figura 5. Índices de diversidad de las familias de coleópteros atrapados con jameos en cada etapa seral

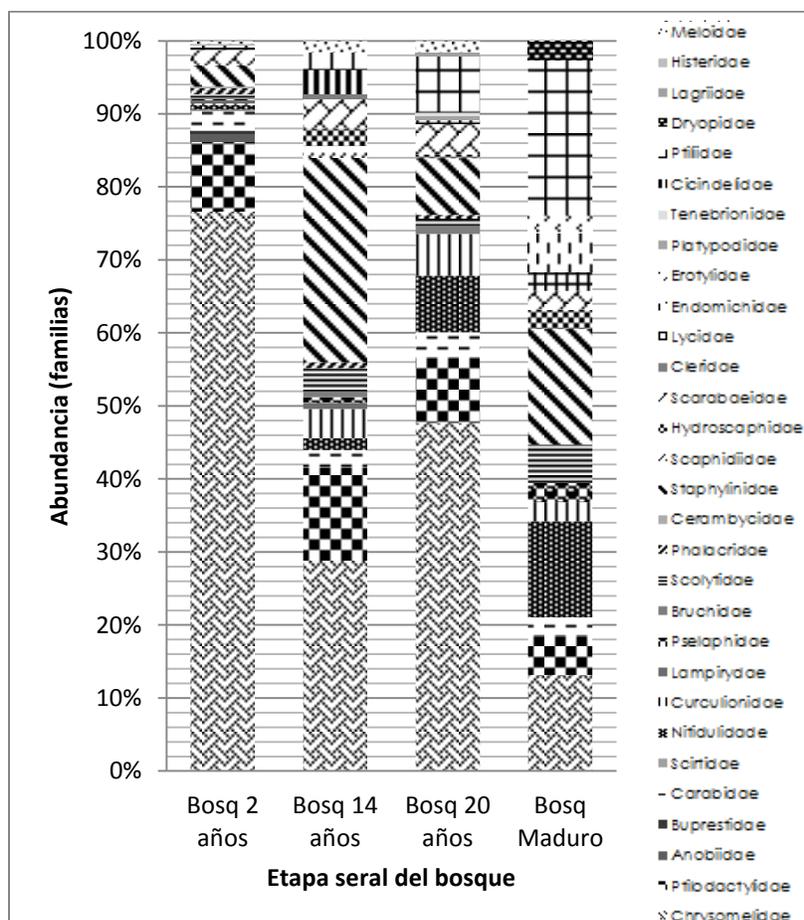


Figura 6. Abundancias por de Familias por etapa seral de bosque de vega en San José del Guaviare.

Como se observa en la Figura 5, la familia predominante es Chrysomelidae, la cual aparece en los cuatro bosques con la siguiente composición: 2 años- 367 individuos, 14 años- 36, 20 años-92 y finalmente bosque maduro con 5 individuos, con lo cual se

observa una disminución en la abundancia para esta familia en particular; éste es el comportamiento general para todas las familias.

Se puede concluir que el número de familias de coleópteros varía con cada etapa seral; los mayores valores se presentan en las etapas iniciales y disminuyen al acercarse al bosque maduro. Sin embargo, son necesarios más estudios orientados a dilucidar la relación existente entre los Coleópteros del suelo y la cantidad de hojarasca, ya que en el presente estudio no se pudo determinar dicha relación. La familia del follaje más abundante en la etapas serales iniciales es Chrysomelidae. Esto se debe a que por su hábito fitófago, domina en la primeras etapas serales. No existe una correlación negativa entre la disminución de la riqueza y el aumento del número de estratos y la altura del bosque. La diversidad de coleópteros aumenta con la estratificación y con la altura máxima del bosque, aun cuando la riqueza disminuye, porque las abundancias en las etapas serales tardías se distribuyen más homogéneamente. Debido a que el muestreo se realizó únicamente en cuatro bosques, los p-valor no permiten que los resultados de las correlaciones sean confiables, por lo que se hace necesario aumentar tanto los sitios muestrales como la intensidad del muestreo, para que sea posible implementar el análisis de nuevas pruebas estadísticas.

BIBLIOGRAFIA

ARNETT R., THOMAS M. Volume 2. American beetles. Archostemata, Myxophaga, Adephaga, polyphaga: Staphyliniformia. Washington, D.C. United States of America. 2001.

ARNETT R., THOMAS M., SKELLEY P. Volume 1. American beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. Washington, D.C. United States of America. 2002.

BARBERENA M., AIDE T., Species Diversity and Trophic Composition of Litter Insects During Plant Secondary Succession. Caribbean Journal of Science, Vol. 39, No. 2, 161–169. 2003.

BUTTERFIELD J. Carabid community succession during the forestry cycle in conifer plantations. *Ecography* 20:614-625. 1997.

CADISH G., GILLER K. Driven by nature. Plant litter quality and decomposition. First Edition. CAB International, Wallingford, 673 pp. 1997.

DONOSO C., HERNÁNDEZ M., NAVARRO C. Valores de producción de semillas y hojarasca de diferentes especies del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de Valdivia obtenidos durante un período de 10 años. 1993. *BOSQUE* 14(2): 65-84.

FORD, P., MCPHERSON G. Ecology of fire in shortgrass prairie of the Southern Great Plains. (pp. 20-39). In: Finch, D. M. (Ed.). Ecosystem disturbance at wildlife conservation in western grasslands, A symposium proceedings. General Technical Report RM-GTR-285. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountains Forest and Range Experiment Station, United States of America. 1996.

GRIMBACHER P. How do beetle assemblages respond to cyclonic disturbance of a fragmented tropical rainforest landscape? *TERRESTRIAL INVERTEBRATE ECOLOGY - ORIGINAL PAPER*. 2009. *Oecologia* DOI 10.1007/s00442-009-1399-5.

GUARIGUATA R., KATTAN G. Ecología de bisques neotropicales. Cartago. Costa Rica. 2002. HELIOLA J., KOIVULA M. AND NIEMELA J. Distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone. Conservation Biology 15: 370-377. 2001.

LAWRENCE, W.T. Plants: the food base. In D. P. Reagan and R. B. Waide (Eds.), The food web of a tropical rain forest, pp. 17-51. The University of Chicago Press, Chicago. 1996.

MÉNDEZ D., LÓPEZ M., GARCÍA R. Diversidad de escarabajos (Coleoptera, Staphylinidae) en bosques altoandinos restaurados de los Andes centrales de Colombia, Revista Colombiana de Entomología. 2012; 38 (1): 141-147.

NARANJO L., CHACÓN P. Diversidad de insectos y aves insectívoras de soto bosque en habitats perturbados de selva lluviosa tropical. 1997. Caldasia Vol. 19, No. 3

NARANJO, L; CHACÓN, P. DIVERSIDAD DE INSECTOS Y AVES INSECTÍVORAS DE SOTOBOSQUE EN HÁBITATS PERTURBADOS DE SELVA LLUVIOSA TROPICAL. 1997. Caldasia Vol. 19, No. 3: 507-520.

NAVARRETE J., NEWTON F., THAYER M., ASHE J., CHANDLER D. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Universidad de Guadalajara. Juarez, Mexico. 2002.

NIEMELA J., HAILA Y., HALME E., LAHTI T., PAJUNEN T. AND PUNTTILA P. The distribution of carabid beetles in fragments of old coniferous taiga and adjacent managed forest. 1988. Annales Zoologici Fennici 25:107-119.

Paquin, P. Carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in the black spruce succession of eastern Canada. 2008. Biological Conservation 141:261-275.

PARDO G. ESCARABAJOS SCARABAEINAE SAPRÓFAGOS (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EN UN BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO DE LOS ANDES OCCIDENTALES COLOMBIANOS 2004. Ecología Aplicada, 3(1,2).

PFEIFFER W. Litter invertebrates. In D.P. Reagan and R.B. Waide (Eds.), The food web of a tropical rain forest, pp. 137-181. The University of Chicago. Press, Chicago. 1996.

SÁNCHEZ U., MALDONADO S., GONZÁLEZ E., RODRÍGUEZ I., HERNÁNDEZ L., BARRIENTOS K. Efecto del disturbio en la vegetación sobre la composición de Coleoptera en un fragmento de matorral de Victoria, Tamaulipas, México. 2012. Dugesiana 19(2): 49-56

SHARMA E., AMBASHT R. Litterfall, decomposition and nutrient release in an age sequence of *Alnus nepalensis* plantation stands in the Eastern Himalaya. J. 1987. Ecol. 75:1011-1021.

SWIFT M., HEAL O., ANDERSON J. Decomposition in terrestrial ecosystems. First Edition. University of Chicago Press, Berkeley and Los Angeles, 509 pp. 1979.

ANEXOS

	Bosque 2 años Pitfall	Bosque 14 años Pitfall	Bosque 20 años Pitfall	Bosque Maduro Pitfall
Chrysomelidae	3	0	2	0
Nitidulidae	2	2	13	5
Ptiliidae	3	3	15	8
Scolytidae	1	4	2	1
Curculionidae	0	1	0	0
Pselaphidae	0	0	0	1
Staphylinidae	13	25	15	5
Hydroscaphidae	0	2	1	1
Lagriidae	0	0	1	0
Histeridae	1	0	0	0
xxx	2	2	2	0
Dryopidae	0	0	0	1
Scarabaeidae	10	4	8	0
Bruchidae	0	0	0	0
Phalacridae	0	0	0	0
Cerambycidae	0	0	0	0
Ptilodactylidae	0	0	0	0
Anobiidae	0	0	0	0
Buprestidae	0	0	0	0
Carabidae	0	0	0	0
Scirtidae	0	0	0	0
Cleridae	0	0	0	0
Lycidae	0	0	0	0
Endomichidae	0	0	0	0
Erotylidae	0	0	0	0
Platypodidae	0	0	0	0
Tenebrionidae	0	0	0	0
Cicindelidae	0	0	0	0
Scaphidiidae	0	0	0	0

Total de individuos capturados = 159

Anexo 1. Tabla de las familias y abundancias de los Coleópteros por bosque capturados en pitfall.

Familia\Etapa Seral	Bosque 2 años Jameo	Bosque 14 años Jameo	Bosque 20 años Jameo	Bosque Maduro Jameo
Chrysomelidae	364	36	90	5
Ptilodactylidae	46	16	17	2
Anobiidae	5	0	0	0
Buprestidae	2	0	0	0
Carabidae	13	3	7	1
Scirtidae	1	0	0	0
Nitidulidae	1	0	2	0
Curculionidae	1	4	11	1
Lampyridae	2	1	0	0
Pselaphidae	1	1	0	0
Bruchidae	1	1	2	0
Scolytidae	1	0	0	1
Phalacridae	4	1	1	0
Cerambycidae	1	0	0	0
Staphylinidae	1	10	0	1
Scaphidiidae	0	2	0	0
Hydroscaphidae	0	1	0	0
Scarabaeidae	0	1	0	1
Cleridae	0	1	0	0
Lycidae	0	0	1	1
Endomichidae	0	0	0	2
Erotylidae	0	0	0	1
Platypodidae	0	0	1	0
Tenebrionidae	0	0	1	0
Cicindelidae	0	4	0	0
Meloidae	0	0	1	0
Total de individuos	444	82	134	16

Total de individuos capturados = 676

Anexo 2. Tabla de las familias y abundancias de los Coleópteros por bosque capturados en jameos.

RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA, NECROMASA Y PENDIENTE EN *Andropogon virgatus* cf. (POACEAE) DE LA SERRANÍA LA LINDOSA, GUAVIARE

Relationship between biomass, necromass and slope in *Andropogon virgatus* cf. (Poaceae) of Serranía La Lindosa, Guaviare

LILIANA PAOLA CÁRDENAS¹
LUISA FERNANDA LIÉVANO LATORRE²

¹ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. lpcardenasm@unal.edu.co

² Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. lflievanol@unal.edu.co

RESUMEN

La Serranía La Lindosa es una formación con características únicas, que permiten el desarrollo de ecosistemas como la Sabana Casmófito, la cual ha sido poco estudiada. Se sabe que dos factores importantes dentro del ecosistema son la biomasa y la necromasa, producto de la producción primaria; asimismo, la pendiente influye en la radiación incidente y en la disponibilidad de agua, y por tanto, en la composición florística del ecosistema. Debido a lo anterior, se estudió la relación entre estas tres variables, tomando como modelo a *Andropogon virgatus* (Poaceae). Para esto, se realizó una correlación de Spearman y una regresión. Se encontró que la biomasa y la necromasa se encuentran relacionadas. Al aplicar una prueba de Kruskal-Wallis, agrupando los datos en cuatro grupos de pendientes, se encuentra que hay diferencias significativas entre el grupo de mayor y menor pendiente, en cuanto a la media de biomasa, lo cual puede indicar que en esta especie hay mayor biomasa en sitios con menor pendiente. La quema reciente de la sabana pudo afectar los resultados. Se concluye que la pendiente puede ser una variable secundaria, que podría estar afectando indirectamente la cantidad de biomasa. Es necesario evaluar el efecto de otras variables que pueden explicar mejor este fenómeno.

Palabras clave: *A. virgatus*, biomasa, necromasa, pendiente, Sabana Casmófito.

ABSTRACT

Serranía La Lindosa is a formation with unique characteristics, which allow the development of ecosystems like the savanna "casmófito", which had been poorly studied. It is known that two important factors within ecosystem are the biomass and the necromass, product of primary production. Also, the slope affects the incident radiation and the water availability, and then, the floristic composition of the ecosystem. Because of this, the relationship between its variables was studied, taken *Andropogon virgatus* (Poaceae) like model. For that, a Spearman correlation and a regression test were realized, finding that the biomass and necromass was related. When Kruskal-Wallis test were applied in four

groups of slopes, and this show that there are significant differences between the group of major and minor slope, regarding to the mean of biomass; which can indicate that, in this specie, exist a major biomass in places with minor slope. The recent burning, could affect the results. In conclusion, the slope can be a secondary variable, that would can affect indirectly the mount of biomass; although, is necessary to test the effect of other variables that can explain better this phenomenon.

Key words: *A. virgatus*, biomass, necromass, slope, Savanna “casmófito”.

INTRODUCCIÓN

El departamento del Guaviare se encuentra ubicado en la Amazonía colombiana; cuenta tanto con elementos orinocenses como amazonenses y por tanto posee una alta diversidad biótica; así mismo alberga diferentes etnias indígenas, poblaciones afrocolombianas y colonos de otras partes del país (Gobernación de Guaviare, 2012).

En el Municipio de San José de Guaviare se encuentra la Serranía de La Lindosa, una formación rocosa de características paisajísticas y biológicas únicas y poco estudiadas (Cárdenas-López *et al.*, 2008). Pertenece a la provincia biogeográfica de la Guayana con los distritos selvas norte del Guaviare y Ariari – Guayabero (Hernández-Camacho, en Halffer, 1992).

