

**MURCIÉLAGOS EN ECOSISTEMAS SUBTERRÁNEOS DE SANTANDER,  
COLOMBIA**

**WILIAN RICARDO PRADA DURÁN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2014**

**MURCIÉLAGOS EN ECOSISTEMAS SUBTERRÁNEOS DE SANTANDER,  
COLOMBIA**

**WILIAN RICARDO PRADA DURÁN**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título  
de Biólogo**

**DIRECTOR**  
**Edgar Daniel Rodríguez**  
**BsC Biología**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA**  
**BUCARAMANGA**

**2014**

## Agradecimientos

He de agradecer a mi mamá, a mi familia, a mis profesores, a mis compañeros y amigos que hicieron parte de mi formación y del desarrollo de este trabajo de grado.

Muchas personas me ayudaron en el trabajo de campo de manera muy amable: Solymari García, Laura Luna, Robinson Pimiento, Adriana Tinoco, Norberto Forero (y toda su familia) y varios guías de turismo de Zapatoca, Curití y El Páramo, Santander. Otros profesores y compañeros me ayudaron con el manuscrito: Gregorio Moreno, Daniel Rodríguez, Yaneth Muñoz-Saba, Raúl Rodríguez, Yeimi Castillo, Jhon J. Díaz, Manuel Acevedo.

A todos ellos muchísimas gracias, por su desinteresada colaboración.

También quiero presentar una respetuosa mención de gratitud a la planta de profesores de la Escuela de Biología de la UIS y por supuesto a Yamilita; muchas gracias por su magnífica labor y amabilidad. Y por último, quiero agradecer a los compañeros de Residencias Universitarias de la UIS.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>18</b>
<b>1 OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	20
<b>2 ASPECTO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	27
3.2 TRABAJO DE CAMPO .....	30
3.2.1 Registro de Murciélagos. ....	30
3.2.2 Medición de variables físicas y mapeo de las cuevas .....	31
3.3 ANÁLISIS DE DATOS.....	32
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
4.1 DIVERSIDAD DE ESPECIES DE MURCIÉLAGOS EN LAS CAVIDADES ESTUDIADAS .....	33
4.1.1 Riqueza y Composición (Diversidad alfa).....	33
4.1.2 Estado reproductivo de las colonias de murciélagos.....	35
4.1.3 Diversidad Beta .....	40

4.2	UBICACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS AL INTERIOR DE LOS ECOSISTEMAS SUBTERRÁNEOS.....	41
4.3	RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES Y LAS ESPECIES REGISTRADAS.....	49
<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Ubicación de los ecosistemas subterráneos estudiados .....	29
Figura 2 Cueva La Alzacia .....	43
Figura 3 Cueva El Arrayán.....	44
Figura 4 Cueva El Indio .....	45
Figura 5 Cueva El Nitro. ....	46
Figura 6 Cueva La Vaca.....	47
Figura 7 Relación entre la humedad relativa (%) y la profundidad (m) para cada una de las cuevas estudiadas .....	49

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Características de los municipios donde se hallan las cavidades muestreadas.....	28
Tabla 2 Características de los ecosistemas subterráneos estudiados:.....	29
Tabla 3 Especies de murciélagos halladas en las cuevas muestreadas. ....	33
Tabla 4 Zonas de las cuevas utilizadas por las especies de murciélagos .....	42
Tabla 5 Cantidad de colonias en cada cueva muestreada .....	48
Tabla 6 Correlación Producto-Momento (Pearson), entre el número de colonias por especies y las variables Humedad Relativa y Temperatura. ....	50

## LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1 Estado reproductivo de <i>Carollia perspicillata</i> durante los muestreos.....	35
Gráfico 2 Estado reproductivo de <i>Artibeus lituratus</i> durante los muestreos.....	36
Gráfico 3 Estado reproductivo de <i>Artibeus jamaicensis</i> durante los muestreos .....	36
Gráfico 4 Estado reproductivo de <i>Desmodus rotundus</i> durante los muestreos.....	37
Gráfico 5 Estado reproductivo de <i>Anoura geoffroyi</i> durante los muestreos. ....	37
Gráfico 6 Estado reproductivo de <i>Natalus tumidirostris</i> durante los muestreos .....	38
Gráfico 7 Estado reproductivo de <i>Glossophaga soricina</i> durante los muestreos...38	
Gráfico 8 Estructura alimenticia de los murciélagos en las cuevas estudiadas. .39	
Gráfico 9 Índice de Similaridad Bray-Curtis entre cavidades.....	40
Gráfico 10 Tamaño de las zonas dentro de las cuevas muestreadas.....	41
Gráfico 11 Máximos y mínimos de la altura en la cual se ubicaron las colonias de cada una de las especies de murciélagos registradas.....	51
Gráfico 12 Cantidad de colonias de cada especie a lo largo de las cavidades .....	52

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1 Matriz de correlación(Spearman) de presencias o ausenciasde las especies en cada una de las cuevas muesteadas. ....	73
Anexo 2 Climatograma Municipio de Curití-Santander, EOT; 2006 .....	36
Anexo 3 Precipitación media del municipio del Páramo-Santander, 2009 .....	36

## RESUMEN

### TITULO

MURCIÉLAGOS EN ECOSISTEMAS SUBTERRÁNEOS DE SANTANDER, COLOMBIA \*

### AUTOR

PRADA DURÁN, Wilian Ricardo \*\*

### PALABRAS CLAVE

Ecosistemas subterráneos, Murciélagos.

### DESCRIPCIÓN

Nosotros registramos un total de siete especies de murciélagos, refugiándose en el interior de cinco ecosistemas subterráneos, ubicados en sur-oriente del departamento de Santander, Colombia. La riqueza en cada cueva varió de una en la cueva El Arrayán (Zapatoca), a cinco en la cueva El Indio (El Páramo). El gremio alimenticio de los frugívoros domina la diversidad con tres especies y la mayor cantidad de individuos en cada ecosistema. Los nectarívoro-polinívoros presentan dos especies, los insectívoros y sanguívoros una especie cada gremio. La diversidad beta parece mostrar una complementación entre las cuevas a nivel regional.

Todas las especies, y la mayoría de las colonias fueron halladas en la zona profunda de las cuevas, además se evidenció que el número de grupos con más de diez individuos aumenta con la profundidad del ecosistema subterráneo. Los refugios pueden ser temporales o permanentes, además, pueden cambiar de número de individuos a través de los muestreos. La altura del refugio, la temperatura y humedad relativa pueden afectar la selección de refugio, para los eventos de maternidad de las especies.

La diversidad de especies es baja comparada con otros estudios en cuevas latinoamericanas. El uso turístico de las cuevas parece no tener efecto sobre la riqueza de especies, sin embargo, la composición de especies muestra que las especies más comunes son las únicas que se encuentran en poblaciones representativas.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director Edgar Daniel Rodríguez.

## SUMMARY

### TITLE

BATS IN UNDERGROUND ECOSYSTEMS SANTANDER, COLOMBIA \*

### AUTHOR

PRADA DURÁN, Wilian Ricardo \*\*

### KEY WORDS

Subterranean ecosystems, Bats

### DESCRIPTION

We recorded a total of seven (7) bat species, sheltering within five (5) subterranean ecosystems, located in the south-east of the department of Santander, Colombia. The richness in every cave ranged from one (1) in Arrayán cave (Zapatoca), to five (5) in the El Indio cave (El Páramo). The food guild of the frugivorous dominates the diversity with three (3) species and more individuals in each ecosystem. The nectar-feeding have two (2) species, insectivores and sanguivorous one (1) species every guild. Beta diversity seems to show an interaction between the caves at a regional level.

All species, and most of the colonies were found in the deep zone of the caves, also, it was shown that the number of groups with greater than ten (10) individuals, increases with the depth of the underground ecosystem. Shelters can be temporary or permanent, and the number of individuals can change through the sampling process. The height of the shelter, temperature and relative humidity can affect the selection of refuge for maternity events of species.

Species diversity is low compared with other studies in Latin American caves. The touristic use of the caves seems to have no effect on species richness, but species composition shows that the most common species are the only ones found in representative populations.

---

\*Work of degree

\*\*Faculty of Sciences. School of Biology. Director Edgar Daniel Rodríguez.

## INTRODUCCIÓN

Los refugios naturales preferidos por los murciélagos son sin lugar a duda las cuevas, allí se presentan los eventos reproductivos más importantes de muchas especies y poblaciones de quirópteros neotropicales<sup>1</sup>. Las cavidades subterráneas, por ser generalmente los espacios naturales más amplios y de características microclimáticas más constantes, pueden albergar una mayor cantidad de individuos y de especies, si se comparan con otro tipo de refugios o reposaderos diurnos<sup>2</sup>.

En el interior de estos espacios subterráneos se generan ecosistemas muy vulnerables, ya que dependen de aportes externos de energía para su funcionamiento, debido a la escasez de organismos foto-autótrofos (Hoffmann, 1986; Trajano; Muñoz-Saba, Rodríguez-Rocha). El guano creado por las deyecciones, regurgitaciones y cadáveres de los murciélagos y guácharos entre otros grupos, es la principal fuente de alimento para los organismos cavernícolas; es decir, para aquellos que se han adaptado y desarrollan parte o todo su ciclo de vida dentro de las cavidades subterráneas (Poulson & White; Gnaspini-Netto, Ardila-Rodríguez, Sánchez-Ramírez y García-Hernández<sup>3</sup>).