Las formaciones rocosas de la Serranía La Lindosa pertenecen a la formación Araracuara, de origen Paleozoico. Está constituida principalmente por cuarzoarenitas. Las plantas que crecen sobre estas rocas poseen adaptaciones a suelos superficiales, con bajo contenido de nutrientes, a fuertes vientos y al déficit hídrico. Esto evita el crecimiento de vegetación exuberante, por lo cual predomina una vegetación característica de sabana, con la familia Poaceae como un componente importante (Cárdenas-López *et al.*, 2008). Las sabanas tropicales son ecosistemas dominados por gramíneas perennes que se encuentran en las planicies de los llanos del Orinoco (Colombia y Venezuela) y en Brasil (Sarmiento, 1996). En cuanto a la composición florística de La Lindosa, existen 311 especies agrupadas en 222 géneros 100 familias, dentro de las que destacan: Melastomataceae (20 especies) Poaceae (18 especies) Rubiaceae (15 especies) y Bromeliaceae (10 especies) (Cárdenas-López *et al.*, 2008).

El género *Andropogon* (L) cuenta con cerca de 100 especies descritas las cuales presentan una distribución tropical en ecosistemas mesofíticos o xerofíticos, comunes en sabanas tropicales de tierras altas. Son hierbas anuales o perennes, con hojas anchas o delgadas, pero todas con venación transversal no visible; flores hermafroditas dispuestas en una panícula (Watson y Dallwitz, 1992). En cuanto a *Andropogon virgatus* (Desv.), es un pasto que se distribuye desde México hasta Argentina y se encuentra en lugares pantanosos. Antes estaba denominado como *Hypogynium virgatus* (Trópicos, 2009).

La biomasa está definida como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía (DRAE), que suele emplearse como un indicador de la productividad primaria del ecosistema, mediante el peso seco de las plantas (Flórez *et al.*, 2008). Los detritos vegetales o necromasa se definen como la materia orgánica que reposa en la superficie del suelo y los árboles muertos en pie (Francis, 1951; Stevenson y Elliot, 1989; Álvarez, 1993, citados por Herrera, 2002).

Generalmente es una materia en estado fresco y con bajo estado de descomposición (MacDicken, 1997, citado por Herrera, 2002).

Chao *et al.* (2009) encontraron que en la cuenca amazónica existe un gradiente en la necromasa que se relaciona con la biomasa aérea, la mortalidad y la densidad de la madera (Baker *et al.*, 2004; Malhi *et al.* 2006, citados por Araujo-Murakami *et al.*, 2011).

Por último, la pendiente es un factor físico importante en el ecosistema porque influye en la distribución de la radiación incidente y en la disponibilidad de agua, por tanto, la composición florística y las adaptaciones de la vegetación varían en áreas topográficamente diversas (Holland y Steyn, 1975). En las sabanas del norte de Sudamérica, la textura, profundidad, estructura, topografía y pendiente del suelo controlan el drenaje y capacidad de almacenamiento de agua del suelo (Silva y Sarmiento, 1976, citados por Medina y Silva, 1990).

Dada la diversidad biótica y topográfica que se presenta en la Serranía La Lindosa y a la escasa información disponible sobre ésta, se busca establecer en el presente trabajo, la relación entre la acumulación de biomasa y necromasa y la pendiente de la Sabana Casmófita de La Lindosa, para determinar si la pendiente es un factor influyente dentro de este ecosistema.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El área de estudio se ubicó en la Sabana Casmófita de la Serranía La Lindosa, municipio de San José del Guaviare, Guaviare Colombia, en el sitio denominado “Ciudad de Piedra” (Figura 1) con coordenadas 2°28' y 72°42' y una altura que oscilaba entre 400 y 500 msnm. La zona presenta un clima tropical lluvioso, con una temperatura promedio de 26°C y con régimen de precipitación monomodal, con época lluviosa entre marzo y octubre (Cárdenas-López, *et al.*, 2008). El muestreo se realizó el 25 de abril de 2013, durante la época lluviosa.



Figura 1. Zona de estudio. Tomado y modificado de Municipio San José del Guaviare, 2012; Google Earth, 2012.

Toma de muestras y análisis de datos

Para la toma de muestras se realizaron diez transectos de diez metros de largo cada uno, ubicados al azar en el área de estudio. Los transectos son una forma rápida de evaluar la vegetación y ofrecen la ventaja de capturar la heterogeneidad de un sitio; la longitud de diez metros permite trabajar con plantas herbáceas y matorrales (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se escoge para el muestreo la planta *Andropogon virgatus* cf.

(Poaceae), la cual fue colectada en tres puntos del transecto, a los cuales se les tomó la pendiente con la ayuda de un clinómetro convencional. Adicionalmente, se tomó una muestra botánica para su posterior determinación. Las muestras fueron rotuladas y llevadas al laboratorio de campo, en donde se realizó la separación y pesaje de la necromasa y la biomasa, se conservaron con etanol 70% y se empacaron para su transporte hasta el Laboratorio de Ecología del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, donde se dejaron en horno de secado durante una semana. Posteriormente se midió el peso seco de la biomasa y de la necromasa y se registraron los datos para su posterior análisis. La planta fue determinada mediante consulta bibliográfica (Cárdenas-López *et al.*, 2008) y consulta a expertos. La muestra botánica se encuentra depositada en el Herbario Nacional Colombiano (COL).

Para el análisis de datos se realizó una correlación de Spearman, una regresión multivariada y una prueba Kruskal-Wallis; para ello se utilizó el Software libre PAST 2.17® y el programa Microsoft Excel 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Individuo	Biomasa (g)	Necromasa (g)	Pendiente (°)
T1P1	0,76	0,56	3
T1P2	0,76	0,92	0,5
T1P3	0,89	0,51	1
T2P1	1,09	0,59	2
T2P2	1,1	0,56	3
T2P3	1,38	0,13	1,5
T3P1	0,63	1,09	1
T3P2	1,24	0,51	4
T3P3	0,81	0,93	6
T4P1	0,45	0,74	5
T4P2	0,69	0,36	6
T4P3	0,34	0,07	4
T5P1	0,37	0,61	3
T5P2	0,61	0,6	4
T5P3	0,49	0,42	3,5
T6P1	0,31	0,35	6
T6P2	1,11	0,42	5
T6P3	0,42	0,05	4,5
T7P1	0,35	0,27	7
T7P2	2,05	0,57	4,5
T7P3	0,3	0,09	3
T8P1	0,91	0,62	3
T8P2	2,32	3,01	3
T8P3	0,91	0,97	2
T9P1	0,92	0,45	0,5
T9P2	0,82	0,12	2
T9P3	1,74	0,63	1,5
T10P1	2,89	0,66	4
T10P2	0,55	0,32	3
T10P3	0,64	0,71	2

Tabla 1. Datos de biomasa, necromasa y pendiente obtenidos.

En primer lugar, se realizaron las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk y Jarque-Bera a los datos obtenidos de biomasa y necromasa (Tabla 1). Para ambos se tiene un valor p menor a 0,05 (Tabla 2), lo que indica que ninguno de las dos variables se ajusta a una distribución normal. Por lo anterior, se decidió utilizar pruebas no paramétricas. Adicionalmente, se halló el cociente biomasa/necromasa.

	Shapiro-Wilk	Jarque-Bera
Biomasa	0,0002361	0,0000760
Necromasa	$6,8588 \times 10^{-7}$	$5,88 \times 10^{-49}$

Tabla 2. Resultados de pruebas de normalidad.

Se realizó una correlación de Spearman para ver si existía relación entre las variables estudiadas (Tabla 3), y resultó que las únicas variables que están relacionadas son la biomasa con la necromasa. Adicionalmente se halló la ecuación que relaciona la necromasa y la biomasa con la pendiente del terreno mediante el uso de Microsoft Excel 2010. Con base a el valor R^2 se encontró que para la relación necromasa y pendiente la ecuación potencial es la que mejor se ajusta a los datos. Para la relación biomasa y pendiente, la ecuación exponencial y para el cociente biomasa/necromasa en relación con la pendiente, fue la ecuación polinómica la que más se ajustó a los datos; sin embargo, las dos presentan un valor de R^2 muy pequeño (por debajo de 0,5) lo cual indica que no existe relación entre las dos variables (Figura 1 a 3). Por el contrario la gráfica de biomasa-necromasa (Figura 4) se ajusta a una ecuación lineal de pendiente positiva y con R^2 más alto, respecto a los anteriores. La pendiente positiva indica que están directamente relacionadas, *i.e.* al aumentar la biomasa, aumenta la necromasa, y viceversa.

	Correlación	Valores P
Necromasa-Pendiente	-0.2464	0.1965
Biomasa-Pendiente	-0.2842	0.1287
Biomasa-Necromasa	0.373	0.0425*
Biomasa/necromasa-Pendiente	0.0138	0.9429

Tabla 3. Valores para la correlación de Spearman. *Dato significativo

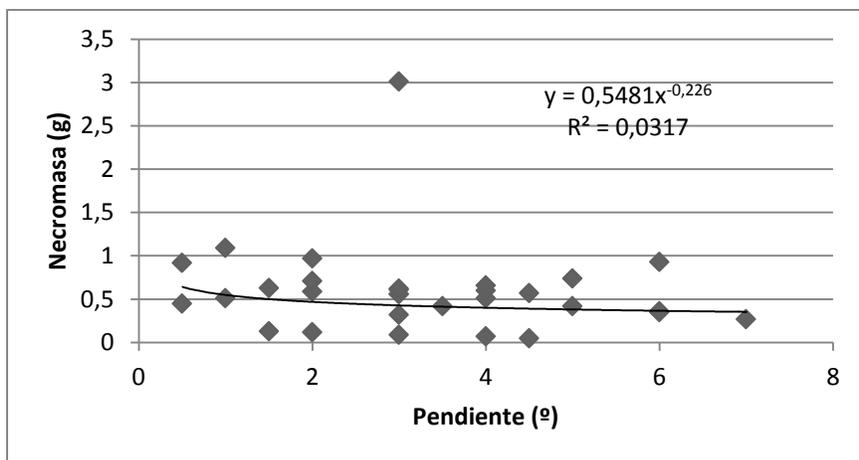


Figura 1. Relación necromasa y pendiente.

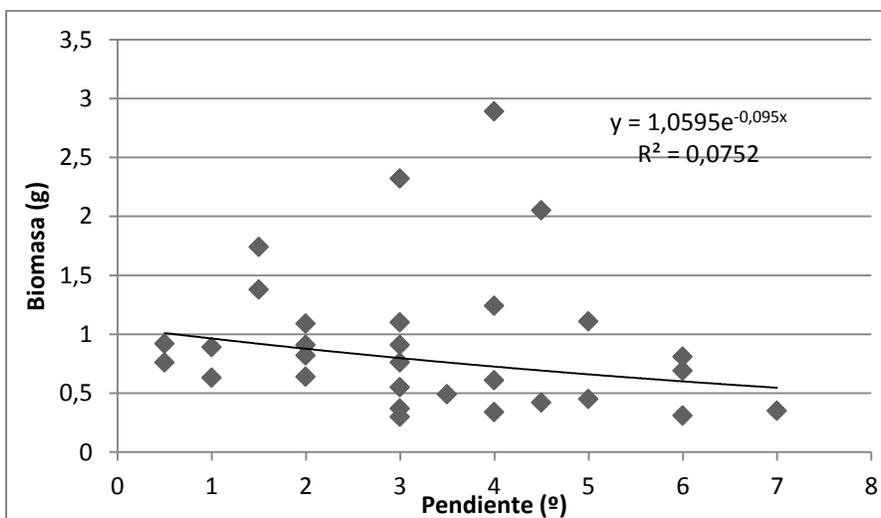


Figura 2. Relación biomasa y pendiente.

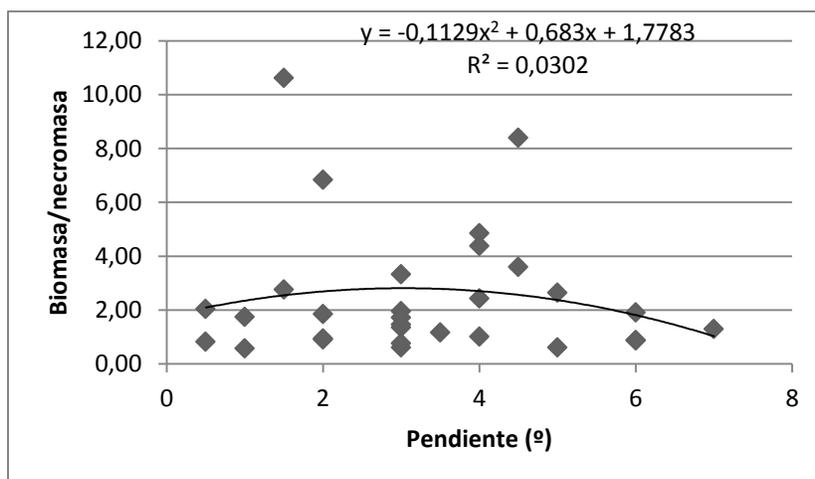


Figura 3. Relación biomasa/necromasa y pendiente.

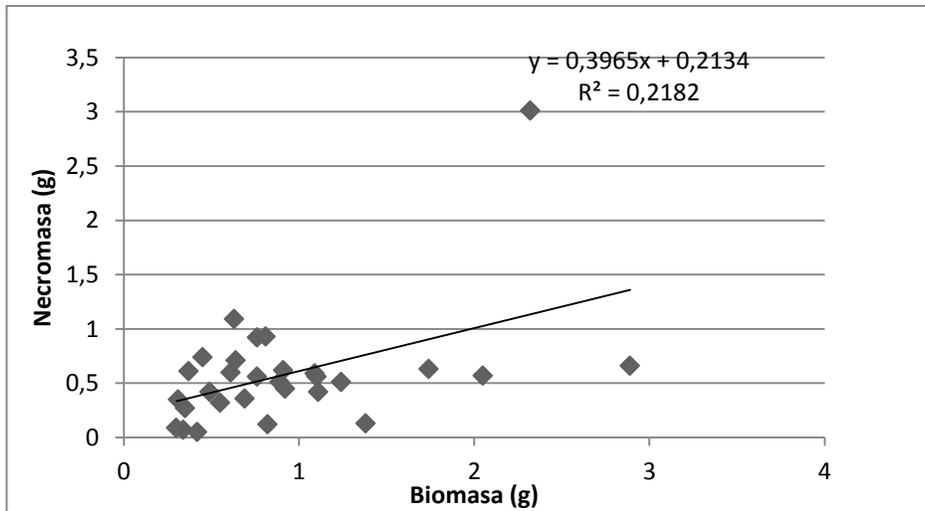


Figura 4. Relación biomasa y pendiente.

Por último, se conformaron cuatro grupos de valores de pendientes para ver si existía alguna diferencia entre éstos: grupo A (pendientes entre 0.5° y 2°), grupo B (pendientes entre 2.1° y 3.5°), grupo C (entre 3.6° y 5°) y grupo D (entre 5.1° y 7°). En la Figura 5 se presentan los promedios y las desviaciones estándar de los grupos asignados. Se observa que el grupo C contiene la mayor cantidad de biomasa pero presenta la desviación estándar más alta. Al realizar la prueba Kruskal-Wallis (Tabla 4), se evidencia que existe diferencia significativa entre la biomasa de los grupos A y D (señalado con * en la gráfica).

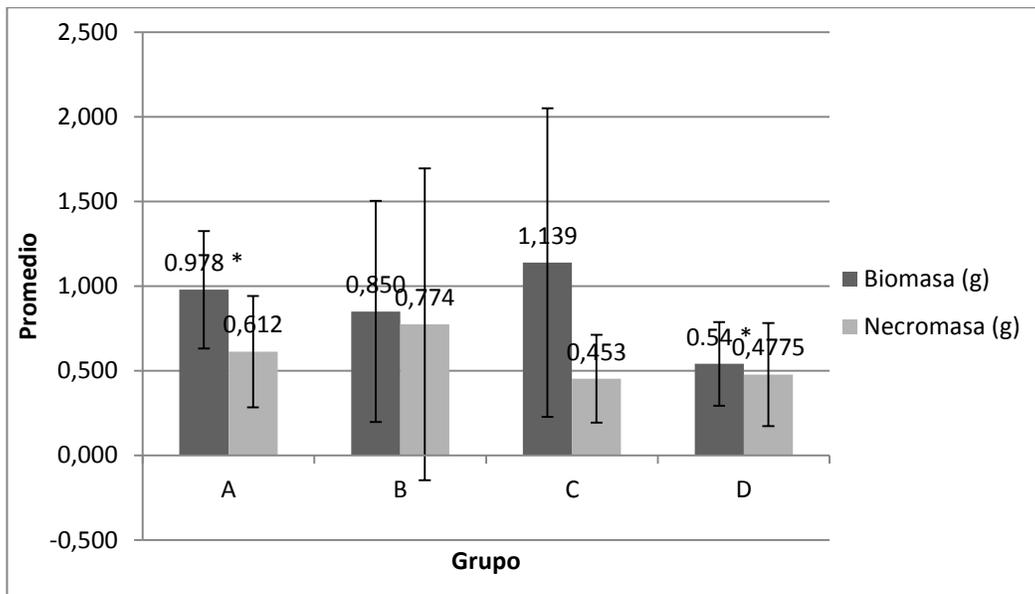


Figura 4. Media y desviación estándar de los grupos.

	Necromasa	Biomasa
A-B	0.5049	0.2298
A-C	0.2861	0.7558
A-D	0.4367	0.0403*
B-C	0.8334	0.5635
B-D	0.5515	0.4447
C-D	0.7989	0.2696

Tabla 4. Valores p para la prueba Kruskal-Wallis. * indica que existen diferencias significativas entre estos grupos.

De acuerdo con las pruebas de regresión y correlación aplicadas, se puede afirmar que no existe relación entre la pendiente y la biomasa, ni entre la pendiente y necromasa, pero hay una correlación positiva entre la biomasa y la necromasa. Si se tiene en cuenta la necromasa como un componente de la biomasa (la necromasa es biomasa muerta, Araujo-Murakami *et al.*, 2011), al agrupar los valores de pendiente se evidencia una diferencia significativa entre las medias de biomasa de los grupos A y D. A es el grupo que reúne los valores de menor pendiente y D el de los valores de mayor pendiente. Lo anterior puede indicar que la biomasa de *A. virgatus* se concentra en sitios de menor pendiente. Se sabe que *A. virgatus* es una planta que suele habitar en zonas pantanosas (Trópicos ONG, 2009), es decir, requiere zonas de menor pendiente donde haya un menor drenado de agua. Por lo tanto, se incrementaría su presencia en lugares con menor pendiente. Se debe tener en cuenta que la sabana estudiada sufrió un proceso de quema hace poco tiempo (menos de un año), con el cual, se quemó la necromasa y biomasa de la sabana. Esto pudo tener efectos importantes en los resultados del presente trabajo.

Las quemadas en las sabanas son un disturbio natural que incrementan la productividad, por encima del aumento de biomasa y aumentan el vigor del estrato herbáceo; además ocasionan la pérdida de fertilidad del suelo, ya que se pierden los nutrientes de éste por volatilización. Las quemadas también ocasionan un incremento de la diversidad a corto plazo y una reducción de la dominancia de pastos a largo plazo. Con esto, se incrementa la producción de raíces aéreas y se cambia la productividad de los pastos. Asimismo, se ha demostrado que en los Llanos, las quemadas producen una pérdida de necromasa y biomasa (Medina y Silva, 1990; Valencia y López-Hernández, 2002). Por lo anterior, es posible que en la sabana hubiese una pérdida de biomasa debido a un evento de quemadas reciente, por lo que no fue posible observar correlaciones con la pendiente.

No se encontraron estudios previos que relacionen la pendiente con la biomasa o necromasa en este ecosistema. Sin embargo, Araujo-Murakami *et al.* (2011) hallaron que en los bosques inundables o de bajío existe una menor cantidad de necromasa que en los bosques de tierra firme o altura. Esto puede deberse a las inundaciones frecuentes de los bosques de bajíos, donde puede suceder la reubicación de la madera muerta en el suelo en áreas más bajas, pero también podría deberse a las mayores tasa de la descomposición de madera muerta en los bosques de bajío por efecto del ciclo de mojado y secado de la madera (Martius, 1997, citado por Araujo-Murakami *et al.*, 2011). Asimismo, estudios realizados en bosques de tierra firme de la Amazonía central muestran que el incremento de la pendiente tiene un efecto negativo en la biomasa de árboles grandes y en los parámetros de fertilidad del suelo, tales como contenido de

arcillas, materia orgánica, N, K, Mg, bases intercambiables y saturación de aluminio (Laurance *et al.*, 1999, citado por Nascimento y Laurence, 2004). Es necesario adelantar otros estudios para comprobar esto, en los cuales se podría incluir un mayor gradiente de pendiente y otros factores que puedan influenciar la distribución de la biomasa y la necromasa, tales como la humedad del suelo y disponibilidad de nutrientes, entre otros.

En conclusión, la pendiente es una variable que probablemente no influncia directamente la concentración de necromasa y biomasa en la Serranía La Lindosa, pero que puede ser un factor que actúa indirectamente sobre otras variables como la cantidad de agua. La quema de la sabana pudo afectar los resultados al inducir a un cambio en la producción de biomasa. Sin embargo, fue posible evidenciar la correlación positiva existente entre la biomasa y la necromasa. Se recomienda ampliar la presente investigación, implementando otros modelos de estudio, así como otras variables, para llegar a conclusiones más sólidas a nivel del ecosistema. Además, sería conveniente incluir un mayor gradiente de pendientes y evaluar la sabana cuando los efectos de la quema no sean tan marcados.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia por la financiación de la salida de campo; a los profesores Gabriel Pinilla, Silvio Zuluaga y Édgar Camero, titulares de la asignatura Ecología Regional Continental por la Asesoría y dirección de éste proyecto. A los propietarios de la Reserva Playa Güío, por el alojamiento y a la comunidad de San José del Guaviare por permitirnos estudiar los ecosistemas de la región. Por último, al profesor Diego Giraldo por su ayuda en la determinación taxonómica del espécimen traído de campo.

BIBLIOGRAFÍA

ARAUJO-MURAKAMI A, PARADA A, TERÁN J, BAKER T, FELDPAUSCH T, PHILLIPS O, BRIENEN R. Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajos. *Revista Peruana de Biología*; 2011; 8 (1).

CÁRDENAS-LÓPEZ, D., CASTAÑO-ARBOLEDA, N., ZUBIETA-VEGA, M. y JARAMILLO-ECHEVERRY, M. Flora de las formaciones rocosas de la Serranía La Lindosa. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Bogotá Colombia; 2008.

FLÓREZ, R.C., HERRERA-REYES, L. y HERNÁNDEZ-GUZMÁN, V.D. *Ecología y Medio Ambiente*. Segunda Edición. Cengage Learning; 2008.

GOBERNACIÓN DEL GUAVIARE. Nuestro departamento. [En línea] 2012 [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://www.guaviare.gov.co/index.shtml>

HALFFTER, G. La diversidad biológica de Sudamérica. Programa Iberoamericano para la ciencia y tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, Xalapa, México; 1992.

HERRERA M. Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en el área de influencia de la central hidroeléctrica Porce II. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín; 2002.

HOLLAND, P.G. y STEYN, D.G. Vegetational responses to latitudinal variations in slope angle and aspect. *Journal of Biogeography*. 1975; 2:179-183.

MEDINA, E. y SILVA, J.F. Savannas of Northern South America: A steady state regulated by water-fire interactions on a background of low nutrient availability. *Journal of Biogeography*. 1990; 17(4/5): 403-413.

MOSTACEDO, B. y FREDERICKSEN, T.S. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible - BOLFOR. [En línea] 2000. [Consultado el 03 de junio de 2013] URL: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf>.

MUNICIPIO SAN JOSÉ DEL GUAVIARE. Nuestro Municipio. [En línea] 2012. [Consultado el 10 de febrero de 2013] URL: <http://www.sanjosedelguaviare-guaviare.gov.co/index.shtml>

NASCIMENTO, H.E.M y LAURENCE, W.F. Biomass dynamics in Amazonian Forest Fragments. *Ecological Applications*. 2004;14(4):127-138.

SARMIENTO, G. Ecología de pastizales y sabanas en América Latina. En: Sarmiento, G., Cabido, M. (Eds). *Biodiversidad y Funcionamiento de Pastizales y Sabanas en América Latina*. CYTED-CIELAT, Mérida; 1996: 15-24.

SARASOLA M Y VERA H. Dinámica de los necromasa en dos Bosques de Humedal. Sección Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. [En línea] [Consultado el 03 de Junio de 2013] URL:[http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias %20naturales/mab/12.pdf](http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias%20naturales/mab/12.pdf)

TRÓPICOS ONG. *Andropogon virgatus*. [En línea] 2009 [Consultado el 10 de junio de 2013]. URL: <http://www.tropicos.org/name/25506514?projectid=7>

VALENCIA, H.I. y LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Pérdida de nutrimentos por la quema de la vegetación en una sabana de *Trachypogon*. *Rev. Biol. Trop.* 2002; 50(3-4): 1013-1019

WATSON, L., DALLWITZ, M.J. onwards. The grass genera of the world: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. Version: 18th December 2012. [En línea] 1992 [Consultado el 10 de junio de 2013] URL: <http://delta-intkey.com>'.

**EVALUACIÓN DEL PH Y LA HUMEDAD DEL SUELO SOBRE LA DENSIDAD DE
SOBRALIA LILIASTRUM EN DIFERENTES ESTRATOS DE AFLORAMIENTOS
ROCOSOS EN LA CIUDAD DE PIEDRA DE LA SERRANÍA DE LA LINDOSA,
GUAVIARE, COLOMBIA**

**Evaluation of pH and soil moisture on *Sobralia liliastrum* density in different layers
of rock outcrops in the Stone City of the Serranía de La Lindosa, Guaviare,
Colombia.**

JEISSON D. CASTRO SALAMANCA¹,
STEPHANY ORJUELA LEÓN²

¹Departamento de Biología, Universidad
Nacional de Colombia-Sede Bogotá,
Colombia. jedcastrosa@unal.edu.co

²Departamento de Biología, Universidad
Nacional de Colombia-Sede Bogotá,
Colombia. sorjuelal@unal.edu.co

RESUMEN

Se estudió la relación entre la densidad poblacional de *Sobralia liliastrum* en afloramientos rocosos con factores físicos como el pH y la humedad de suelo. Abarcando todo el área de la roca se caracterizaron los estratos de la formación rocosa así: Pared, Centro y Borde. Se analizaron tres variables entre las que se incluye la densidad poblacional, el pH y el porcentaje de retención de agua del suelo en cada estrato. Se encontró que no hay correlación alguna entre las variables evaluadas, probablemente debido a la presencia de estructuras en las raíces de esta especie, relacionadas con la absorción y pérdida de agua.

PALABRAS CLAVE *Sobralia liliastrum*, humedad del suelo, pH, estrato, vegetación casmófito

ABSTRACT

It is studied how the density of *Sobralia liliastrum* in rocky outcrops is conditioned by soil physical factors such as pH and humidity. Encompassing all the area of the rock, the stratus has been identified on the rock outcrop, where they are distributed as: Wall, Centre and Edge. Three variables have been analyzed which include abundance, pH and water retention percentage in the soil, to find relations between these variables. It was found that there is no correlation between the variables studied, probably because of the presence of structures in the specie's roots related to water absorption and loss.

INTRODUCCIÓN

La provincia del Orinoco ocupa gran parte de la vertiente hidrográfica del río Orinoco, el cual cubre alrededor de 250000 km en Colombia. Dentro de esta región, se encuentran varias formaciones relacionadas con Sabana. Dentro de todos los sistemas de sabanas que se pueden encontrar, están las llamadas sabanas casmofíticas que en general, consisten en sabanas planas con afloramientos rocosos llamados Tepuyes, de varios tamaños que ocupan desde algunos metros cuadrados hasta varios cientos de km, y

varían en elevación entre los 100 y 1000 m (Mariano, 1927). Estos son relictos de lo que fue el Escudo de la Guyana (capas de Roraima), que ha sufrido un largo proceso de fraccionamiento y erosión por más de 100 millones de años. Los remanentes presentan formas características de bordes empinados y terrazas planas (Mariano, 1927). Géneros como *Navia*, *Vellozia*, *Paepalanthus*, *Abolboda*, *Xyris*, *Pitcairnia*, *Vaupesia*, *Cephalocarpus* se encuentran en estos ambientes, y específicamente, especies de orquídeas muy comunes también son *Selenipedium steyermarkii*, *Habenaria entomatha*, *Pogonia tenuis*, *Epidendrum durum*, *E. huebneri*, *Maxillaria meridensis*, *Oncidium nigratum*, *O. warmingii* y *Sobralia liliastrum* (Mariano, 1927).

Esta última pertenece al género *Sobralia*, que a diferencia de muchas orquídeas, está compuesta por especies en su mayoría terrestres, y a la subtribu Sobraliinae, en la que, según estudios predomina una estructura en sus raíces denominada por Pridgeon *et al.*, (1983) como tilosoma, que también puede llamarse cuerpo fibroso; son excrescencias lignificadas de las paredes de células de la capa celular más interna del velamen adyacente a las células de paso de pared delgada del exodermo, su función permite la absorción de agua, la posible prevención de patógenos (Holtzmeier *et al.*, 1998) y reducción en transpiración (Benzing *et al.*, 1982; Benzing *et al.*, 1983). Es más común en especies de orquídeas epífitas, pero también ocurren en terrestres, como esta. Específicamente en Sobraliinae los tilosomas son de tipo esponjoso.

Sobralia liliastrum se distribuye por altiplanicies y llanuras aluviales antiguas, con relieve fuertemente quebrado a ligeramente ondulado, con cimas planas (Martínez y Galeano, 2001) desarrollándose sobre cerros y mesetas de areniscas paleozoicas y graníticas precámbrica de origen residual, con laderas ligeramente escarpadas y superficies disectadas (Arbeláez-Velásquez, 2003; Rudas-Lleras y Rangel, 2009). Los suelos donde se desarrolla esta orquídea presentan un horizonte orgánico muy delgado, el cual consiste de una capa superficial de hojarasca y sistemas radiculares en descomposición, entremezclados con arena blanca-grisácea; son superficiales a poco profundos, ácidos, húmedos hasta anegadizo (Arbeláez-Velásquez, 2003). La semilla específicamente presenta adaptaciones a la anemocoria tales como el ala (López y Ramírez, 1989), y de tamaño pequeño, que presenta una ventaja en la habilidad de alcanzar más sitios de germinación (Salisbury, 1942; Carlquist, 1966), mayor flujo de semillas entre zonas con una composición florística similar (López y Ramírez, 1989) y contribuir a evadir o reducir la depredación de semillas (Janzen 1971, Grime 1979). Presenta relaciones micorrízicas para la germinación (Rasmussen, 1995) ya que se asocia con las mínimas cantidades de nutrientes almacenados en las diminutas semillas (Salisbury, 1942; Arditti y Ghani, 2000) haciendo que se desarrollen en hábitats con suelos pobres. Probablemente las limitaciones edáficas conducen a la anemocoria en esta especie como en la mayoría de arbustos y otras hierbas que producen semillas pequeñas y menos costosas (López y Ramírez, 1989).