Los murciélagos, además de ser los mamíferos más abundantes dentro de los ecosistemas terrestres, representan dentro de su clase, el orden más grande y más ampliamente distribuido en Colombia, con más de 60 géneros y cerca de 190

---

<sup>1</sup> BRUNET, A. K., y MEDELLÍN, R. A. 2001. The species-area relationship in bat assemblages of tropical caves. *Journal of Mammalogy* 82:1114-1122

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> GARCÍA-HERNÁNDEZ, S., TORRES-SÁNCHEZ, P. y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. 2010. Estructura y patrones espacio-temporales de abundancia de una población cavernícola del opilión *Phalangodus* sp. n. (Aracnida: Opiliones) en Los Andes Colombianos. Tesis de Grado. Programa de Biología, Universidad Industrial de Santander.

especies ( Alberico *et al*<sup>4</sup> ).Son animales que pueden aprovechar todos los hábitats terrestres disponibles, asumiendo diversos tipos de nichos ecológicos como depredadores, dispersores de semillas y polinizadores; además se consideran buenos bio-indicadores de la calidad del hábitat (Fenton<sup>5</sup> *et al.*, 1992; Trajano, 1995; Alberico<sup>6</sup>, 1996; Dos Reis *et al.*, 2007; Kunz *et al.*, 2011; Torres-Flores *et al.*, 2012). Presentan hábitos nocturnos y una gran diversidad de dietas que pueden incluir animales como insectos, ranas y peces; así como también partes de las plantas como sus frutos, semillas, hojas, néctar y polen. En el Neotrópico, existen incluso algunas especies que se alimentan de la sangre de aves y mamíferos (Fenton<sup>7</sup> *et al.*, 1992; Muñoz-Saba *et al.*, 1998b; Medellín *et al.*, 2000; Voigt<sup>8</sup> *et al.*, 2011; Molinari<sup>9</sup> *et al.*, 2012).

En Colombia, la Cordillera Oriental de los Andes cuenta con una gran concentración de cuevas, cavernas y dolinas que brindan soporte a la mayor y más diversa zona bioespeleológica del país (Muñoz-Saba<sup>10</sup>, 1998a, Salazar<sup>11</sup>, 2005). En la región Boyacense-Santandereana, donde afloran varias formaciones rocosas sedimentarias correspondientes al periodo Cretácico Inferior (hace 144-100 millones de años), se han desarrollado gran cantidad y variedad de paisajes

---

<sup>4</sup> ALBERICO, M. 1996. Historia natural de los murciélagos neotropicales. Págs. 106-125 en: C. E. Angel (ed.), Ecología de Mamíferos Neotropicales. Memorias, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá.

<sup>5</sup> FENTON, M.B., L. ACHRARYA., D. AUDET., M.B. C. HICKEY., C. MERRIMAN., M. k. OBRIST., D. M. Syme., Adskins. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitats disruption in the Neotropics. *Biotrópica*, 24 (3): 440-443.

<sup>6</sup> ALBERICO, M., CADENA, A., HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. & MUÑOZ-SABA, Y. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(1): 43-75.

<sup>7</sup> FENTON, M.B. *et al.* 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitats disruption in the Neotropics. *Biotrópica*, 24 (3): 440-443

<sup>8</sup> VOIGT, C. C. & Lewanzik, D. 2011. Trapped in the Darkness of the night: Thermal and Energetic constraints of daylight flight in bats. *Proceedings of the Royal Society* (278): 2311-2317.

<sup>9</sup> MOLINARI, J., NASSAR, J. M., *Et al.* 2012. Singularidad Biológica e Importancia Socioeconómica de los Murciélagos >Cavernícolas de la Península de Paraguaná, Venezuela, con propuestas para su conservación. *Revista de Ecología de América Latina* Vol 17-Nº 3. 40 pp.

<sup>10</sup> MUÑOZ, J. 2001. Los Murciélagos de Colombia. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia. 391 págs

<sup>11</sup> SALAZAR, L. 2005 Geoespeleología en el Sistema Cárstico de Santander, Provincia de Vélez. Trabajo de Grado. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia

cársticos, como producto de la interacción de procesos tectónicos y la disolución ácida de rocas calcáreas. En ciertas condiciones, las fisuras creadas por los sismos en los paquetes de las formaciones rocosas, van creciendo a medida que el agua orada sus paredes, hasta transformarlas en grandes complejos subterráneos, que pueden llegar a medir varios kilómetros de profundidad (Poulson<sup>12</sup> & White<sup>13</sup>, Salazar, Acero<sup>14</sup>; Mendoza-Parada).

El interior de estas cavidades naturales cuenta con condiciones ecológicas particulares, donde han evolucionado ecosistemas con diversidades relativamente bajas (Trajano<sup>15</sup> y Muñoz-Saba<sup>16</sup>), pero que se constituyen en nodos bióticos muy importantes, debido a que refugian organismos endémicos y colonias reproductivas de especies bandera para la conservación. Además, se constituyen en indicadores muy útiles en el estudio de las condiciones ambientales de una región (Muñoz-Saba<sup>17</sup> y Ardila-Rodríguez)<sup>18</sup>.

Sin embargo, en nuestro país hay una falta de información acerca de la composición y funcionamiento de tales ecosistemas; adicionalmente, se requieren estudios bio-espeleológicos, que permitan tener herramientas para la educación de los guías y turistas, así como para el adecuado manejo y conservación de

---

<sup>12</sup> POULSON, T. L. & WHITE, W. B. 1969. The Cave Environment. Science, Volume 165, Number 3897.

<sup>13</sup> Ibid. p. 12.

<sup>14</sup> ACERO, D., VELANDIA, F. y RAMÍREZ, J. 2007. Geoespeleología en el NW de la provincia Guanentina, departamento de Santander. XI Congreso Colombiano de Geología. Universidad Nacional de Colombia, INGEOMINAS. Bogotá, DC. 17 págs. Resumen

<sup>15</sup> TRAJANO, E. 1987. Fauna Cavernícola Brasileira: Composição e caracterização preliminar. Revista Brasileira de Zoología, S. Paulo 3 (8):533-561 31.V

<sup>16</sup> MUÑOZ-SABA, Y; M.A. MURCIA L., M.A. Hoyos-Rodríguez, L.G. Sánchez, M.A. García, T. Angarita. 2007a. Los retos de la conservación en las cavernas de Santander frente al turismo. XI Congreso Colombiano de Geología. Universidad Nacional de Colombia, Asociación Espeleológica Colombiana (ESPELEOCOL), Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Departamento de Biología, 16 de agosto de 2007

<sup>17</sup> Ibid., p. 11

<sup>18</sup> ARDILA-RODRÍGUEZ, C. A. 2006. *Trichomycterus sandovali*, (Siluriformes: Trichomycteridae) Una nueva especie de pez cavernícola para el departamento de Santander, Colombia. Peces del Departamento de Santander, Colombia. Número 2. Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colombia.

éstos paisajes (Muñoz-Saba<sup>19</sup>, Sánchez-Ramírez<sup>20</sup>, García-Hernández<sup>21</sup> y Rodríguez-Rocha)<sup>22</sup>.

Con el propósito de mostrar su importancia, este trabajo busca describir la composición de quiróptero-fauna de cinco ecosistemas subterráneos de Santander, que se consideran importantes en cuanto a los recursos biológicos, hídricos, y antropológicos que poseen para la región.

---

<sup>19</sup> MUÑOZ-SABA, Y., M.A. MURCIA L., M.A. Hoyos-Rodríguez, L.G. Sánchez, M.A. García, T. Angarita. 2007a. Los retos de la conservación en las cavernas de Santander frente al turismo. XI Congreso Colombiano de Geología. Universidad Nacional de Colombia, Asociación Espeleológica Colombiana (ESPELEOCOL), Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Departamento de Biología, 16 de agosto de 2007

<sup>20</sup> SÁNCHEZ-RAMÍREZ, L. G. 2006. Estructura y composición del ensamblaje de murciélagos del departamento del Huila, Colombia. Tesis de Grado. Carrera de Ecología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C

<sup>21</sup> GARCÍA-HERNÁNDEZ, S., TORRES-SÁNCHEZ, P. y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. 2010. Estructura y patrones espacio-temporales de abundancia de una población cavernícola del opilión *Phalangodus* sp. n. (Aracnida: Opiliones) en Los Andes Colombianos. Tesis de Grado. Programa de Biología, Universidad Industrial de Santander.

<sup>22</sup> RODRÍGUEZ-ROCHA, M., CASTILLO, S. ESTRADA-VILLEGAS, S. 2012. Conserving Bats and Caves in the Chicamocha Canyon (Colombia) within the Framework of the PCMCo., Interim Report. Fundación Chimbilako, 17 pp.

## JUSTIFICACIÓN

Colombia es un país mega-diverso debido a que cuenta con una gran variedad de hábitats, dentro de los cuales, los sistemas subterráneos son algunos de los más vulnerables. Los murciélagos cavernícolas pueden transportar una gran cantidad de recursos orgánicos, hacia el interior de estos ecosistemas; al depositar su guano diariamente crean las condiciones para mantener una red trófica dentro de las cavidades.

Los ecosistemas subterráneos son potenciales indicadores de cambios importantes de su entorno a varias escalas espacio-temporales; es decir, por su sensibilidad, tales ambientes pueden actuar como medidores de la calidad ambiental de una región. El departamento de Santander cuenta con la mayor riqueza de cuevas y paisajes cársticos en Colombia<sup>23</sup>, aunque son muy poco conocidos y valorados debido a la falta de estudios desarrollados en la región. Sin embargo, varios de estos sitios son frecuentemente visitados por deportistas y turistas, quienes los intervienen de diferentes formas.

Pese a todo esto, muy pocas cuevas en el país están protegidas bajo la forma de Reservas o Parques Naturales Nacionales (8 de más de 1000 según el Instituto Humboldt y ESPELEOCOL), y ninguna es de tipo calcáreo, por lo que se hace necesario incluir algunas de éstas dentro de áreas protegidas<sup>24</sup>

Teniendo en cuenta que la pérdida de biodiversidad en el país se debe principalmente a la perturbación y destrucción del hábitat de las especies, es necesario desarrollar herramientas que permitan planear algún tipo de protección,

---

<sup>23</sup> MUÑOZ, J. 2001. Los Murciélagos de Colombia. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia.

<sup>24</sup> CHÁVEZ, M. E. y SANTAMARIA, M. 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt, Bogotá DC. Colombia. 2 Tomos.

manejo sostenible o restauración de los ecosistemas subterráneos a nivel regional.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la ubicación y composición de las colonias de murciélagos en cinco ecosistemas subterráneos de Santander, Colombia.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Describir las diversidades alfa y beta de murciélagos, en cinco ecosistemas subterráneos de Santander, Colombia.
2. Ubicar las colonias de murciélagos en el interior de cada cavidad estudiada.
3. Determinar la posible relación de algunas variables físicas y la presencia de colonias de murciélagos dentro de las cuevas registradas.