En el presente estudio se evaluaron dos características físicas (saturación de agua en el suelo y pH) con relación a la distribución de la especie *Sobralia liliastrum* en afloramientos rocosos a fin de ver la influencia de dichas variables abióticas. Específicamente, se quiso comprobar si hay alguna relación estadística entre las variables del suelo de cada estrato y el número de individuos de *Sobralia liliastrum*. La hipótesis plantada es que existe correlación entre la densidad poblacional y la retención de agua, y la densidad poblacional con el pH del suelo en donde crece esta especie.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La zona muestreada se localiza en la Ciudad de Piedra ubicado en la Serranía de La Lindosa (Guaviare), en las coordenadas 2°27'54"N - 72°42'16"O a una altura de aprox. 430 m.

Recolección en campo

Dentro de la formación principal de afloramientos rocosos, se seleccionaron 9 rocas de formas cúbicas, de tamaños relativamente similares (aproximadamente 5-7 m de alto, 11-13 m de largo y 4-6 m de ancho). En cada roca se realizó el conteo dentro de un cuadrante de 2x2 m del número de individuos de la especie dominante *Sobralia liliastrum* en cada estrato definido así (Figura 1): la parte central de la terraza de la roca (Centro), en donde se observa mayor presencia de individuos; el borde de la terraza (Borde), que une la terraza y la pared de la roca, y la Pared, o sección vertical de la roca.



Figura 1. Ubicación de los estratos muestreados dentro de la roca

Además del conteo, se recolectó una muestra de suelo de cada estrato por roca donde se iba haciendo el conteo.

Análisis en laboratorio

Se midió el pH y el porcentaje de saturación de agua del suelo. El primero se determinó secando las muestras de suelo a 40°C por aproximadamente 3 días, se pesaron 5 g de cada muestra y se hidrataron con 20 mL de agua desionizada. La medición se hizo con potenciómetro digital. Para medir el porcentaje de saturación de agua del suelo, es decir, la cantidad de agua que es capaz de retener el suelo, se dejaron las muestras en un horno a 70°C durante 3 días, se tomaron los pesos secos de cada una de las muestras y luego se colocó cada muestra sobre un papel filtro y este a su vez dentro de un embudo, se procedió a regar agua lentamente sobre el suelo hasta observar la primera gota filtrada, que indica su punto de saturación y se tomó de nuevo el peso. Los cálculos se hicieron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retención} = (\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}) / (\text{Peso saturado}) \times 100$$

Análisis estadístico

Cada roca se tomó como un individuo, es decir 9 individuos y cada estrato como una muestra, es decir 3 muestras por individuo (Anexos, Tabla 3). Para probar la hipótesis de que las características mencionadas del suelo definen de alguna manera la preferencia por un estrato, se relacionaron las variables de retención de humedad y pH del suelo con la densidad de plantas. Para esto se empleó el coeficiente de correlación de Pearson. Se utilizpo el programa PAST que arroja el valor del coeficiente entre las variables indicadas y el valor p.

RESULTADOS

Tabla 1. Resumen estadísticos de las variables para cada estrato de roca

Variables	Estrato								
	Centro			Borde			Pared		
	pH	% Retención	Densidad (Ind/m ²)	pH	% Retención	Densidad (Ind/m ²)	pH	% Retención	Densidad (Ind/m ²)
Media	3.860	71.407	5.222	4.204	67.526	6.083	3.892	77.690	1.778
Mediana	3.720	67.813	5.250	4.170	62.210	5.250	4.000	81.066	1.750
Desviación estándar	0.364	28.677	3.220	0.894	35.306	2.417	0.486	33.638	1.162

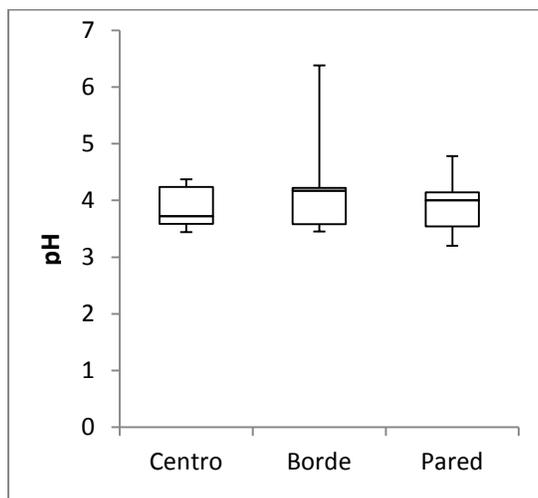


Figura 2. Comparación de medias de pH entre estratos

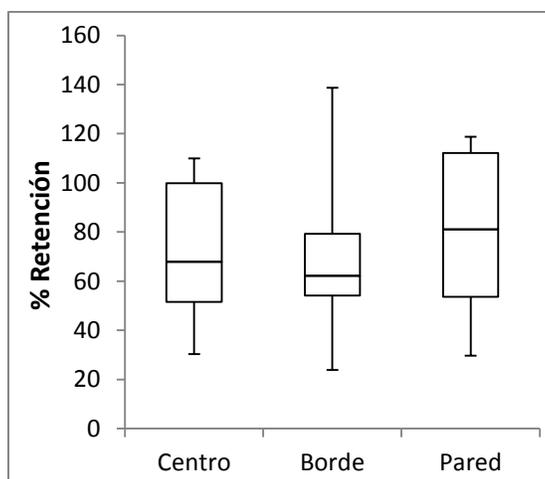


Figura 3. Comparación de medias de % de retención entre estratos

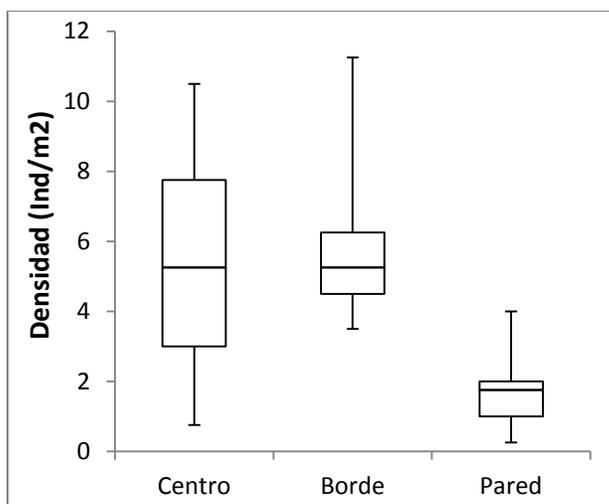


Figura 4. Comparación de medias entre densidad entre estratos

Tabla 2. Correlaciones de Pearson entre las variables del suelo pH y % de retención con densidad de la especie

Variables	Correlación de Pearson	p-value
Densidad-%retención	-0.031355	0.8767
Densidad-pH	0.15165	0.4502

DISCUSIÓN

En cuanto a la densidad por estrato de la especie (Tabla 1) se observa que el estrato Borde supera a los demás, a pesar de que se esperaba que el centro tuviera la mayor densidad. Sin embargo tanto el Centro como el Borde presentan densidades altas. La Pared presenta abundancias bajas, probablemente debido a que la orquídea es de hábitos terrestres, a pesar de tener posibles adaptaciones epifíticas (tilosoma). Probablemente no es muy eficiente en la fijación a la roca y por lo tanto predomina en la terraza de la roca donde presenta mayor retención del sustrato, como se vio en campo.

No existe correlación entre la densidad y ninguna de las variables estudiadas para el suelo según el índice de Pearson. A partir de estos resultados se observa que el contenido de agua en el suelo y el pH no intervienen en la densidad de la especie vegetal. Esto puede deberse a la misma fisiología de la planta, debido a que es una especie terrestre que crece sobre suelos ácidos entremezclados con areniscas, lo que indicaría que en la proporción arenosa del suelo no hay retención de agua y la variación de pH no es alta. Además, se debe tener en cuenta la presencia de tilosomas en la raíz de *S. liliastrum* que le permiten a la planta retener el agua absorbida y mantenerla, por lo que no sería esencial para esta especie crecer sobre suelos húmedos.

BIBLIOGRAFÍA

ARBELÁEZ-VELÁSQUEZ, M. V. 2003. Diversidad y dinámica de la vegetación sobre las mesetas de arenisca en la Amazonía Colombiana. Faculty of Science. FNWI: Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED). Universiteit van Amsterdam

ARDITTI, J. 1967. Factors Affecting the Germination of Orchid Seeds. Bot. Rev. 33: 1-97.

ARDITTI J. 1979. Aspects of physiology of orchids. Advances in Botanical Research 7: 421-655.

ARDITTI, J., y GHANI, A. K. A. 2000. Tansley Review No. 110. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. New Phytol. 145:367 - 421.

BENZING, D. H.; OTT, D. W. y FRIEDMAN, W. E. 1982. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. American Journal of Botany, 69(4), 608-614

BENZING, D. H.; FRIEDMAN, W. E.; PETERSON, G. y RENFROW, A. 1983. Shootlessness, velamentous roots, and the pre-eminence of Orchidaceae in the epiphytic biotope. American Journal of Botany, 70(1), 121-133.

CARLQUIST, S. 1966. The biota of long-distance dispersal. I. Principles of Dispersal and Evolution. Quarterly Review of Biology 41:247-270

DALTON, L. V. 1912. p. 39. Formación de Roraima. En <http://www.pdv.com/lexico/2edic/r45e.htm> Acceso 23/07/13

GRIME, J .P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley and Sons, Chichester

HAMMER, Ø. 1999 (2012). PAST: Paleontological statistics Version 2.17 reference manual. Natural History Museum, University of Oslo.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HOLTZMEIER, M. A., STERN, W. L. y JUDD, W. S. 1998. Comparative anatomy and systematics of Senghas's cushion of *Maxillaria* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 127, 43-82.

JANZEN, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2:465-483

LÓPEZ, M. y RAMÍREZ N. 1989. Características morfológicas de frutos y semillas y su relación con los síndromes de dispersión de una comunidad arbustiva en la Guayana Venezolana. *Acta Científica Venezolana* 40:354-371

MARTÍNEZ, X. A. y GALEANO P., M. P. 2001. Plantas Vasculares del Municipio de Mitú Vaupés, Colombia. *Biota Colombiana* 2(2) 151- 180.

OSPINA-HERNÁNDEZ, M. 1927. Orchids and Ecology in Colombia, to the rescue of paradise. Bogotá. Panamericana

PRIDGEON, A. M., STERN, W. L y BENZING, D. H. 1983. Tilosomes in Roots of Orchidaceae: Morphology and Systematic Occurrence. *American Journal of Botany*, Vol. 70, No. 9 (Oct., 1983), pp. 1365-1377

RASMUSSEN H. N. 1995. Terrestrial orchids: From seeds to mycotrophic plants. Cambridge: University Press. 444 p.

RUDAS-LLERAS, A. y RANGEL C. 2009. Unidades ecogeográficas y su relación con la diversidad vegetal de la Amazonía colombiana [Trabajo de grado presentado de Doctorado]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

SALISBURY, E.J. 1942. The reproductive capacity of plants. G. Bell and Sons, London.

ANEXOS

	pH		
Rocas	Centro	Borde	Pared
1	4,28	3,81	3,2
2	3,59	3,45	3,54
3	3,72	4,22	4,14
4	3,44	6,38	4,00
5	4,37	3,53	4,01
6	4,24	3,58	4,28
7	3,62	4,50	3,45
8	3,49	4,17	3,63
9	3,99	4,20	4,78
	% Retención		
Rocas	Centro	Borde	Pared

1	30,2749563	99,7530147	118,75
2	99,9005682	138,690476	112,118249
3	82,4883326	29,5831725	117,753328
4	109,966076	79,3241441	53,6649215
5	67,8127709	54,5263632	86,1408451
6	59,3141798	54,1024722	81,0657727
7	51,608329	65,7218415	29,6370519
8	39,7174585	23,8246767	43,8065883
9	101,576899	62,2095436	56,2763713
Densidad (Ind/m2)			
Rocas	Centro	Borde	Pared
1	10,50	11,25	2,00
2	6,25	3,50	4,00
3	7,75	8,50	2,00
4	4,50	6,25	0,25
5	1,25	5,25	3,00
6	7,75	4,50	0,75
7	0,75	4,50	1,00
8	3,00	4,75	1,75
9	5,25	6,25	1,25

Tabla 3. Datos de variables por cada roca y estrato.

DENSIDAD DE MORFOESPECIES DE BRIOFITOS DE DOS ECOSISTEMAS DE LA SERRANÍA DE LA LINDOSA Y SU RELACIÓN CON LA CAPACIDAD DE CAMPO DEL SUELO

Briophyte morphospecies density of two ecosystems of La Lindosa Serranía and its relationship with soil field capacity

Alejandra Robles Sánchez

*Estudiante, Departamento de Biología,
Universidad Nacional de Colombia, sede
Bogotá. Bogotá, Colombia
arobless@unal.edu.co*

Christian Daniel Martínez Rodríguez

*Estudiante, Departamento de Biología,
Universidad Nacional de Colombia, sede
Bogotá. Bogotá, Colombia
cdmartinezr@unal.edu.co*

RESUMEN

Se analizó el grado de relación entre la riqueza de organismos vegetativos de dos ecosistemas (Bosque sobre grieta y Bosque sobre ladera rocosa) con la capacidad de campo de los suelos donde crecen estos organismos. Para esto se recolectaron quince cuadrantes de 100 cm² por ecosistemas del estrato rasante y se tomaron 15 muestras de suelo por ecosistema para determinar la capacidad de campo de las mismas. La relación de las variables se evaluó usando el análisis de correlación de Spearman, el cual mostró relación directa con la riqueza de uno de los bosques estudiados (Bosque sobre ladera) que se explica por las características de los organismo encontrados en los mismos.

Palabras Clave: Musgos, absorción, estrés hídrico, correlación, riqueza.

ABSTRACT

We analyzed the degree of relationship between the wealth of vegetative organisms of two ecosystems (Forest on Crack and Forest on rocky Ladera) with field capacity of the soil they grow these organisms. For this fifteen quadrants were collected by ecosystem 100 cm² ground layer and took fifteen ecosystem soil samples to determine the ability of the same field. the relationship of the variables was evaluated using Spearman correlation analysis which showed a direct relationship with the wealth of one of the studied forests (Forest on Ladera) and is explained by the characteristics of the organism found in it.

Keywords: Mosses, absorption, water stress, correlation, richness.

INTRODUCCIÓN

La abundancia de agua en ambientes donde se encuentran los musgos y las hepáticas es bien conocida. Ésta es visible en la superficie del suelo debido a la alta capacidad de retención de humedad que poseen las diferentes especies vegetales presentes. Las

plantas no vascularizadas no presentan mesófilo, estomas o venas relacionadas, como ocurre con las hojas de plantas vasculares. Los musgos presentan filidios muy reducidos, con un solo estrato de células dentro de su conformación. Gran parte de las células de los filidios son vacías en plasma, no son clorofílicas y se encargan de almacenar el agua disponible en el medio externo (Merchán *et al.*, 2011).

Estas plantas poseen un cuerpo que absorbe y pierde agua fácilmente, y presentan la capacidad de tolerar la desecación y recuperarse luego de largos períodos de sequía actuando como poiquilohídricos típicos. Al ser plantas poco especializadas, no presentan raíces, ni sistema vascular y el transporte de agua es por capilaridad (Barrera y Osorio, 2006). Son plantas que tienen facilidad de propagarse y obtener los nutrientes necesarios del agua lluvia o del rocío. Son los primeros colonizadores de rocas y suelos desnudos y pobres en nutrientes, y ya que pueden acumular materia orgánica, facilitan el asentamiento de plantas vasculares. Igualmente, cumplen importantes roles ecológicos puesto que evitan la erosión del suelo, pueden fijar grandes cantidades de C y N, ayudan a los bosques a mantener una significativa carga de humedad evitando el estrés hídrico, y sirven de vivienda, cobijo y alimentación a innumerables invertebrados (Barrera y Osorio, 2006).

Los líquenes son organismos simbioses que cumplen un papel importante en el funcionamiento del ecosistema, siendo productores primarios, facilitadores de la formación de suelo, indicadores de la calidad del aire que los rodea, así como también de la salud del ecosistema que los sustenta (Will-Wolf *et al.*, 2002). En el presente estudio, se analizó la composición taxonómica de dos comunidades de briófitos y líquenes del estrato razante de dos ecotopos de la Serranía de La Lindosa y su relación con la capacidad de retención de humedad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio.

Las zonas evaluadas corresponden a la Serranía de La Lindosa, Municipio de San José del Guaviare. Se escogieron de forma aleatoria dos sitios para el muestreo, uno de bosque sobre grieta y otro de bosque sobre ladera rocosa. Las coordenadas de los sitios son 2°28'3.37"N 72°42'34.85"W y 2°27'54.77"N 72°42'17.56"W.

Muestreo y procesamiento de muestras

Para cada uno de los sitios se trazaron 15 cuadrantes de 100 cm² separados entre sí un mínimo 50 cm. En cada uno de los cuadrantes se tomó toda la cobertura de los mismos y se guardaron en bolsas de papel para su posterior secado. Las muestras vegetales fueron determinadas hasta nivel de género o morfoespecie. Se evaluó la dominancia de las morfoespecie por cada uno de los cuadrantes. Adicionalmente, se recolectó una muestra de suelo por cuadrante muestreado y se llevó al laboratorio para medir su capacidad de campo. Los suelos se secaron en horno a 64 °C por un día entero, luego se midió su peso seco, se agregó a un embudo hecho con papel filtro y se llevó a saturación con agua destilada para volver a ser pesados.

Análisis de datos

Se analizó la riqueza, abundancia, índices de dominancia de Simpson, Índice de equitatividad de Simpson, índice de Shannon e Índice de equitatividad de Piellou. Todos estos índices se correlacionaron con la capacidad de suelo en los dos sitios muestreados. Los análisis se realizaron con el programa estadístico Past v.2.17c. Se realizó una

correlación entre el número de morfoespecies y la capacidad de campo del suelo previa ejecución de pruebas de normalidad. Se calcularon los índices de diversidad y equitatividad para las dos zonas muestreadas y se analizó la similitud de morfoespecies entre los dos sitios de muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron 15 morfoespecies o taxones, dentro de los cuales, 11 pertenecen a Briofitos (musgos), 1 a Lejeunecae (hepática), 2 a líquenes y 1 a la familia Cactaceae. Cada uno de los bosques presenta morfoespecies diferentes. Los individuos de la familia Lejeuneaceae no se determinaron hasta género debido a la complejidad de método que debe usarse para este fin (microscopia y cromatografía) por lo cual, se agruparon en un solo taxón.

Morfoespecie	Bosque sobre Grieta	Bosque sobre Ladera rocosa
<i>Leucobrium</i>	1	1
<i>Sematophyllum sp1</i>	1	0
Lejeuneaceae	1	1
<i>Cladonia (L)</i>	1	0
<i>Bazzania</i>	1	0
<i>Erythrodontium</i>	1	0
<i>Fisidens</i>	1	0
<i>Sematophyllum sp2</i>	0	1
<i>Octoblepharum</i>	0	1
Cactaceae	0	1
<i>Campylopus</i>	0	1
<i>Parmotrema (L)</i>	0	1
<i>Hyophila involuta</i>	0	1

Tabla 1. Presencia de morfoespecies en los dos sitios de estudio donde 1: Presencia y 0: Ausencia

Los géneros *Sematophyllum* y *Leucobrium* son los más dominantes en las muestras. Junto con la familia Lejeuneaceae representando hasta el 90% de la composición. Las muestras de suelo de los dos cuadrantes, así como el número de morfotipos no presentan una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk, por lo que se realizó un análisis no paramétrico de correlación r de Spearman.

Cuadrante	<i>Sematophyllum</i> 1	<i>Leucobrium</i>	Leujeniaceae	<i>Fisidens</i>	<i>Bazzania</i>	<i>Erythrodontium</i>	<i>Cladonia (L)</i>	<i>Selaginella</i>	Capacidad de campo (g/g)
1	240	640	18	0	1	0	0	1	1,473
2	480	560	220	0	0	0	0	0	0,576
3	800	320	220	0	0	0	0	0	0,952
4	1168	280	0	0	0	0	0	0	0,722
5	0	792	0	0	0	2	1	0	0,496
6	1130	160	12	0	0	0	0	0	0,673
7	160	720	9	3	0	0	1	0	0,757
8	9	728	0	0	0	0	1	0	0,458
9	160	650	19	0	0	0	0	0	0,725
10	1600	0	220	0	0	0	0	0	1,005
11	1472	64	0	0	0	0	0	0	1,479
12	16	560	0	0	0	0	0	0	0,922
13	0	800	0	0	0	0	0	0	0,584
14	224	640	15	0	0	0	0	0	0,387
15	160	648	19	0	0	0	0	0	0,319

Tabla 2. Número de individuos de cada morfoespecie por cuadrante del Bosque sobre grieta y el valor de capacidad de campo para cada cuadrante.

Cuadrante	<i>Sematophyllum</i> 2	<i>Leucobrium</i>	<i>Leujeniaceae</i>	<i>Campylopus</i>	<i>Octoblepharum</i>	<i>Hyophila</i> <i>involuta</i>	<i>Parmotrema</i> (L)	<i>Cactaceae</i>	Capacidad de campo (g/g)
1	2880	0	396	2	2	0	0	0	1,041
2	2160	120	110	0	0	0	0	0	0,307
3	2520	16	460	0	0	0	0	0	0,141
4	2808	64	308	0	0	0	0	0	0,423
5	2280	0	430	0	3	0	0	0	0,381
6	3600	0	0	0	0	0	0	0	0,617
7	2700	48	418	0	0	0	0	0	0,448
8	3600	0	0	0	0	0	0	0	0,529
9	3600	0	0	0	0	0	0	0	1,159
10	3240	0	198	7	0	0	0	0	0,452
11	0	0	0	0	0	0	0	1	0,750
12	2952	0	352	0	2	2	0	0	0,307
13	2880	0	440	0	0	0	0	0	3,472
14	3312	0	176	0	0	0	0	0	0,852
15	3240	0	220	0	0	0	1	0	1,204

Tabla 3. Número de individuos de cada morfoespecie por cuadrante del Bosque sobre Ladera Rocosa y el valor de capacidad de campo para cada cuadrante.

Se encontró que, para el bosque de grieta, la capacidad de campo se encuentra correlacionada con la abundancia ($r = 0.54$, $p < 0.05$). Sin embargo, no se evidenció ningún otro tipo de correlación. Por otro lado, el análisis de correlación para el bosque sobre ladera rocosa mostró una relación con todos los índices de diversidad evaluados, excepto con el número de individuos o abundancia. La capacidad de campo tuvo una influencia directa sobre la riqueza del sitio ($r=0,51$, $p=0.05$), sobre la diversidad de Shannon ($r=0.89$, $p=6.79E-6$) y sobre la equitatividad de Pielou ($r=0.96$, $p=2.55E-8$). En contraste, presenta una relación inversa con la dominancia ($r=-0.89$, $p=6.79E-6$) y con la equitatividad de Simpson ($r=-0.82$, $p=1.65E-4$).

Bosque sobre Grieta	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Equitatividad_Simpson	Shannon_H	Equitability_J	C_campo
Taxa_S	0	0,57	0,00	0,27	0,00	0,05	0,84
Individuals	0,16	0	0,16	0,00	0,16	0,05	0,04
Dominance_D	-0,80	-0,38	0	0,01	0,00	0,00	0,87
Equitatividad	-0,31	-0,91	0,62	0	0,01	0,00	0,20
Shannon_H	0,80	0,38	-1,00	-0,62	0	0,00	0,87
Equitability_J	0,51	0,52	-0,89	-0,72	0,89	0	0,95
C_campo	0,06	0,54	-0,05	-0,35	0,05	-0,02	0

Tabla 4. Índices de correlación de Pearson para el ecosistema de bosque sobre grieta. Se analiza la capacidad de campo con los índices de diversidad de Riqueza (Taxa_S), Abundancia (Individuals), dominancia de Simpson (Dominance_D), Equitatividad, Índice de Shannon (H), equitatividad de Pielou (J). Los valores debajo de la diagonal representan los valores r de Pearson mientras que los superiores a la diagonal, la probabilidad o valor p.

En cuanto a la similitud de morfoespecies entre las dos localidades, los dos ecosistemas sólo comparten el género *Leucobrium* y la familia Lejeuneaceae, indicando que para cada bosque la presencia exclusiva de briófitos es del 75%, valor que resulta muy alto y sugiere adaptaciones completamente distintas en cada ecosistema. Todas las demás morfoespecies son únicas para cada sitio. Sin embargo, la familia Lejeuneaceae no se

determinó hasta el nivel de género y es posible que también presente características especiales para cada sitio.

Bosque Ladera Rocosa	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Equitavilidad	Shannon_H	Equitability_J	C_Campo
Taxa_S	0	0,04	0,00	0,03	0,00	0,07	0,05
Individuals	-0,54	0	0,01	0,80	0,01	0,04	0,12
Dominance_D	-0,73	0,62	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Equitavilidad	-0,57	0,07	0,73	0	0,01	0,01	0,00
Shannon_H	0,70	-0,67	-0,96	-0,67	0	8,95E-07	6,79E-06
Equitability_J	0,48	-0,54	-0,89	-0,67	0,92	0	2,55E-08
C_Campo	0,51	-0,42	-0,89	-0,82	0,89	0,96	0

Tabla 5. Índices de correlación de Pearson para el ecosistema de bosque sobre Ladera Rocosa. Se analiza la capacidad de campo con los índices de diversidad de Riqueza (Taxa_S), Abundancia (Individuals), dominancia de Simpson (Dominance_D), Equitatividad, Índice de Shannon (H), equitatividad de Pielou (J). Los valores debajo de la diagonal representan los valores r de Pearson mientras que los superiores a la diagonal, la probabilidad o valor p.

Al parecer, la capacidad de campo del suelo influye en la presencia y diversidad de los organismos encontrados. En el bosque de grieta se observó una diversidad distinta al bosque de ladera. En el primero los organismos están expuestos a la luz directa que les permite una mayor captación de agua durante el periodo de lluvias y esto no los condiciona a tomar agua del sustrato donde están creciendo, lo que explica su baja relación con la capacidad de campo. En cambio, en el bosque de ladera, la planta se encuentra en un estrés ambiental mayor que el del bosque de grieta ya que al estar oculto por el estrato dosel del bosque y sobre una roca casi desnuda, las condiciones de luz y de lluvia se ven afectadas por la sombra de plantas más grandes, lo que produce una disminución de la captación de agua y de la incidencia solar. Esto de alguna manera obliga a las plantas a captar agua del sustrato.

Otra evidencia que explica las condiciones de estrés por las cuales pasan los organismos del bosque sobre ladera rocosa es la presencia de un individuo de la familia Cactaceae. Las plantas de esta familia se caracterizan por presentar adaptaciones a ambientes áridos o semiáridos, como la rápida absorción de agua por las raíces después de una sequía y el metabolismo rápido de las crasuláceas, la presencia de espinas, cutículas gruesas y epidermis doble, hipodermis colenquimatosa y el desarrollo de grandes porciones de tejido medular, así como la presencia de traqueídas de banda ancha en el xilema secundario. Todas estas se consideran adaptaciones fisiológicas y anatómicas importantes influenciadas por la economía hídrica que deben tener estas especies (Mauseth *et al.*, 1995).

Por otra parte, en el bosque de ladera, los musgos, hepáticas y líquenes juegan un papel importante en la producción de materia orgánica y retención de humedad para plantas más grandes. Al presentarse un suelo pobre y poco profundo, no se puede mantener el reciclado de nutrientes de todo el sistema en conjunto, por lo que estos organismos son los encargados de suplir las necesidades de producción de nutrientes y captación de agua (Barrera y Osorio, 2006).

En cuanto a la diversidad encontrada en los dos sitios, si bien los índices de similaridad indican una baja relación, se debe tener en cuenta que los únicos taxones que se observan en las dos zonas de muestreo fueron también las más dominantes dentro de los cuadrantes, representando hasta el 95% de la cobertura total de estos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al profesor Silvio Zuluaga por su asesoría y formulación en el proyecto planteado, así como el apoyo durante la salida de campo. Agradecemos al profesor Edgar Linares por su ayuda en la determinación de los diferentes organismos evaluados en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

BARRERA, E. OSORIO, F. Briófitas: Musgos, Hepáticas y Antocerotes. Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos. CONAMA, Santiago. . 2006. 346-351 pp.

MAUSETH, JD. PLEMONS, BJ. Developmentally variable, polymorphic woods in cacti. Amer. J. Bot. 1995: 82, 1199-1205.

MERCHÁN, J. ÁLVAREZ, J. DELGADO, M. Retención de agua en musgos de páramo de los municipios de Siachoque, Toca y Pesca (Boyacá). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 2011:5(2): 295-302.

WILL-WOLF, S.; ESSEEN, P.A. y NEITLICH, P. (2002) Monitoring Biodiversity And Ecosystem Function: Forests. Pp. 203-222. In: P.L. Nimis; C. Scheidegger y P.A. Wolseley (eds.). Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

**COLORACIÓN Y PROPORCIONES CORPORALES EN CURCULIONIDAE:
ADAPTACIONES A LA SABANA CASMÓFITA DE LA SERRANÍA LA LINDOSA**

**Colour and body proportions: adjustments to the Casmophytic Savannah on
Serranía La Lindosa**

ALEJANDRA ALVAREZ ZAPATA^{1*},
ROCÍO DELVALLE QUEVEDO^{1**}

¹Estudiante de Biología, Universidad Nacional de Colombia,
Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
*aalvarez@unal.edu.co, **rdelq@unal.edu.co

RESUMEN

Las sabanas son ecosistemas en los que los organismos se encuentran sometidos a presiones con respecto a regulación de temperatura y pérdida de agua en su cuerpo; sus especies desarrollan estrategias que contrarrestan estas presiones, por ejemplo los patrones de coloración clara para reflejar mejor la radiación, o el aumento en el tamaño corporal para reducir la relación superficie volumen y absorber menos radiación. En el presente trabajo se estudiaron las coloraciones clara y oscura presentadas por dos morfoespecies de la familia Curculionidae colectadas en la Sabana Casmófito de la Serranía La Lindosa en el Guaviare. Los individuos de color oscuro tuvieron una menor área superficial y fueron encontrados refugiándose durante el día, lo cual sugiere que los organismos están usando estrategias relacionadas con color y tamaño corporal como adaptaciones a las presiones del ambiente.