## 2 ASPECTO TEÓRICO

Los murciélagos son el segundo grupo de mamíferos más grande, después de los roedores y el más ampliamente distribuido sobre los biomas terrestres; existen más de 1100 especies habitando en todos los continentes, menos la Antártica, unas pocas islas lejanas y regiones de extremo frío. Son diestros voladores y oportunistas, aprovechando una gran variedad de hábitats superficiales; así como también sistemas subterráneos de origen natural o antrópico, siempre y cuando se encuentren disponibles o en zonas desocupadas (Fenton, 1991; Nowak, 1994; Alberico, 1996; Muñoz, 2001; Gardner, 2008).

La dieta de este orden taxonómico es una de las más variadas entre los animales, pueden comer de casi todas las partes que componen a las plantas como las hojas, flores, frutos y semillas, al punto que existe un grupo especializado en extraer el néctar y polen de varias plantas tropicales que abren sus flores en la noche (Arita, 1993, 1996; Alberico, 1996; Muñoz-Saba, 1997; Arita *et al.*, 1999; Kunz & Parsons, 2009; Kunz *et al.*, 2011).

Sin embargo, la gran mayoría de especies de murciélagos son buenos cazadores que pueden atrapar insectos al vuelo. Además, debido a que esta fuente de alimento está disponible durante todo el año, se convierte en el principal recurso alimenticio de las especies de grandes latitudes (Muñoz, 2001; Alberico, 2006; Geiser & Stawski, 2011).

Dentro de sus presas también se encuentran los vertebrados como lagartos, pájaros y mamíferos pequeños, algunas especies endémicas del Neotrópico se pueden alimentar de ranas a las que ubican por su canto; o de peces, a los que sacan del agua con largas patas al detectar su aleta dorsal. (Alberico, 1996;

Kalko, 1998, Mantilla-Meluk *et al.*, 2009). Los casos más especiales son los de las tres especies de la subfamilia Desmodontinae, que se alimentan exclusivamente de sangre de aves y mamíferos, a los que parasitan lamiendo el fluido que brota por las pequeñas heridas que les causan, mientras éstos duermen (Muñoz, 2001; Mantilla-Meluk *et al.*, 2009).

El grupo de murciélagos neotropicales es ecológicamente muy diverso, con 17 familias y más de 135 géneros. Pueden presentar una amplia distribución geográfica, con una gran diversidad en las zonas tropicales que desciende al ganar latitud (Alberico, 1996; Muñoz, 2001; Gardner, 2008; Vázquez-Pérez *et al.*, 2010). La gran mayoría de estos murciélagos desarrollan su actividad de noche, o en todo caso, a la puesta y la salida del sol. Éste comportamiento que les ayuda a evitar la competencia ecológica con las aves y otros grupos, ha sido posible gracias al desarrollo de un sistema de ecolocalización que les permite volar incluso en la más completa oscuridad buscando presas, esquivando obstáculos o encontrando la salida (Voigt & Lewanzik, 2011).

Este sistema de navegación es un sofisticado oído que puede detectar ultrasonidos (más de 30.000 KHz), los cuales son emitidos por el animal con la laringe y la lengua y son recibidos a través del trago, una especie de adaptación en las orejas. Con este mecanismo, los murciélagos crean una percepción tridimensional de su entorno a partir de los ecos que son recibidos a diferentes tiempos, dependiendo de la distancia de los objetos al animal (Fenton, 1991; Alberico, 1996; Bohn *et al.*, 2006).

La capacidad de volar implica dos procesos básicos, el levantamiento y la propulsión; el primero es generado por la membrana y la propulsión es producida por la parte distal del ala. La combinación del vuelo con un nuevo sentido de percepción del medio, como es la ecolocalización, permitió una gran especiación dentro del grupo (hace cerca de 50 millones de años) en un tiempo geológico

relativamente corto, pues los diversos recursos disponibles en esa época produjeron una amplia gama de nichos tróficos, dando como resultado la especialización en la dieta de muchos de estos mamíferos (Alberico, 1996; Bohn *et al.*, 2006). En los ecosistemas terrestres, los murciélagos tienen importancia funcional en el mantenimiento de las áreas que los rodean, ya que pueden desempeñar varias funciones: como depredadores, controlando las poblaciones de insectos y otros grupos. También son excelentes dispersores de semillas en bosques primarios o secundarios y pueden polinizar una gran variedad de plantas a las que visitan para alimentarse (Alberico, 1996; Arita *et al.*, 1999; dos Reis *et al.*, 2007). Además, son considerados como buenos bio-indicadores, gracias a sus requerimientos específicos tanto de hábitat como de dieta (Arita *et al.*, 1999; Muñoz-Saba *et al.*, 1998). Sin embargo algunas especies que consumen sangre pueden actuar como vectores de enfermedades zoonóticas (Grose & Marinquelle, 1970; Alberico, 1996; Muñoz, 2001; Muñoz\_Saba *et al.*, 2007a).

Los patrones reproductivos de los murciélagos van desde el monoestro estacional -en la mayoría- hasta poliestro, produciendo dos o tres crías por año (en algunas especies tropicales). Aunque el periodo de gestación es fijo y especi-específico en la mayoría de los mamíferos, en los murciélagos éste puede cambiar en respuesta a condiciones ambientales, tanto entre como dentro de especies (Alberico, 1996; Crichton, & Krutzsch, 2000; Galindo-Galindo *et al.*, 2000; McKracken & Wilkinson, 2000; Muñoz-Saba, 2000; Muñoz, 2001; Filho *et al.*, 2007; Aguilar- López *et al.*, 2011). Algunas especies estudiadas presentan sincronía entre los picos de nacimiento y la disponibilidad de alimento; en algunos casos se puede presentar un almacenaje de esperma, una ovulación o una implantación posterior, debido principalmente a las condiciones ambientales de las zonas templadas (Alberico, 1996; Arita *et al.*, 1999; McKracken & Wilkinson, 2000). Los murciélagos son mamíferos capaces de utilizar una gran diversidad de refugios naturales vivos e

inertes, así como aquellas construcciones humanas que han sido abandonadas o son poco ocupadas (Alberico, 1996; Ávila-Flórez *et al.*, 2004).

Las cuevas y cavernas representan los sitios preferidos por la mayoría de los murciélagos, pues estos refugios generalmente cuentan con una variedad de condiciones micro-climáticas relativamente constantes y grandes espacios que pueden albergar hasta millones de individuos; además, son lugares de difícil acceso para potenciales depredadores (Trajano, 1995; Alberico, 1996; Arita *et al.*, 1999; Brunet & Medellín, 2001; Ávila-Flórez *et al.*, 2004; Lunberg, 2009; Miller & Miller, 2010; García-Rawlins, 2011; Méndez *et al.*, 2011; Molinari *et al.*, 2012; Talamoni *et al.*, 2012).

Los sistemas subterráneos se dividen en tres zonas: la entrada, que dispone de varios grados de luminosidad, temperatura y humedad relativa; seguidamente se encuentra la zona de penumbra, donde la luminosidad es muy baja o nula y las condiciones ambientales empiezan a hacerse constantes; por último la zona profunda, donde la ausencia de luz, la temperatura y la humedad relativa son constantes (Poulson & White, 1969; Hoffmann *et al.*, 1986; Cano, 1999; Sánchez – Ramírez, 2006; Geiser & Stawski, 2011).

En la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, los departamentos de Santander y Boyacá pertenecen a la región del país con mayor cantidad y concentración de cuevas y paisajes cársticos, debido a que cuentan con una estructura sismo-tectónica propicia, y afloramientos de rocas sedimentarias calcáreas (correspondientes al Cretácico Inferior, 144 a 100 millones de años), el tipo de litología ideal para el desarrollo de dichas cavidades (Roeder *et al.*, 1995; Salazar, 2005; Acero *et al.*, 2007; Pimiento, 2007; Mendoza\_Parada *et al.*, 2009; Caballero *et al.*, 2010).

La formación de sistemas cársticos involucra dos procesos, el primero de ellos es la disolución de las rocas calcáreas, que ocurre cuando el agua de la lluvia

mezclada con el dióxido de carbono, se filtra a través de las fisuras creadas por movimientos tectónicos; de esta manera se crean grandes cavidades subterráneas que van creciendo e interconectándose. El segundo proceso es constructivo, sucede cuando el carbonato de calcio que satura el agua filtrada se recristaliza formando las geoformas endocársticas o espeleotemas. Éstos últimos se clasifican de acuerdo a su disposición en la caverna como cenitales (estalactitas), parietales (cortinas y flujos) y pavimentarias (estalacmitas y gours) (Acevedo, 1979; Morelio, 2004; Salazar, 2005; Acero *et al.*, 2007).