Palabras claves: Sabana, coloración, relación área/volumen, refugio.

ABSTRACT

Savannas are ecosystems in which organisms are subjected to pressure with respect to temperature control and water loss in your body. Therefore, they develop strategies that counteract these pressures, for instance light-colored patterns to better reflect the radiation, or the increase in body size to reduce the volume and surface area to absorb less radiation. In the present work we studied two strategies presented by two morphospecies family Curculionidae collected in the Casmophytic Savanna on Serranía La Lindosa in Guaviare. One was colored and another black. The light-colored individuals were smaller, had a higher relative surface and were in a place exposed the savanna. The dark-colored individuals had lower surface area and were also found refuge in flowers during the day. This suggests that organisms are using strategies related to color and body size as an adaptation to savanna ecosystem.

Key words: Savanna, coloration, surface/volume relationship, refuge.

INTRODUCCIÓN

La sabana ha sido definida como un ecosistema tropical estacional con una cobertura herbácea más o menos continua y una cobertura arbórea discontinua en proporciones variadas. Usualmente tienen como limitante el agua, generando sequías que puede inducir a los árboles a deshacerse de sus hojas y a las hierbas a researse (House y Hall, 2001). El hecho de ser ecosistemas prácticamente sin dosel, en el que la radiación llega más directamente y que se presente una época en la que la disponibilidad de agua disminuye, puede generar presiones sobre la biota que en ella se encuentra con respecto a la regulación de la temperatura y el volumen de agua (Pereboom y Biesmeijer, 2003).

La temperatura es importante para los organismos porque dentro de ciertos límites, un aumento en la temperatura aumenta la tasa de las reacciones físicas y químicas. Es inevitable que los animales interactúen con su ambiente térmico inmediato y que haya intercambio de calor entre los dos, pero los animales han podido manipular este intercambio para su ventaja mediante la regulación de su temperatura corporal aumentando o disminuyendo el calor ganado o perdido (Kay, 1998).

Un aspecto importante de algunos animales, entre los que encuentran los insectos, es que son ectotermos o termoconformes, es decir, asumen la temperatura del medio que los rodea. La forma más importante en la que los ectotermos obtienen calor es mediante la absorción de radiación solar. Y una de las formas en las que pierden calor es mediante los procesos de evaporación. Hacer que el agua pase de un estado líquido a uno gaseoso requiere una gran cantidad de energía en forma de calor (Kay, 1998). Pero esto también implica una pérdida de agua para el animal, en un medio en el cual este recurso es escaso, como lo es la sabana.

Frente a dicha situación los animales ectotermos tienen varias estrategias que contrarrestan el exceso de calor y la pérdida de agua. Entre estas estrategias se cuentan como importantes los patrones de coloración y las proporciones corporales. Se conoce que los invertebrados alteran el color de su superficie para maximizar o reducir su absorción de calor, colores más oscuros producen mayor absorción (Kay, 1998). Dichos cambios de color generalmente son dependientes del integumento. Estas coloraciones además de los pigmentos, se pueden obtener por interferencia o difracción de la luz con variaciones en las irregularidades de las superficies. Por ejemplo, cuando las irregularidades son grandes con relación a la longitud de onda de luz, todos los colores se reflejan de la misma forma, y el color blanco resulta (Guillot, 2005).

Muchos están adaptados para vivir en condiciones térmicas extremas, y bajo éstas el tamaño y la coloración del cuerpo (Willmer y Unwin, 1981, citado en Pereboom y Biesmeijer, 2003) se convierten en factores de gran importancia ya que regulan la pérdida de calor por medio de la convección, la radiación y la evaporación (Digby, 1955; Heinrich, 1993, citados en Pereboom y Biesmeijer, 2003). Los animales, también han podido cambiar las proporciones corporales internas, es decir, variar las relaciones de sus áreas con respecto a sus volúmenes, pues una menor superficie con respecto al volumen implicará menor exposición a la radiación y con esto, menor ganancia de calor y menor presión a perder agua por evaporación. Usualmente los cambios alométricos vienen a ser compensaciones frente a necesidades del área superficial (e.g. pérdida de calor) y del volumen (McMahon y Tyler, 1986).

A continuación se presentan los resultados de un estudio que tuvo como objetivo valorar las estrategias de dos morfoespecies de Curculionidae de sabana en su coloración y tamaño corporal, como técnicas de termorregulación. Se hipotetizó que los individuos presentarían coloraciones claras que disminuyan la absorción de calor o relaciones superficie volumen bajas que reduzcan la exposición al sol y a la pérdida de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Sabana Casmófito de la Serranía de La Lindosa, en los 2°28'03,8"N y 72° 42' 52,5" W, del municipio de San José del Guaviare, durante el 24 y 25 de Abril de 2013, entre las 11 y las 16 hrs. Se colectó la mayor cantidad de ejemplares que fue posible de la familia Curculionidae mediante el uso de dos jamas y se conservaron en alcohol al 70%. Además se obtuvieron datos de temperatura media y humedad relativa mediante un higrómetro digital.

Los individuos negros se separaron de los de color claro y se midió la biomasa de cada uno, usando una balanza de OHUS AS120 de sensibilidad 0.0001g en el laboratorio de Ecología de la Universidad Nacional de Colombia. También se midió la longitud total y el diámetro con un micrómetro integrado al ocular de un estereoscopio Leica S8AP0 de 16X/16, en el Laboratorio de Sistemática y Biología Comparada de Insectos del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional. A partir de estos datos se calculó el área y el volumen de los insectos, con base en la aproximación del cuerpo de éstos a un cilindro, con la fórmula:

$$A = 2\pi r (r + h)$$
$$V = \pi r^2 h$$

Siendo A el área, V el volumen, r el radio y h la altura del cilindro (Palmer y Bibb, 2003).

Además se calculó la relación superficie volumen para cada individuo. Luego de la verificación de los supuestos de normalidad de las diferentes variables, se aplicaron pruebas de t de student para comparar las variables morfológicas de los individuos de color claro con aquellas de los de color negro. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sitio de estudio, la Sabana Casmófito, tuvo una temperatura de 33,75°C y una humedad relativa del 50%.

Se midieron en total 111 individuos de la familia Curculionidae, 75 negros y 36 claros. Los individuos de colores negros con respecto a los de colores claros no mostraron diferencias significativas en su longitud total ($p=0,16$, Fig. 1 y Tabla 1). En cambio el diámetro, la biomasa, el área superficial y el volumen de los individuos negros fueron significativamente mayores ($p \ll 0,01$) que los individuos de coloración clara (Figura 2). Además, los individuos de colores claros mostraron una relación superficie-volumen mayor ($p \ll 0,001$) que los individuos de color negro (Figura 3).

Variable	Negro	Claro	P-valor
Longitud (mm)	4,3177	4,2556	0,18
Diametro (mm)	1,892	0,99773	<<0,01
Biomasa (mg)	0,0034347	0,0013389	<<0,01
Area (mm ²)	31,35	14,929	<<0,01
Volumen (mm ³)	12,214	3,3474	<<0,01
S/V (m ⁻¹)	2,5835	4,4916	<<0,01

Tabla 1. Prueba T de student para los valores de las variables morfológicas de individuos con diferente coloración de la familia Curculionidae en la Sabana Casmófito de la Serranía de La Lindosa. Corresponden a las medias de cada conjunto de datos para los individuos negros (N=75 individuos) y claros (N=36 individuos).

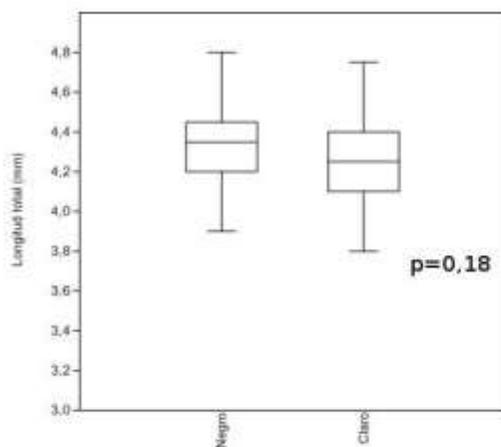


Figura 1. Longitud total de individuos con diferente coloración de la familia Curculionidae en la Sabana Casmófito de La serranía de La Lindosa. Negros: N=75, Claros: N=36.

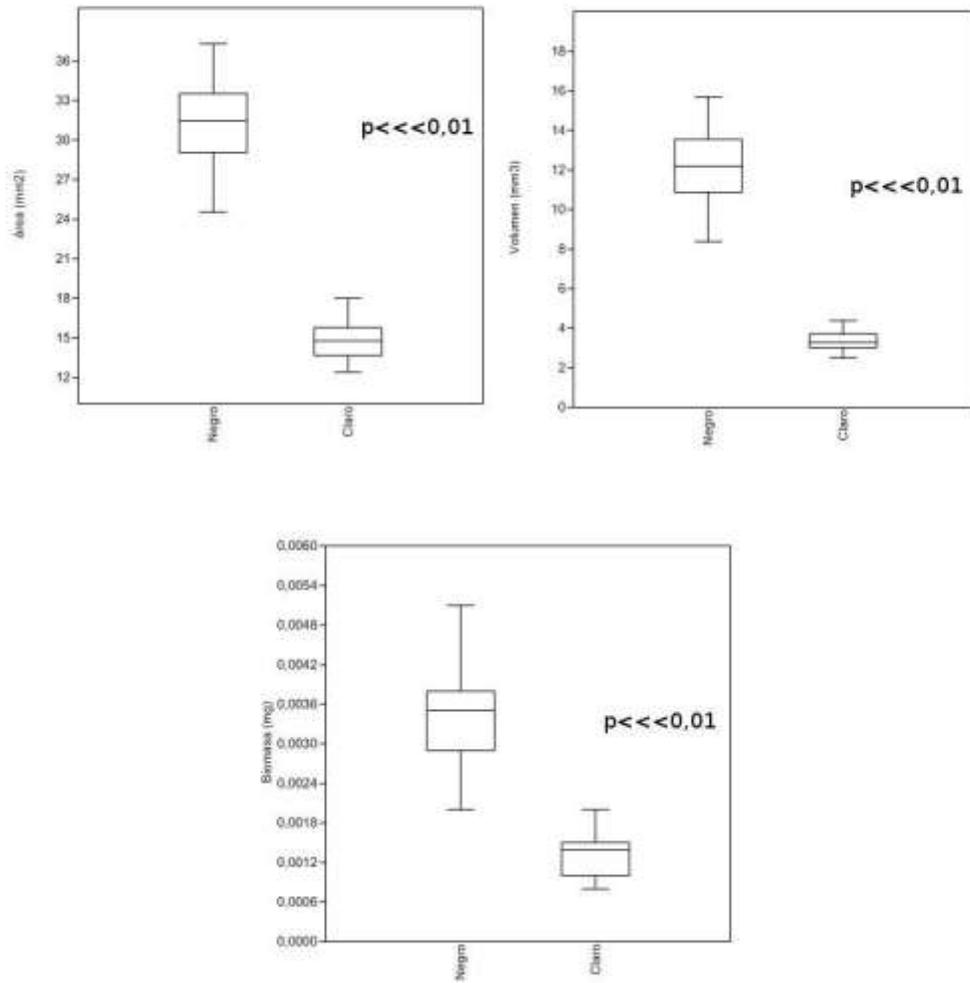


Figura 2. Variables morfológicas de individuos con diferente coloración de la familia Curculionidae en la Sabana Casmófito de la Serranía de La Lindosa. El área y el volumen fueron calculados a partir de las medidas directas de longitud total y diámetro, con la fórmula para el volumen de un cilindro. Negros: N=75, Claros: N=36.

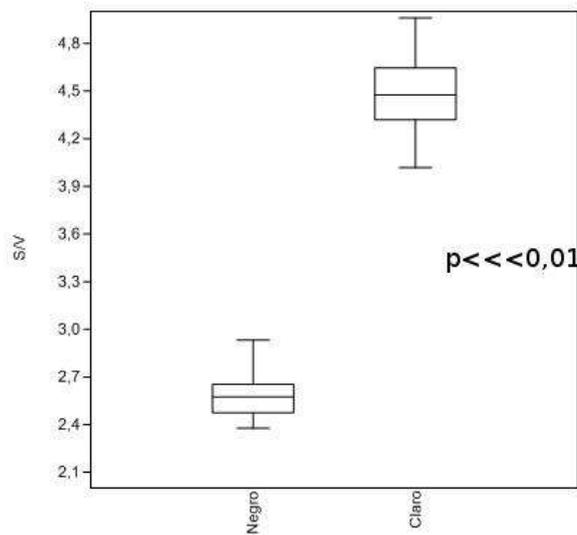


Figura 3. Relación Superficie/Volumen de individuos con diferente coloración de la familia Curculionidae en la Sabana Casmófito de la Serranía de La Lindosa. Negros: N=75, Claros: N=36.

Es sabido que cuando el tamaño de los organismos se incrementa, hay un decrecimiento proporcional en el área de superficie relativa (SA), expresada por la ecuación (dada por Hadley en 1994) $SA = \text{masa del cuerpo}^{0.67}$ (Todd y Block, 1997). En los resultados obtenidos los individuos de una mayor biomasa (negros) tuvieron una SA (con relación al volumen) menor. Los animales con masa más pequeña y SA grande tienen tasas de pérdida de agua por evaporación relativamente más altas (Todd y Block, 1997). En este sentido, los insectos más pequeños tienen las coloraciones más claras, ya que estas coloraciones absorben menos radiación, con lo cual se reduce la presión hacia la pérdida de calor por evaporación; esto contrarrestaría la pérdida de agua.

Estas ventajas por la coloración clara de los individuos de la familia Curculionidae también se ha encontrado en las abejas. En general, las abejas de colores más claros tienen ventajas en los hábitats de tierras bajas, abiertas y de altas temperaturas, mientras que las abejas de colores oscuros son más aventajadas en los hábitats húmedos y montañosos. Por ejemplo, las trigonas, que son pequeñas y de colores claros, forrajeaban más a pleno sol y en diferentes momentos, que las abejas más grandes y oscuras (Willmer y Corbet, 1981, citados en Pereboom y Biesmeijer, 2003).

Los individuos de mayor tamaño y que además son de color negro, absorben mayor radiación y estarían en desventaja en un ambiente donde la temperatura es alta. Pero su menor superficie relativa viene a contrarrestar esta desventaja y evitar así el exceso de calor. Adicionalmente a la esperada menor superficie expuesta, los individuos de esta morfoespecie fueron encontrados refugiándose dentro de flores de unas gramíneas de la Sabana Casmófito, evitando de esta manera la radiación directa del sol. Por el contrario, de los individuos de color claro se encontraban expuestos en las hojas de las otras gramíneas de la misma sabana. Existe entonces un complemento entre el sitio donde el

insectos se localiza durante el día, y un área superficial expuesta menor, para enfrentarse a la presiones de la sabana.