Las cavidades naturales pueden contener tres diferentes grupos de organismos de acuerdo con el grado de relaciones ecológico-evolutivas que tengan con el biotopo subterráneo (Barr, 1967; Howarth, 1983; Hoffmann *et al.*, 1986; Cano, 1999): Troglobios, Troglófilos y Troglóxenos. Los troglóbios son especies restringidas al medio subterráneo que presentan comúnmente características peculiares llamadas, troglomorfismos, fijadas durante el proceso de adaptación selectiva a esta hábitat ; los troglófilos que los son cavernícolas facultativos, capaces de vivir y reproducirse tanto en el ambiente hipogeo como epigeo; y troglóxenos, aquellos que pueden permanecer en el interior de las cavernas por algún tiempo, pero son obligados a salir periódicamente para actividades de alimentación y/o reproducción (Muñoz-Saba *et al.*, 1998a, Sánchez-Ramírez, 2006; García-Hernández *et al.*, 2010)

Los murciélagos (troglóxenos) desarrollan una gran parte de su ciclo de vida dentro de las cuevas y sólo salen en busca de alimento, por lo que el requerimiento de este tipo de hábitats, los convierte en un grupo vulnerable o restringido. Dentro de las cavidades hipógeas, las condiciones de humedad y temperatura benefician a los murciélagos en los procesos de termorregulación corporal y pérdida de agua. Además, las cuevas y cavernas son sitios usados para eventos sociales, de reposo (torpor, hibernación e invernación), y de reproducción (cópula, parto y levantamiento de juveniles). Los murciélagos de

zonas tropicales y subtropicales desarrollaron procesos fisiológicos de reposo conocidos como torpor, en los que suprime una gran proporción de la tasa metabólica y con ello el uso de agua; la temperatura corporal baja y se mantiene así durante la mayor parte del día. Por este motivo, los paisajes subterráneos brindan condiciones favorables para que las colonias de murciélagos reposen (McNab, 1969; Arita, 1993, 1996; Brunet *et al.*, 2001; Rodríguez-Durán *et al.*, 2003; Ávila Flórez *et al.*, 2004; Lunberg, 2009; Geiser & Stawski, 2011).

Las principales amenazas que afrontan los murciélagos cavernícolas son antrópicas, debido a la intervención causada por parte de los visitantes de las cavernas; así como la destrucción, reducción de bosques y de especies de plantas “claves”. A largo plazo, la disminución en las poblaciones de estos animales dispersores y polinizadores, se refleja en cambios estructurales de la vegetación circundante (Alberico, 1996; Muñoz-Saba *et al.*, 1998b; Arita *et al.*, 1999; Molinari *et al.*, 2012).

Hasta el momento, en nuestro país se registran 40 especies de murciélagos viviendo en cuevas (Grose & Marinkelle, 1970; Cadena & Villarraga, 1974; Sánchez-Ramírez, 2006; Hoyos *et al.*, 2007, Muñoz-Saba *et al.*, 1998b, 2007b; Marín-Vázquez *et al.*, 2010; Rodríguez-Rocha *et al.*, 2012), de las cuales 2 (***Lonchorhina marinkelli* y *Artibeus obscurus***) están en riesgo de extinción y otras 2 especies (***Rhoggessa minutilla* y *Glossophaga longirostris***) se encuentran en estado vulnerable (Muñoz-Saba *et al.*, 1998b, 2007b; Rodríguez-Rocha *et al.*, 2012).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La región donde se localizan las cuevas estudiadas presenta una geografía quebrada, en la que se alternan mesas con valles bajos, sobresaliendo los cañones de los ríos Fonce, Chicamocha y Sogamoso. Además, cuenta con una gran heterogeneidad de climas, debido a su amplia variedad de temperaturas (14-26 °C), altitudes (680- más de 3000 msnm) y valores de precipitación (800-2500 mm/año) (Tablas 1 y 2). Las épocas lluviosas presentan anualmente un patrón bimodal, y generalmente ocurren en toda la región muestreada de la misma forma (Ardila-Rodríguez, 2006; Acero *et al.*, 2007; CAS, 2010; EOT El Páramo-Santander, 2009; IGAC, 2006; Salazar, 2005). (Tabla 1 y 2).

Las 5 cuevas muestreadas están localizadas en la zona rural de los municipios El Páramo, Curití y Zapatoca, en el departamento de Santander, Colombia (Figura 1). Cabe mencionar que la región ha sido bastante intervenida con presencia y manejo de sistemas viales, de minería, semi-industriales, ganaderos y de una gran ocupación en general; la mayoría de las cuevas elegidas a muestrear, han tenido un uso deportivo y turístico importante en las últimas décadas; solamente la cueva El Arrayán presenta buenas condiciones de conservación, debido a que es la más desconocida para la comunidad (EOT Curití, 2005; EOT El Páramo, 2009; EOT Zapatoca, 2009).

El Bosque húmedo Premontano (bh-PM) original, ha sufrido modificaciones por la intervención y el establecimiento de potreros y de cultivos, quedando únicamente relictos de bosque secundario, bosques riparios y rastrojos. Las áreas en estas condiciones y reforestadas representan aproximadamente un 65% de las tierras. La vegetación arbórea está conformada, entre otros por: carbonero (***Calliandra***

*pittiere*), loqueto (*Escallonia paniculata*), guadua (*Guadua angustifolia*), lechero (*Euphorbia ceracasana*). Dentro de la vegetación autóctona de la zona se destacan: arrayán (*Calycolpus elongatus*), pomarroso (*Zyzygium jambos*), guayabo (*Psidium guineense*), caña brava (*Gynerium saggitatum*), cucharo (*Clusia longicaulis*), gaque (*Clusia multiflora*), cordoncillo (*Piper spp*), dormidera (*Mimosa pudica*), sauce (*Salix humboldtia*), aro (*Trichanthera gigantea*), cadillo (*Triunfeta mollisima*), ortiga (*Urtica urens*), acacia (*Leucaena leucacephala*), samán (*Samanea saman*) y yarumo (*Cecropia sciadophylla*).

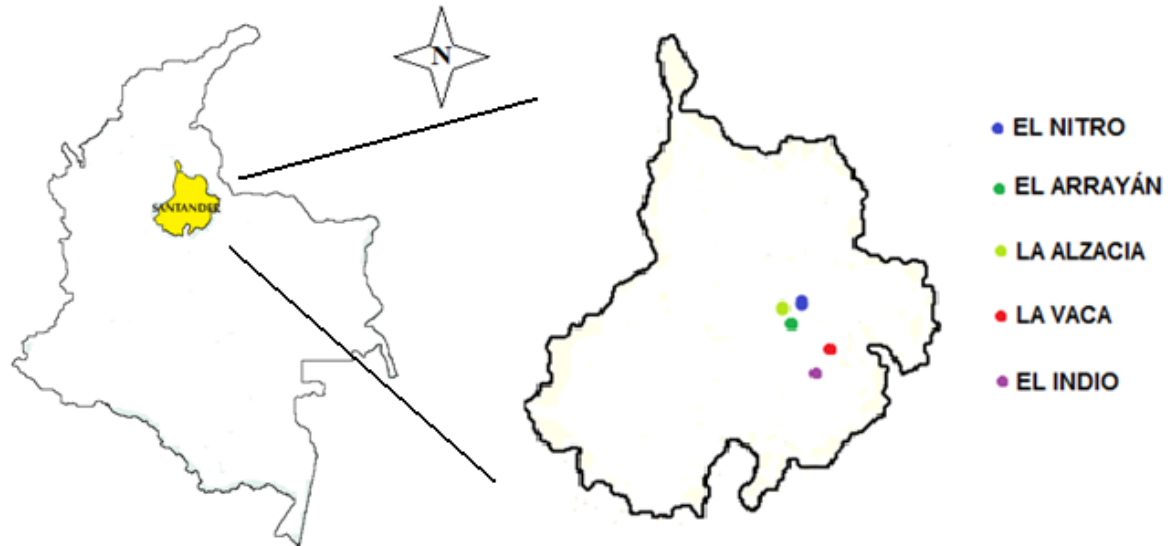
Tabla 1 Características de los municipios donde se hallan las cavidades muestreadas

	CURITÍ	EL PÁRAMO	ZAPATOCA
TEMPERATURA	21,9 °C	21,4 °C	20,2 °C
ALTITUD	1588 msnm	1470 msnm	1784 msnm
PLUVIOSIDAD	1560 mm	1770 mm	1534 mm

Fuente: EOT Curití, 2006; EOT El Páramo, 2009; EOT Zapatoca, 2009

Todas las cavidades estudiadas se han desarrollado naturalmente dentro de la formación geológica Rosablanca (Kir), cuya composición principal son rocas sedimentarias calcáreas (calizas y shales), las cuales se originaron en el lecho marino, a lo largo del periodo Cretácico Inferior (hace 145- 99 millones de años). Luego, durante el levantamiento de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos (iniciado hace 35 a 40 millones de años durante el Eoceno-Tardío), tales complejos litológicos han estado emergiendo a la superficie terrestre (Roeder *et al* 1995; Salazar, 2005; Mendoza\_Parada *et al.*, 2009; Caballero *et al.*, 2010).

**Figura 1 Ubicación de los ecosistemas subterráneos estudiados**



Fuente: El autor. 2014.

**Tabla 2 Características de los ecosistemas subterráneos estudiados:**

<b>CUEVA</b>	<b>EL ARRAYÁN</b>	<b>LA ALZACIA</b>	<b>EL NITRO</b>	<b>LA VACA</b>	<b>EL INDIO</b>
<b>UBICACION</b>	ZAPATOCA	ZAPATOCA	ZAPATOCA	CURITÍ	PÁRAMO
<b>LONGITUD PRINCIPAL</b>	134 m	760 m	924 m	116 m	840 m
<b>ALTITUD</b>	1735	1777	1720	1568	1478
<b>ACCESOS</b>	1	1	1	1	2

Fuente: EOT Curití, 2006; EOT El Páramo, 2009; EOT Zapatoca, 2009.

## **3.2 TRABAJO DE CAMPO**

Se estudiaron 5 cavernas cársticas calcáreas del departamento de Santander, debido a que son las más abundantes en la región. Para la selección de dichas cavidades se tuvo en cuenta que cumplieran con algunas condiciones biológicas propias de los ecosistemas subterráneos, como la presencia de organismos troglófilos, troglófilos y troglóbios. Además, se eligieron sitios con un fácil y seguro acceso hacia su interior.

Durante 8 meses (Marzo a Noviembre de 2009), se realizaron 4 salidas de campo a cada uno de los ecosistemas subterráneos para tomar los datos de las variables físicas y biológicas, trazar los mapas y capturar las especies de murciélagos presentes. Los muestreos estuvieron separados entre sí por dos meses y cada salida duraba 2 o 3 días. Fue necesario regresar en otras ocasiones con el fin de obtener información para terminar los mapas geológicos.

### **3.2.1 Registro de Murciélagos.**

El primer día de cada salida de campo se observó cuidadosamente y con ayuda de fotografías, la presencia de murciélagos en sus refugios naturales, los gremios alimenticios de las especies, el modo de agrupación de los individuos y los tamaños de las colonias. Al día siguiente, se capturaban de 1 a 10 individuos en cada colonia con redes de mano (40-80 cm de diámetro), para identificarlos y conocer su sexo y estado reproductivo o edad (Antony, 1988). La determinación de las especies se hizo siguiendo a Muñoz, 2001 y a Gardner, 2008.

Para cada sitio de estudio, se registró la zona de la cueva (entrada, penumbra o zona profunda) donde se encontraba cada colonia de murciélagos (Poulson &

White, 1969), para esto se tuvo en cuenta la fluctuación en la temperatura y humedad relativa de los diferentes áreas. Las especies de murciélagos halladas se asignaron a uno de los siguientes gremios alimenticios: (1) Frugívoro, (2) Nectarívoro-Polinívoro, (3) Insectívoro, (4) Sanguívoro, (5) Carnívoro y (6) Omnívoro, según Muñoz, 2001; Dos Reis *et al.*, 2007; Medellín *et al.*, 2007. Se colectaron ejemplares de referencia.

La caracterización del tamaño de las colonias y el modo de agrupación de los individuos se hizo siguiendo a Ramírez-Sánchez, 2006 de la siguiente manera: se estimó la cantidad de individuos mediante conteo directo, o con la ayuda de fotografías de los refugios; para los tamaños de las colonias se utilizaron los siguientes rangos de abundancia:

**1 = 1 a 10 individuos**

**2 = 11 a 50 individuos**

**3 = 51 a 100 individuos**

**4 = más de 100 individuos**

El modo de agrupación de los murciélagos se dividió en: (1) individuos separados o en colonias; (2) refugios con colonias mixtas o colonias de una sola especie.

### 3.2.2 Medición de variables físicas y mapeo de las cuevas

Se registraron las siguientes variables físicas del lugar: la temperatura y la humedad relativa (Termohigrómetro), la altura y distancia a la entrada más cercana (con cinta métrica y tubos metálicos extensibles), la forma del sitio donde

se encontraban las colonias (salón, túnel o pasillo), el tipo de refugio (hueco en pared o techo, grieta o superficial) y la presencia de corrientes de agua o de aire. Los mapas geológicos planos se desarrollaron siguiendo las guías de Acevedo, (1979) y Biosca (1999), para lo cual se utilizaron cintas métricas, cintas reflectivas, brújulas, clinómetros y tubos metálicos. El mapa de la cueva La Alzacia fue tomado de Pimiento, 2007b, con el permiso del autor.

### **3.3 ANÁLISIS DE DATOS**

Para conocer la diversidad beta se usaron los datos de semi-abundancia de cada especie en cada una de las cuevas, con el fin de construir un análisis cualitativo de ordenamiento tipo Q (Porcentaje de Similitud de Bray-Curtis). La autocorrelación entre las cuevas causada por su cercanía se diagnosticó usando una correlación de Spearman.

Las variables físicas (temperatura, humedad relativa, altura del refugio y la distancia hasta la entrada más cercana) fueron analizadas cuantitativamente. Los resultados fueron representados gráficamente y se realizó un test de correlación Producto-Momento (Pearson), para conocer las relaciones entre las variables de los refugios y las especies de murciélagos (Zar, 1996).

Como herramienta para los análisis de los datos se utilizó el software <http://www.infostat.com.ar> Infostat - Software Estadístico [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)

## 4 RESULTADOS

### 4.1 DIVERSIDAD DE ESPECIES DE MURCIÉLAGOS EN LAS CAVIDADES ESTUDIADAS

En los 5 ecosistemas subterráneos muestreados, se encontraron un total de 7 especies de murciélagos.

Riqueza y Composición (Diversidad alfa).

Tabla 3 Especies de murciélagos halladas en las cuevas muestreadas.

ESPECIE	GREMIO ALIMENTICIO	EL ARRAYÁN	LA ALZACIA	EL NITRO	EL INDIO	LA VACA
<i>Anoura geoffroyi</i>	NECTARÍVORO-POLINÍVORO				X	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	FRUGÍVORO				X	
<i>Artibeus lituratus</i>	FRUGÍVORO		X	X	X	
<i>Carollia perspicillata</i>	FRUGÍVORO	X	X	X	X	X
<i>Glossophaga soricina</i>	NECTARÍVORO-POLINÍVORO					X
<i>Desmodus rotundus</i>	SANGUÍVORO				X	X
<i>Natalus tumidirostris</i>	INSECTÍVORO			X		
<b>RIQUEZA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Fuente. El autor. 2014.

Las 7 especies de murciélagos halladas, pertenecen a 2 familias de microquirópteros que se encuentran únicamente en América: la familia Phyllostomidae (la más diversa del Neotrópico y a la vez de Colombia), la cual registró 6 especies, y la familia Natalidae una especie: **Natalus tumidirostris** (Tabla 3). La cavidad más diversa es la cueva El Indio (El Páramo), en la cual se hallaron 5 especies de murciélagos, seguida de las cuevas El Nitro (Zapatoca) y La Vaca (Curití), con 3 especies cada una.

La riqueza de especies de los diferentes ecosistemas varió de 1, en la cueva El Arrayán, a 5 en la cueva El Indio; el promedio de especies por cavidad fue de 2.8. Durante el estudio se registraron en total 143 colonias, un 62,2 % de ellas son grupos permanentes y el 37,8% en cambio, se comportaron como grupos temporales.

La especie frugívora **Carollia perspicillata** fue la más común, dado que se encontró en todas las cuevas muestreadas (59 colonias en total), seguida de **Artibeus lituratus** (47 colonias) y del murciélago sanguívoro **Desmodus rotundus** (20 colonias). La población de **Anoura geoffroyi** en el interior de la cueva El Indio, se mantuvo durante todo el estudio, sin embargo fluctúa en tamaño. Las especies **Natalus tumidirostris** y **Glossophaga soricina** presentaron únicamente colonias pequeñas y temporales. Se reporta a la especie frugívora **Artibeus jamaicensis** viviendo en cuevas; de esta forma, suman 33 las especies de murciélagos cavernícolas en Colombia. ESPELEOCOL (Catastro Espeleológico de Colombia).

#### 4.1.1 Estado reproductivo de las colonias de murciélagos.

Dentro de las cavidades estudiadas se hallaron individuos juveniles y adultos de todas las especies registradas, además de hembras grávidas y lactantes de todas las especies frugívoras y nectarívoras. La especie sanguívora *Desmodus rotundus* registró algunas colonias con individuos de todas las edades.

Las fechas de los muestreos fueron las siguientes:

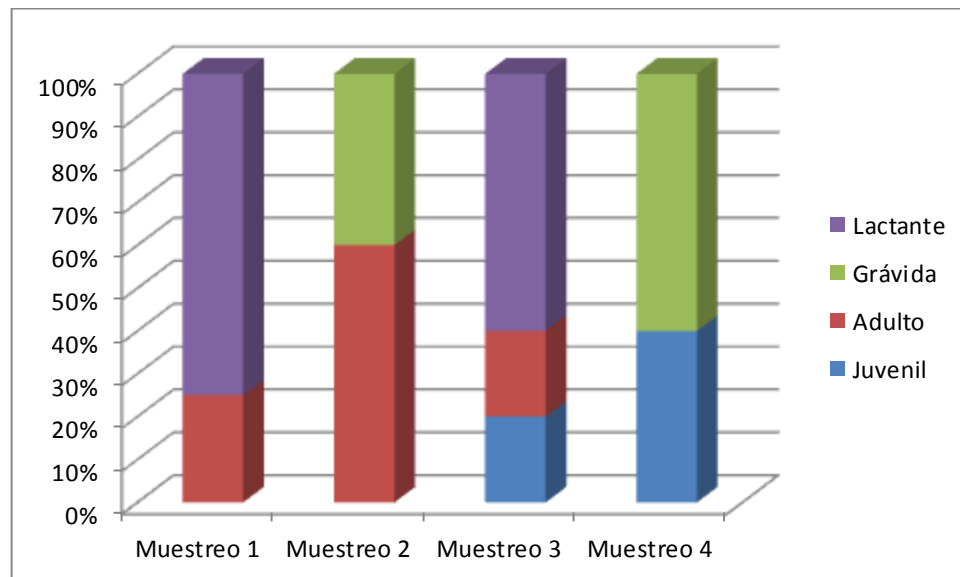
Primer Muestreo: **Marzo 27**

Segundo Muestreo: **Junio 04**

Tercer Muestreo: **Agosto 14**

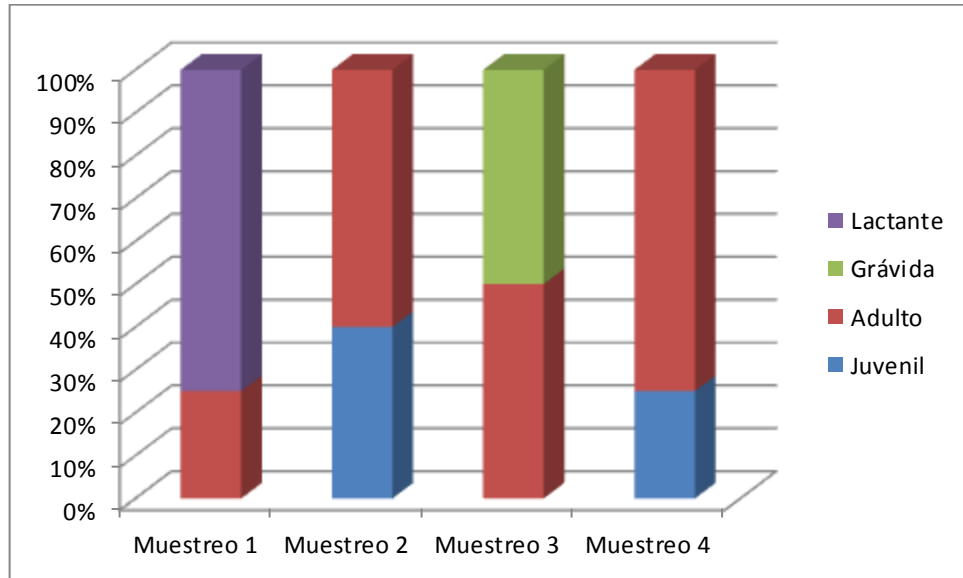
Cuarto Muestreo: **Noviembre 03**

**Gráfico 1 Estado reproductivo de *Carollia perspicillata* durante los muestreos.**



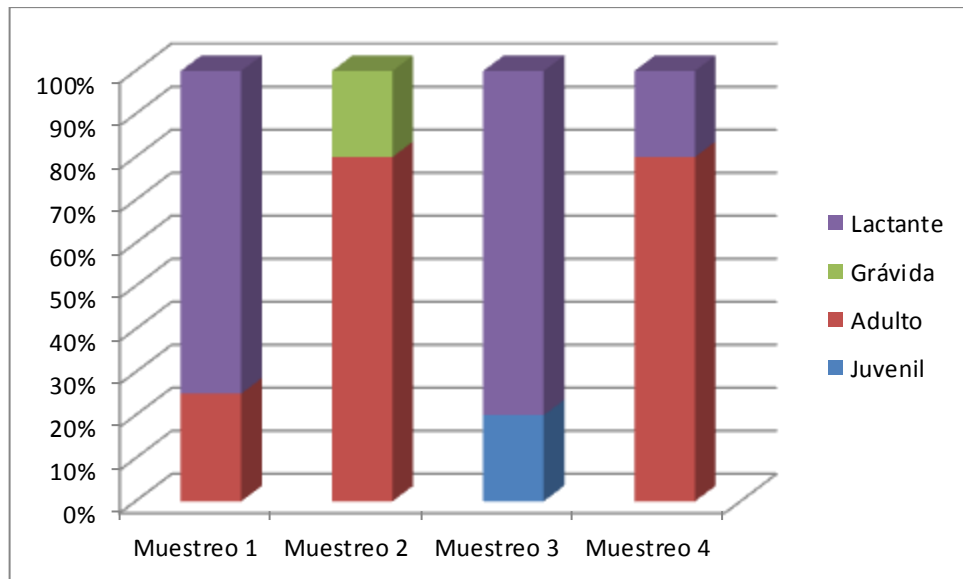
Fuente: El autor. 2014.

**Gráfico 2 Estado reproductivo de *Artibeus lituratus* durante los muestreos**



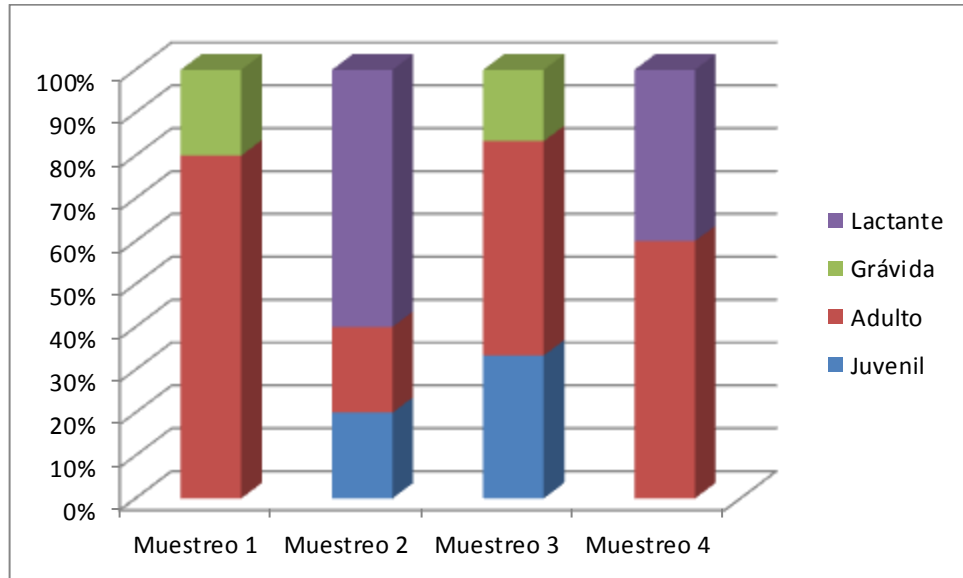
Fuente: El autor. 2014.

**Gráfico 3 Estado reproductivo de *Artibeus jamaicensis* durante los muestreos**



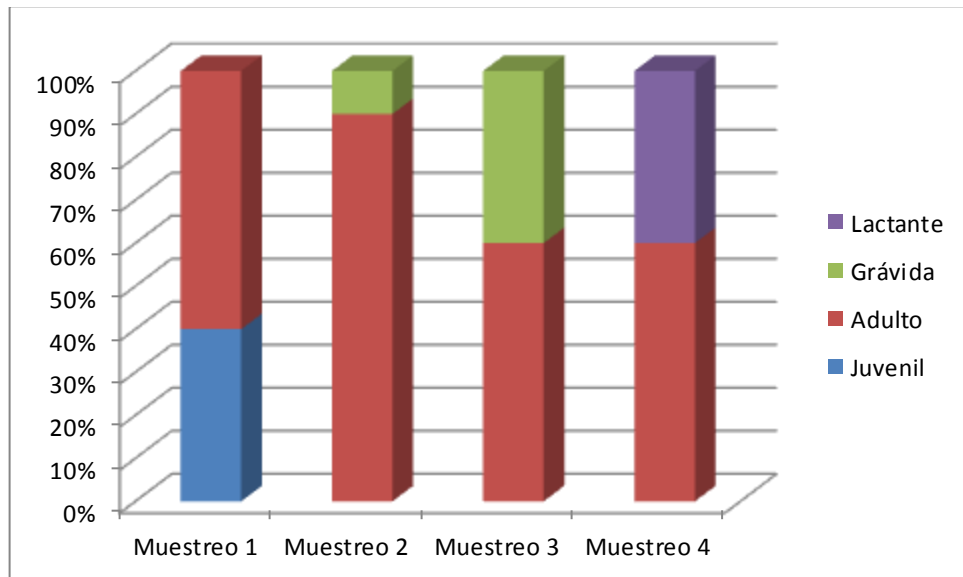
Fuente: El autor. 2014.

**Gráfico 4 Estado reproductivo de *Desmodus rotundus* durante los muestreos**



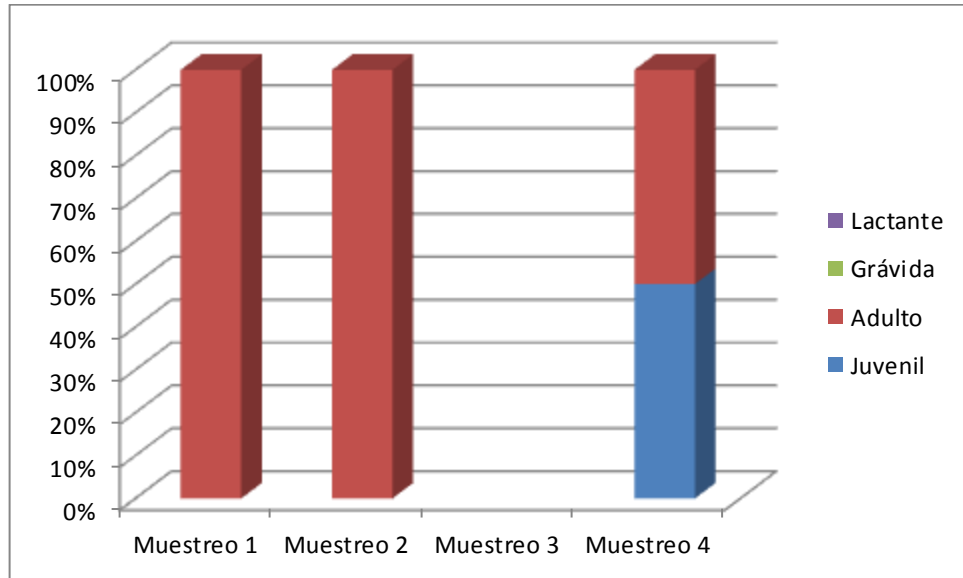
Fuente: El autor. 2014.

**Gráfico 5 Estado reproductivo de *Anoura geoffroyi* durante los muestreos.**



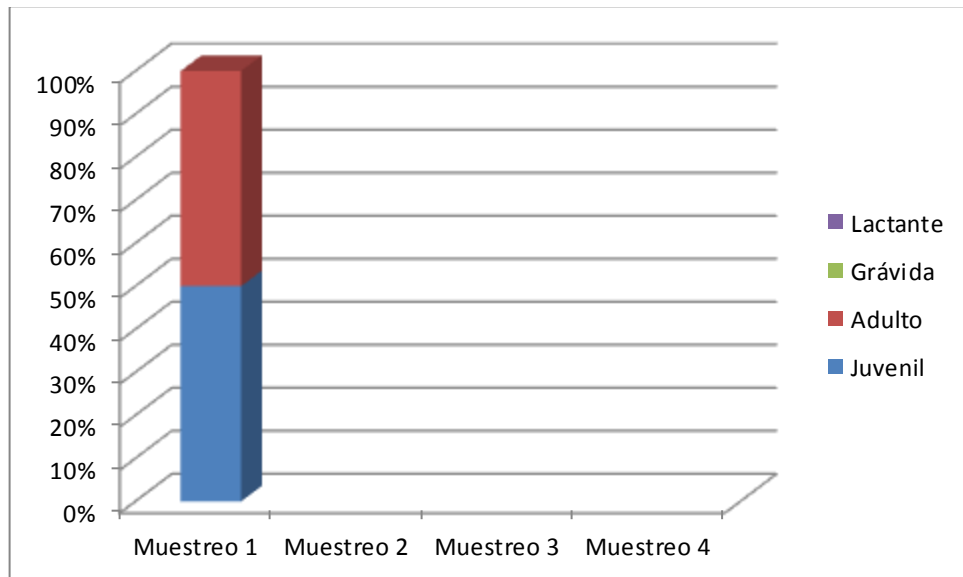
Fuente: El autor. 2014.