Los insectos pueden tener otras estrategias de termorregulación relacionadas con la circulación y comportamientos de huida (Guillot, 2005), que en este caso no se han evaluado. Este sencillo estudio es un acercamiento y un claro ejemplo de cómo las adaptaciones de coloración y las proporciones corporales se complementan para hacer posible que individuos tanto negros como claros habiten en un ecosistema con grandes exigencias.

Para estudios futuros se sugiere evaluar la pérdida de agua mediante medidas consecutivas del peso fresco de los individuos, y con establecer si hay diferencias en la efectividad de las estrategias de respuesta a las estrategias de sabana. También se pueden incluir análisis sobre la rugosidad y reflectividad de las superficies cuticulares.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de sistemática y biología comparada de insectos, y a los Profesores Gabriel Pinilla y Silvio Zuluaga por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

DE JONG P., SANDER W. S., GUSSEKLOO y BRAKEFIELD P. Differences in thermal balance, body temperature and activity between non-melanic and melanic two-spot ladybird beetles (*adalia bipunctata*) under controlled conditions. *The Journal of Experimental Biology* 1996:199, 2655–2666.

GUILLOT C. 2005. *Entomology*. 3th edition. Springer, The Netherlands.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electrónica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HOUSE JI y HALL DO. 16. Productivity of tropical savannas and grassland. *Terrestrial Global Productivity* 2001:363-400

KAY I. 1998. *Intoduction to animal physiology*. BIOS SCIENTIFIC PUBLISHERS. Oxford, UK.

McMAHON TH y TYLER J. 1986. *Tamaño y Vida*. Barcelona Prensa Científica Editorial Labor

PALMER, C. y BIBB, F. 2003. *Matemáticas prácticas*. Segunda edición. España. Editorial Reverté S.A.

PEREBOOM, J. y BIESMEIJER, J. Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. *Oecologia* 2003: 137,42–50

PARKASH R., SINGH S. y RAMNIWAS, S. Seasonal changes in humidity level in the tropics impact body color polymorphism and desiccation resistance in *Drosophila*

jambulina—Evidence for melanism-desiccation hypothesis. *Journal of Insect Physiology* 2009: 55 ,358–368

TODD, C. y BLOCK, W. Responses to Desiccation in Four Coleopterans from Sub-Antarctic South Georgia. *Journal of Insect Physiology*. 1996:43(10): 905–913,

ABUNDANCIA DE UNA PLANTA CARNIVORA (*Drosera cayennensis*) EN RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO.

Abundance of a carnivorous plant (*Drosera cayennensis*) relative to soil water availability.

YENNI LIZETH ALONSO-MORENO¹
DAVID FELIPE RODRÍGUEZ-MORA².

¹Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. ylalonsom@unal.edu.co

²Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. dfrodriguezmo@unal.edu.co

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del contenido de agua en el suelo y la abundancia de *Drosera cayennensis* se realizaron muestreos en 31 transectos con droseras y 31 transectos sin estas, se calculó la capacidad de campo para la mitad de los transectos y la pendiente para la totalidad de los mismos. Dado que los datos obtenidos no presentan la condición de normalidad se realizaron pruebas de Wilcoxon para comparar las zonas de presencia y ausencia y una prueba de Kruskal-Wallis para comparar las 5 zonas donde se encontraban los transectos, también se realizó una correlación de Spearman entre el agua y la abundancia. En cuanto a la pendiente no se estableció ningún tipo de relación. Se encontró que aunque no hay una relación directa de crecimiento de droseras con el aumento del agua en el suelo, estas poseen un rango óptimo de humedad entre el 24 y 28% en el cual crecen. Adicional a esto se reporta la influencia de la estabilidad hídrica del suelo, lo cual se sugiere estudiar en futuras investigaciones. Ya que en la zona se presentaron disturbios por quemas en la sabana recientemente, se asume que la alta abundancia de droseras observadas se debe en parte a esta característica.

Palabras clave: Serranía de La Lindosa, plantas carnívoras, poblaciones de *Drosera cayennensis*, capacidad de campo, inclinación del terreno

ABSTRACT

In order to assess the abundance of *Drosera cayennensis* related to the water content of soil, we counted the number these plants in 31 quadrants with presence and 31 quadrants with absence of it. We calculated field capacity for half of the quadrants and landform grade to all of them. Granted that the data did not show normality, we carried out Wilcoxon tests to compare the zones with presence and absence, and a Kruskal-Wallis test to compare 5 zones where the quadrants were found. We also conducted a Spearman correlation analysis between water and abundance. Regarding the landform grade there was no kind of relationship. We found that in spite of the lack of relationship between plants abundance and soil water content, they do have an optimal growth range of humidity between 24 and 28%. In addition, we report the influence of the water stability of soil, and suggest studying this in the future. Because there were recent disturbances derived from fires in the savannah, we assume that the high abundance of the plant is caused as a consequence of this phenomenon.

Keywords: Serranía de La Lindosa, carnivorous plants, *Drosera cayennensis* populations, field capacity, landform grade.

INTRODUCCIÓN

La complejidad de adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las plantas que se caracterizan por ostentar formas de vida carnívoras han sido parte del interés científico desde la época victoriana del Reino Unido (Chase *et al.*, 2009). Como consecuencia de esta trayectoria investigativa, en los últimos años se ha podido entender que la existencia de esta estrategia de supervivencia en el reino vegetal obedece a la convergencia de una multitud de atributos (Król *et al.*, 2012) que permiten una alternativa de adaptación a ecosistemas con suelos pobres en nutrientes, y en algunos casos ecosistemas en donde no se acumula la energía derivada de la vegetación y del litter en razón a la frecuencia de incendios naturales (Brewer, 1999).

Son pocos los estudios ecológicos que se han llevado a cabo para evaluar la relación existente entre la abundancia de las poblaciones y comunidades de plantas carnívoras y las variables físicas de los ecosistemas en los que estas han evolucionado. Por ende aún no ha sido posible construir una idea más contextualizada sobre la emergencia de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas que sustentan la estrategia de supervivencia carnívora en el reino de las plantas.

En el presente estudio nos propusimos evaluar la relación entre la disponibilidad de agua en la Sabana Casmófito de la Serranía de La Lindosa y la abundancia de dos poblaciones de *Drosera cayennensis*.

Lugar de Estudio: Ubicada en una franja entre 225 y 470 m, con una extensión de aproximadamente 12.000 has, La Serranía de La Lindosa es una de las pocas formaciones rocosas que se encuentran en la Amazonía colombiana. Presenta un clima catalogado como tropical lluvioso, caracterizado por una precipitación de tipo monomodal, con una tasa promedio de 2800 mm de agua al año y por dos estaciones climáticas predominantes, una seca entre noviembre y febrero, y una lluviosa entre marzo y octubre (Cárdenas, 2004).

La Serranía de La Lindosa está conformada en casi su totalidad por rocas sedimentarias de la formación Araracuara, rodeada a su vez por otras unidades como la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare (la cual forma el relieve de colinas que se presenta al sur del municipio de San José del Guaviare) y como las rocas sedimentarias del denominado terciario de la Amazonía. Así mismo, al igual que la Serranía de la Macarena y la Serranía de Chibiriquete, hace parte de la expresión más occidental del núcleo precámbrico del continente suramericano.

Dentro de la Serranía de La Lindosa se encuentran ecosistemas particulares como resultado de la influencia de las regiones orinocense, amazonense y guyanesa. Las plantas que crecen allí tienen que sobrellevar condiciones extremas de suelos poco desarrollados y muy pobres en nutrientes, cambios drásticos de temperatura entre el día y la noche, estrés hídrico y una fuerte exposición a los vientos; sin contar con la dura exposición a incendios naturales que impide la acumulación de energía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la cuantificación de la abundancia de *Drosera* sp en la zona se realizaron transectos en zonas con presencia y ausencia de las mismas, en cada uno de ellos se tomaron medidas para el cálculo de la pendiente y de cada tercer transecto se tomó una muestra de suelo con el objetivo de calcular el porcentaje de humedad que puede ser retenido por este tipo de suelo. La determinación de los transectos fue aleatoria para las zonas que poseían la planta y para las que no, se determinaron seis zonas para dicho fin de las cuales para las primeras cuatro se tomaron transectos con *Droseras* y la zona tres, cinco y seis se tomaron los transectos con ausencia de plantas.

zona	N° de transectos	Abundancia
1	10	63
2	10	56
3	20	109
4	2	165
5	10	0
6	10	0

Tabla 1. Numero de transectos y abundancias de los mismos.

El cálculo de la pendiente se hizo hallando las longitudes de los 3 lados de un triángulo rectángulo, el ángulo recto se determinó con la ayuda de una manguera y un poco de agua hallando el equilibrio del agua a ambos lados de una manguera en forma de U como se muestra en la diagrama 1. Teniendo la medida de la longitud de los tres lados del triángulo y el ángulo recto se aplicó el teorema Pitágoras con la ecuación 1. para obtener el ángulo de la pendiente.

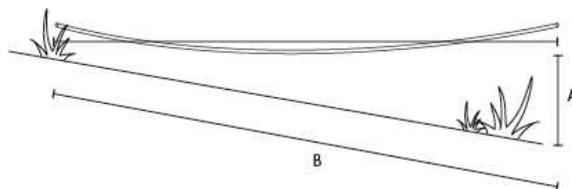


Diagrama 1. Metodología usada para el cálculo de la pendiente en campo.

$$P = \cos^{-1} \left(\frac{A}{\sqrt{(A^2) * (B^2)}} \right)$$

Ecuacion1. Calculo de la pendiente A Y B pueden verse en el diagrama 1.

Para el porcentaje de humedad retenida por cada transecto, se tomó una muestra de suelo con un vaso de plástico duro con el objetivo de mantener la estructura del mismo hasta la llegada a Bogotá, en el laboratorio se procedió a cubrir con un trozo de angeo todas las muestras de suelo sin retirar la estructura plástica y saturarla de humedad, se tomó el peso de estos cilindros como peso inicial. Se secaron las muestras a 65°C por 3 días y posterior a esto se pesaron nuevamente y se determinó este como el peso final. El porcentaje se obtiene a través de la ecuación 2.

$$\% \text{ de humedad} = 100 - \left(\frac{\text{peso final} * 100}{\text{peso inicial}} \right)$$

Ecuación 2. Porcentaje de humedad.

Análisis estadístico:

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilks con el objetivo de comprobar la normalidad de los datos. Como resultado se obtiene que la distribución de los datos no es normal (tabla 2), el mismo resultado se obtuvo al sacar logaritmo y raíz cuadrada de estos. Por lo anterior, se realizó una prueba de Wilcoxon que es el homólogo a la prueba t-student para datos no paramétricos, una prueba de Kruskal-Wallis para análisis de varianza entre los cinco sitios estudiados y la correlación de Spearman para ver la posible relación entre variables.

Abundancia	
W = 0.7546	p-value = 1.171e-08
Agua	
W = 0.8986	p-value = 0.007746
Pendiente	
W = 0.837	p-value = 1.283e-06

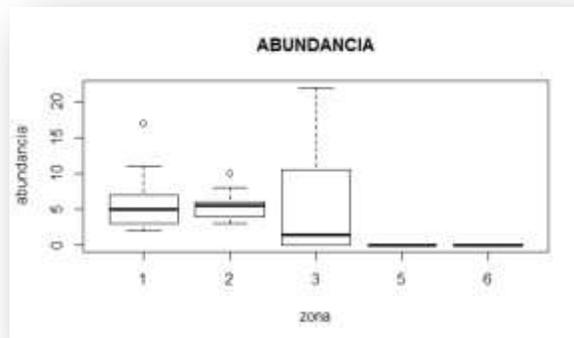
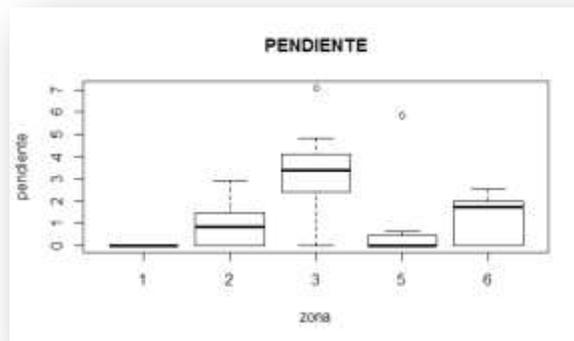
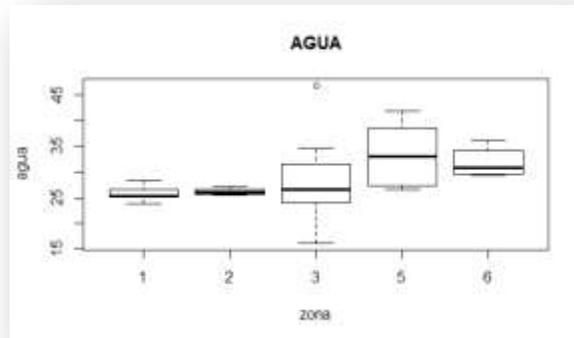
Tabla 2. Prueba de normalidad Shapiro-Wilks para cada una de las variables estudiadas.

RESULTADOS

Se realizaron en total 62 transectos en 6 zonas, divididos en dos grupos de 31 transectos con presencia de plantas carnívoras y 31 con ausencia de las mismas. En los 31 transectos del grupo 1 se contaron en total 393 individuos en 4 zonas diferentes. Se obtuvieron datos de pendiente para cada transecto y datos de humedad para la mitad de transectos por cada zona es decir en total 31 datos de humedad de suelo.

Para analizar el comportamiento de cada variable se realizaron boxplot por zonas de campo (exceptuando la zona 4 debido a sus características particulares) y zonas de presencia-ausencia de los individuos. En la figura 1. se analizan las variables de abundancia de plantas, porcentaje de agua y valor de pendiente para cada zona de campo. La abundancia de las zonas cinco y seis es nula, esto debido a que fueron zonas escogidas con dicho fin para poder comparar sus valores de agua y de pendiente. La zona tres presenta la mayor variabilidad, esto debido a que de los 20 transectos en esta zona 10 no poseían ningún individuo y los otros 10 si poseían de manera variada un número determinado de individuos. Las zonas uno, dos y tres presentan valores promedio de porcentaje de agua bastante cercanos entre sí, por otra parte las zonas cinco y seis donde no se contaron individuos presentan valores más altos de humedad. La zona tres de nuevo es la que presenta mayor variación para esta característica. La pendiente es la característica más variable entre sitios donde la zona tres presenta los valores más altos y la mayor variabilidad, las zonas uno y cinco presentan valores nulos de pendiente es decir

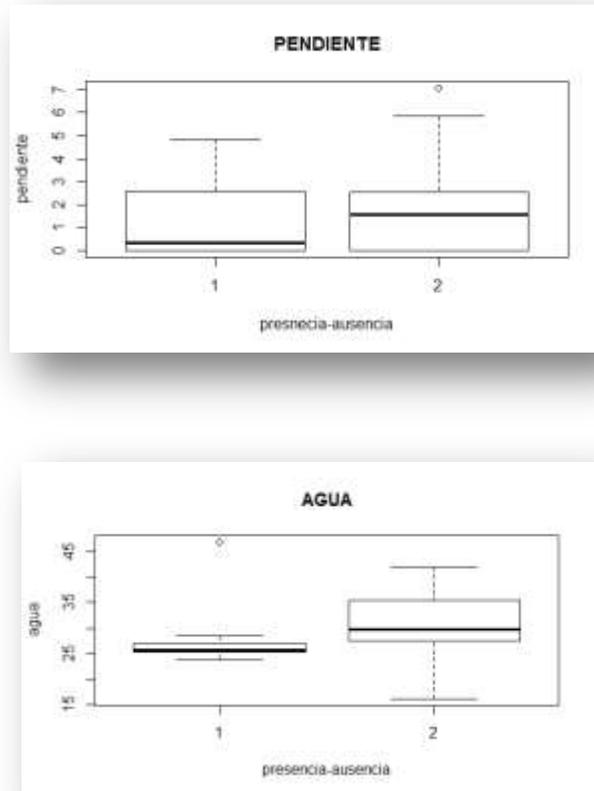
son zonas completamente planas y aunque las zonas 2 y 6 presentan valores similares los valores promedio de cada zona varían entre sí, es decir aunque sus valores se superponen la zona 6 tiende a presentar por transectos valores más altos.



Grafica 1. Boxplot de porcentaje de agua (superior), pendiente (medio) y abundancia (inferior) para las zonas estudiadas (exceptuando la zona 4 debido a sus características extremas para las tres variables estudiadas y su número de muestreo pequeño).

Los valores de pendiente parecen distribuirse de manera igual para las zonas de presencia y ausencia de Droseras (Grafica 2.), a excepción de un outlier que observamos en la zona 2 (ausencia). En cuanto al porcentaje de agua la más clara

diferencia puede darse en la variación de esta característica, la zona de presencia de plantas presenta unboxplot bastante estrecho lo que nos dice que los valores varían poco de la media, mientras en la zona de ausencia la variación es bastante alta y el valor de la mediana es igual superior al de la zona de presencia de Droseras, es decir tienen promedios diferentes, pero aun así los valores se sobrelapan.



Grafica 2. Boxplot de pendiente (superior) y porcentaje de agua (inferior) para las zonas agrupadas por presencia y ausencia de *Droseras*.

Para comparar los datos obtenidos entre las regiones de presencia y ausencia se realizó la prueba de Wilcoxon. Para la variable de pendiente se obtuvo un resultado de p-valor de 0.2745, es decir no hay diferencias significativas entre las medias de esta variable en ambas zonas, mientras que para el porcentaje de agua parece haber diferencias significativas para los valores promedio de ambas zonas (Tabla 3.).

Wilcoxon-test	pendiente by zona p-a	
	W = 378,	p-value = 0.2745
	agua by zona p-a	
	W = 51,	p-value = 0.009875

Tabla 3. Prueba de Wilcoxon para las variables de pendiente y porcentaje de agua para zonas de presencia y ausencia.

Para el análisis de varianzas entre las cinco zonas de estudio se realizó una prueba de Kruskal-Wallis en cada variable como se muestra en la Tabla 4. Observamos que en todos los casos el p-valor es inferior a 0,05 esto nos indica que hay diferencias estadísticamente validas entre las pendientes, abundancias, y porcentajes de agua para las cinco zonas, para mayor detalle puede observarse en la figura 1. Los boxplot de cada variable por zona, donde como se nombró anteriormente, tanto los promedios como los rangos de la caja de cada zona son diferentes.

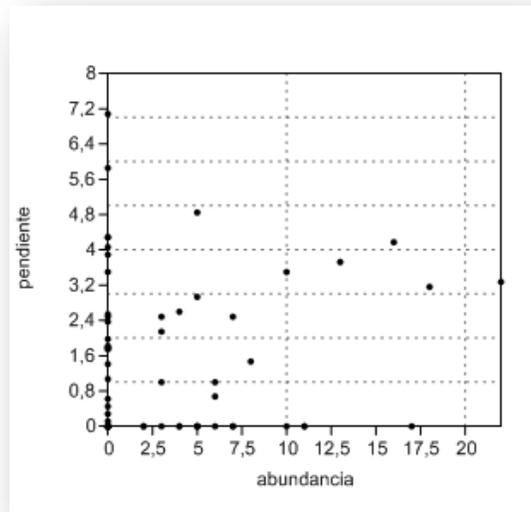
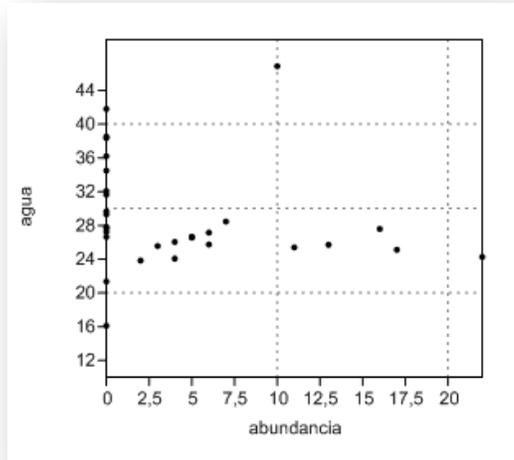
Kruskal-test	abundancia by zona		
	chi-squared = 29.269	df = 4	p-value = 6.893e-06
	agua by zona		
	chi-squared = 10.1671	df = 4	p-value = 0.03771
	pendiente by zona		
	chi-squared = 32.9344	df = 4	p-value = 1.232e-06

Tabla 4. Prueba Kruskal-Wallis para las variables de abundancia, agua y pendiente.

La correlación de Spearman entre las variables de humedad y abundancia muestran que no existe una relación de ningún tipo entre la cantidad de agua presente en el suelo y el número de plantas en la zona (Tabla 5), en la gráfica 3 se observa un diagrama de puntos donde se muestra la distribución de ambas variables respecto a la abundancia, acá se ven claramente para las zonas de abundancia nula valores de humedad y pendiente incluso mayores a algunas zonas donde sí se presentaron Droseras.

abundancia por agua correlación	
S = 6298.737,	p-value = 0.02796

Tabla 5. Correlación de Spearman entre abundancia y porcentaje de agua.



Grafica 3. Grafica plot para porcentaje de agua (superior) y pendiente (inferior) que permite observar gráficamente la relación entre estas variables y la abundancia.

DISCUSIÓN

La pendiente fue analizada debido a la posible relación con la abundancia de agua, dado que en zonas de alta pendiente el agua podría deslizarse hacia zonas bajas dejando estos terrenos con déficit de humedad, ya que en la zona tres se presentan los valores más altos de pendiente como se observa en la gráfica 1. Se esperaría encontrar valores muy bajos de humedad para algunos transectos, pero al parecer esta relación no se presenta significativamente, por ende dicha hipótesis es descartada y también la posibilidad de que sea un factor influyente en la abundancia de *Drosera cayennensis*.

En cuanto al agua observamos que a pesar de no haber un relación directa de esta sobre la abundancia, la presencia de las plantas si se encuentra en un rango muy estrecho. Esto puede hablarnos de un rango óptimo de humedad y de una referencia de estabilidad en esta. En el muestro de la zona 3 se obtuvieron muestras de suelo donde le nivel del agua

cubría el suelo; en estas zonas no se encontraban droseras. La relación puede darse ya que al estar cubiertas las plantas no hay acceso a presas y también se produce ahogamiento de estas, pero es claro que necesitan de agua en abundancia para sobrevivir. Entre 24 y 28% es el rango de agua óptimo para plantas; esto nos lleva a concluir que no hay una relación directa pero la cantidad de agua en el suelo si es un factor determinante en su abundancia. Los individuos de *Drosera* de la Serranía La Lindosa se desarrollan en suelos con un 24 a 28% de humedad y no son tolerantes a suelos muy húmedos o secos. Adicional a esto y con relación con las droseras y la cantidad de agua, encontramos que la estabilidad del agua en el suelo puede ser otra variable que condicione la presencia de *Drosera cayennensis* en la Sabana Casmófito y esto a su vez se relaciona con la profundidad del suelo (Guber *et al.*, 2008; Dongli *et al.*, 2012).

Las plantas carnívoras suelen encontrarse en muchas ocasiones en zonas de exposición, no solo a suelos pobres en nutrientes si no a disturbios por fuego, como es el caso de la Sabana Casmófito. Aunque no se han realizado estudios sobre este tema para la Serranía de La Lindosa, la temporada seca de la zona va de noviembre a febrero y por algunas observaciones sobre la vegetación de la zona, el periodo de quema había sucedido hace no más de seis meses. Dicho evento puede favorecer la abundancia de *Drosera cayennensis* (DeBuhr, 1975; Keeley, 1987; Kitajima y Tilman, 1996), esto debido a varias razones. La primera y más evidente es la eliminación de otras plantas dominantes y de gran tamaño que proporcionan sombra, a la cual las droseras son poco tolerantes (Givnish *et al.*, 1984); el fuego elimina aquellas plantas que ocupan gran parte del suelo (Keeley, 1987; Kitajima and Tilman, 1996), permitiendo la entrada de luz directa que aprovecha los individuos de *Drosera*. La segunda es la eliminación de materia orgánica vegetal muerta acumulada en el suelo, la cual no solo impide el paso de luz sino que dificulta el acceso a insectos como *Drosophila* sp., los cuales parecen ser bien consumidos por las droseras (Gibson, 1983). Y la tercera y quizás más importante es la germinación de las semillas de droseras, la cual se da solo bajo altas temperaturas generadas en el ambiente natural por las quemadas periódicas de las sabanas (DeBuhr, 1975).

Como conclusión encontramos que las droseras de la Serranía La Lindosa tienen un rango óptimo de humedad en el suelo, en el cual estas pueden crecer. Anomalías con respecto a este rango se presentan solo en aquellas droseras que se encuentran creciendo sobre briofitos y estos a su vez sobre rocas. Con respecto al fuego, encontramos que es probable que en el momento en el que se realizó el muestreo la abundancia de plantas y plántulas fuera mucho mayor, ya que el periodo de quema sucedió recientemente y este pudo favorecer fuertemente la presencia de *Drosera cayennensis* en la zona

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial el apoyo y la orientación de los profesores de la asignatura Ecología Regional Continental, Silvio Zuluaga, Gabriel Pinilla y Edgar Camero. A los habitantes de Playa Güío en el Guaviare. A nuestros familiares, amigos y allegados, sin quienes este trabajo no habría podido llegar a buen término.

BIBLIOGRAFÍA

- ADLASSNIG W., M. PEROUTKA, H. LAMBERS y I.K. LICHTSCHEID. The roots of carnivorous plants. 2005. *Plant and Soil* 274:127–140
- BREWER J. STEPHEN. 1999. Effects of Fire, Competition and Soil Disturbances on Regeneration of a Carnivorous Plant (*Drosera capillaris*). *The American Midland Naturalist*, 141(1):28-42.
- CHASEM.W., M. J. M. CHRISTENHUSZ, D. SANDERS, M.F. FAY. Murderous plants: Victorian Gothic, Darwin and modern insights into vegetable carnivory. *Botanical Journal of the Linnean Society*. Volume 161, 4:29–356.
- DAIRON CÁRDENAS LÓPEZ NICOLÁS CASTAÑO ARBOLEDA MAURICIO ZUBIETA VEGA MARCELO JARAMILLO ECHEVERRY. 2008. Flora de las formaciones rocosas de la serranía de La Lindosa. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- DEBUHR, L. 1975. Observations of *Byblis gigantea* in southwestern Australia. *Carnivorous Plant News*, 4: 60–63.
- DONGLI S., Y. LIU, M. SHAO, L.C. TIMM, S. YU. 2012. Temporal stability of soil water content for a shallow and deep soil profile at a small catchment scale. *AJCS* 6(7):1192-1198.
- GIBSON, T. C. 1983. Competition, disturbance, and the carnivorous plant community in the south eastern United States. Ph.D. Dissertation, University of Utah, Salt Lake City, UT. 244 p.
- GIVNISH, T. J. 1989. Ecology and evolution of carnivorous plants, p. 243–290. In: W. G. Abrahamson (ed.). *Plant-animal interactions*. McGraw-Hill, New York.
- GUBER A.K., T.J. GISH, Y.A. PACHEPSKY C, M.T. VAN GENUCHTEN, C.S.T. DAUGHTRY, T.J. NICHOLSON, R.E. CADY. 2008. Temporal stability in soil water content patterns across agricultural fields. *Catena* 73:125–133
- KEELEY, J. E. 1987. Role of fire in seed germination of woody taxa in California chaparral. *Ecology*, 68: 434–443.
- KITAJIMA, K. AND D. TILMAN. 1996. Seed banks and seedling establishment on an experimental productivity gradient. *Oikos*, 76:381–391.
- KRÓL E., B.J. PŁACHNO, L. ADAMEC, M. STOLARZ, H. DZIUBIŃSKA, K. TRĘBACZ. 2011. Quite a few reasons for calling carnivores ‘the most wonderful plants in the world’. *Ann Bot.*
- POREMBSKI S. y W. BARTHLOTT. 2006. *Advances in Carnivorous Plants Research*. *Plant Biology* 8.

ANEXO 1. Datos de abundancia, pendiente y cantidad de agua en ceds una de las zonas de estudio

Zona	Región	Transecto	Abundancia	Pendiente	% Agua	Zona	Región	Transecto	Abundancia	Pendiente	% Agua
1	1	1	11	0	25,4	3	2	32	0	23.718	21,36
1	1	2	4	0		3	2	33	0	34.989	27,65
1	1	3	17	0	25,12	3	2	34	0	42.863	
1	1	4	5	0		3	2	35	0	70.833	
1	1	5	2	0	23,84	3	2	36	0	10.735	31,66
1	1	6	2	0		3	2	37	0	18.076	
1	1	7	5	0	26,56	3	2	38	0	14.123	34,5
1	1	8	7	0		3	2	39	0	42.863	
1	1	9	7	0	28,47	3	2	40	0	38.928	
1	1	10	3	0		4	1	41	130	175.148	
2	1	11	5	29.357	26,67	4	1	42	35	214.792	47,22
2	1	12	6	0,678		5	2	43	0	0	27,25
2	1	13	6	0	25,74	5	2	44	0	0	26,65
2	1	14	8	14.688		5	2	45	0	0	
2	1	15	3	1	25,57	5	2	46	0	0,6216	41,8
2	1	16	10	0		5	2	47	0	0	
2	1	17	6	1	27,15	5	2	48	0	0,452	38,36
2	1	18	5	0		5	2	49	0	58.56	38,53
2	1	19	4	0	26,05	5	2	50	0	0,2826	
2	1	20	3	21.462		5	2	51	0	0	
3	1	21	10	34.989	46,88	5	2	52	0	0	27,83
3	1	22	5	48.478		6	2	53	0	0,1132	29,32
3	1	23	13	37.241	25,71	6	2	54	0	0	32,08
3	1	24	11	0		6	2	55	0	0	36,21
3	1	25	22	32.737	24,27	6	2	56	0	24.847	
3	1	26	18	31.611		6	2	57	0	25.41	29,67
3	1	27	16	41.74	27,59	6	2	58	0	17.511	
3	1	28	3	24.847		6	2	59	0	19.769	
3	1	29	4	25.974	24,07	6	2	60	0	0	
3	1	30	7	24.847		6	2	61	0	17.511	
3	2	31	0	40.615	16,12	6	2	62	0	18.076	