**Gráfico 6 Estado reproductivo de *Natalus tumidirostris* durante los muestreos**



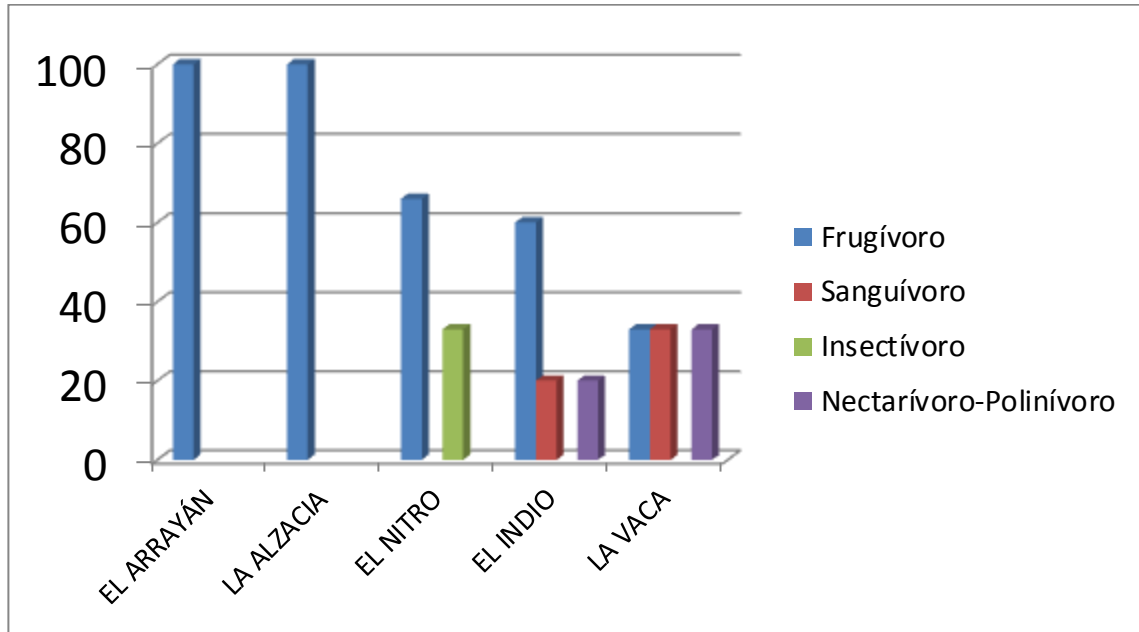
Fuente: El autor. 2014.

**Gráfico 7 Estado reproductivo de *Glossophaga soricina* durante los muestreos.**



Fuente: El autor. 2014.

Gráfico 8 Estructura alimenticia de los murciélagos en las cuevas estudiadas.



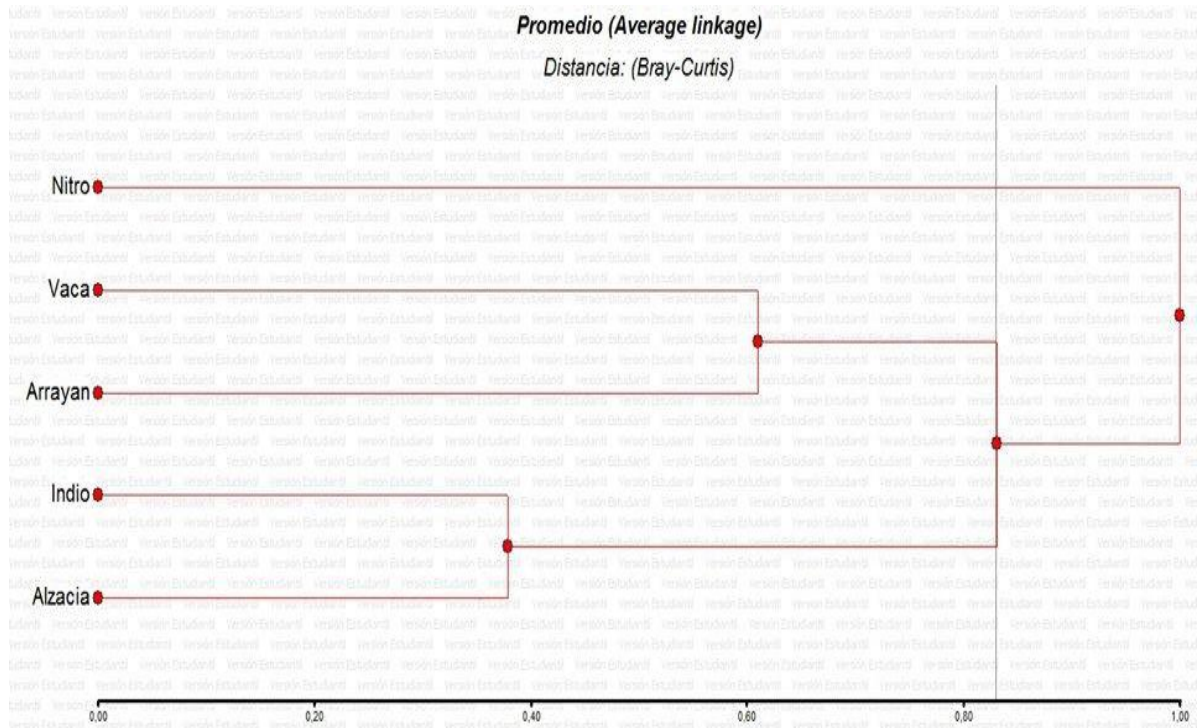
Fuente: El autor. 2014.

Se registraron 4 gremios alimenticios, el de los frugívoros con 3 especies, representan la mayor diversidad tanto en riqueza como en abundancia de individuos, a continuación están los nectarívoros –polinívoros con 2 especies, y por último los insectívoros y sanguívoros con 1 especie cada uno. No se encontraron especies pertenecientes a los gremios alimenticios carnívoro, ni omnívoro (Figura 2).

El 78,32% de todas las colonias pertenecen a murciélagos frugívoros, el 14% a los sanguívoros, el 5,6% a los nectarívoros-polinívoros y solamente el 2,08% representa el número de colonias del murciélago insectívoro ***Natalus tumidirostris***.

## 4.1.2 Diversidad Beta

**Gráfico 9 Índice de Similaridad Bray-Curtis entre cavidades**

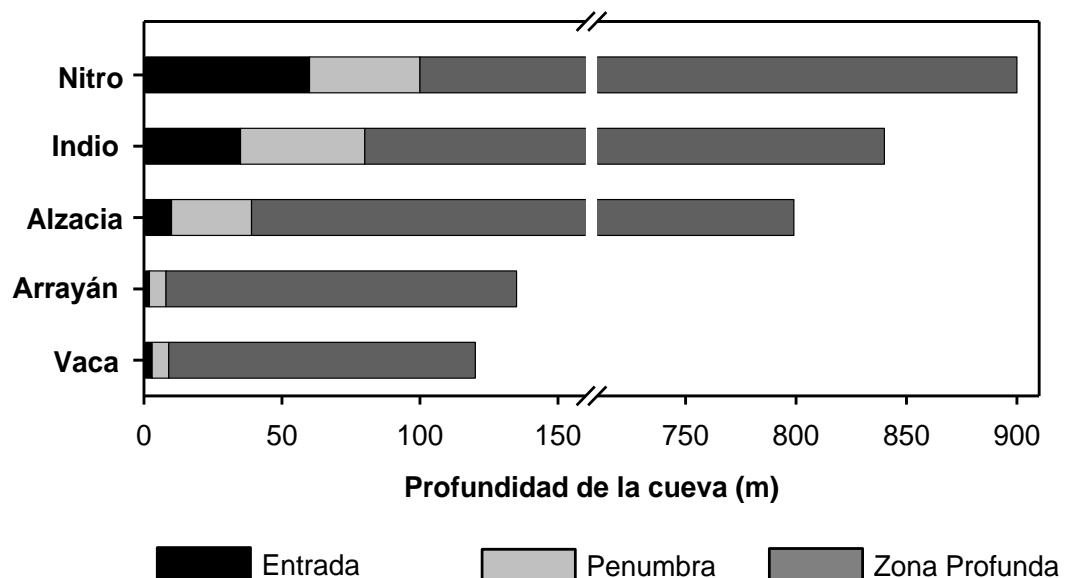


La diferencia de diversidades entre las cuevas estudiadas, se debe principalmente a las características del entorno natural donde se encuentran los ecosistemas subterráneos, así como a la disponibilidad de otros refugios para los murciélagos. La riqueza de especies varió de 1 a 5. La diferencia entre la composición de especies también es notable, con una sola especie presente en todas las cavidades (*C. perspicillata*) (Figura 2).

## 4.2 UBICACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS AL INTERIOR DE LOS ECOSISTEMAS SUBTERRÁNEOS

El tamaño de las zonas cavernícolas varió en cada una de los ecosistemas subterráneos muestreados, debido a que las entradas tienen diferentes proporciones y grados de luminosidad (Figura 3).

Gráfico 10 Tamaño de las zonas dentro de las cuevas muestreadas



Fuente. El autor 2014.

Todas las especies registradas y los grupos más numerosos de murciélagos se encontraron principalmente en las zonas profundas de las cuevas (todas las colonias con más de 50 individuos). Las colonias reproductivas también prefieren esas condiciones, aunque en algunos casos se hallaron hembras lactantes de *A. lituratus* y *A. jamaicensis* desde la entrada de la cueva (Tabla 4).

Los sitios amplios como salones y pasillos grandes, fueron preferidos por las colonias de murciélagos en el interior de las cuevas (74% de las colonias). Los refugios predominantes son altos y se caracterizaron por tener humedad relativa superior al 90% y una elevada temperatura (Figuras 10 y 11). Las zonas profundas de las cuevas, albergaron la mayor cantidad de colonias (86%) y el mayor número de especies (7) (Tablas 4 y 5; Figuras 4 a 8).

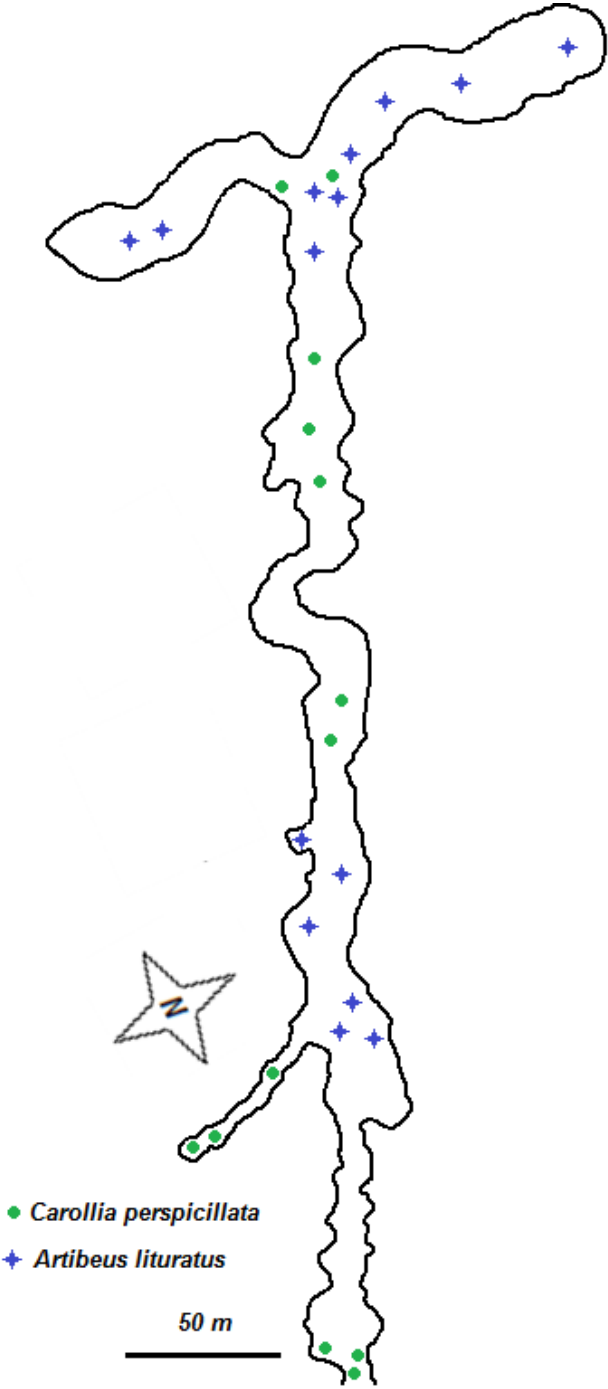
**Tabla 4 Zonas de las cuevas utilizadas por las especies de murciélagos**

<b>ESPECIE</b>	<b>ZONA DE ENTRADA</b>	<b>ZONA INTERMEDI A</b>	<b>ZONA PROFUND A</b>
<i>Anoura geoffoyi</i>		X	X
<i>Artibeus jamaicensis</i>	X		X
<i>Artibeus lituratus</i>	X	X	X
<i>Carollia perspicillata</i>	X	X	X
<i>Desmodus rotundus</i>	X	X	X
<i>Glossophaga soricina</i>			X
<i>Natalus tumidirostris</i>			X
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>

Fuente. El autor 2014.

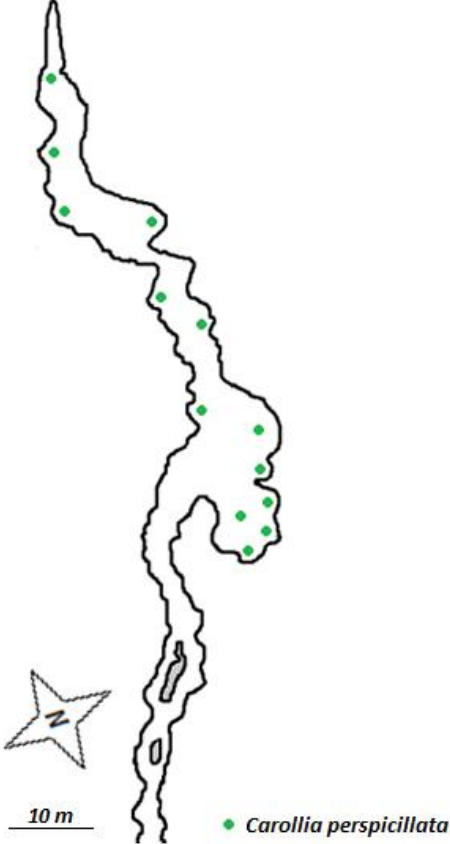
6°48'21,91" N - 73°17'07,89" O

Figura 2 Cueva La Alzacia



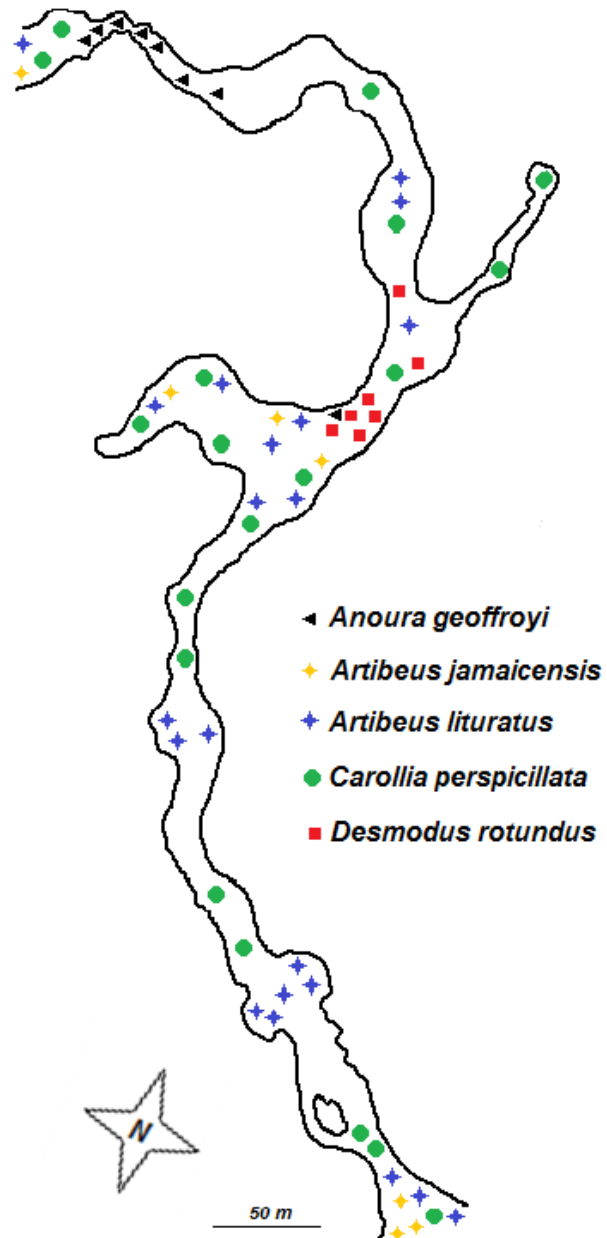
6°48'03,50" N - 73°16'11,68" O

Figura 3 Cueva El Arrayán.



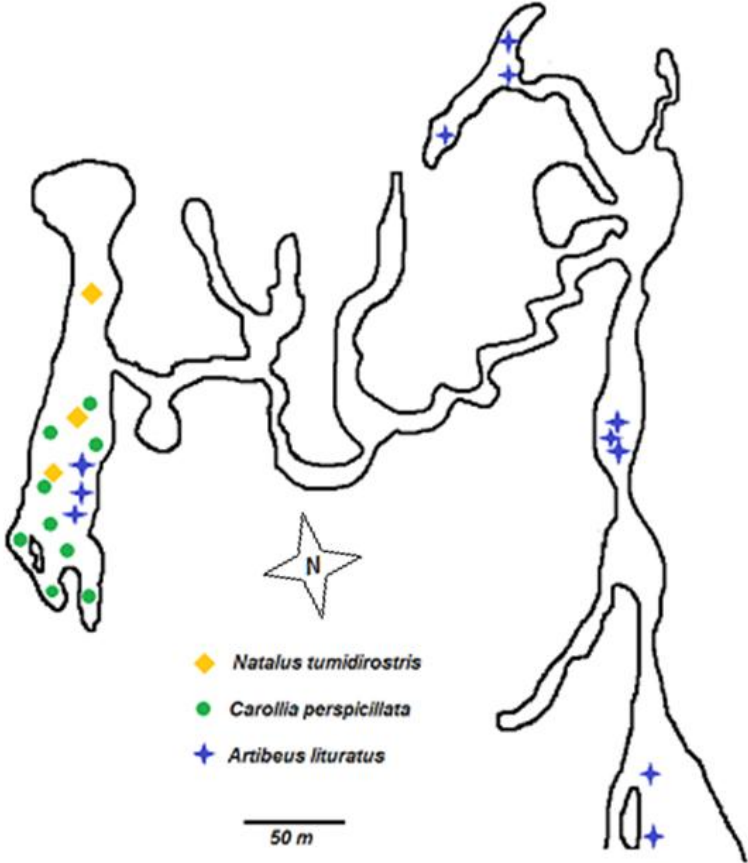
6°25'02,80" N – 73°10'21,39" O

Figura 4 Cueva El Indio



6°48'11,56" N – 73°16'22,43" O

Figura 5 Cueva El Nitro.



6°36'43,41" N – 73°03'58,09" O

Figura 6 Cueva La Vaca



Tabla 5 Cantidad de colonias en cada cueva muestreada

CUEVA	ESPECIE	CANTIDAD DE COLONIAS ENCONTRADAS
Alzacia	<i>Carollia perpspicillata</i>	13
Alzacia	<i>Artibeus lituratus</i>	15
Arrayán	<i>Carollia perpspicillata</i>	13
Indio	<i>Desmodus rotundus</i>	8
Indio	<i>Carollia perpspicillata</i>	15
Indio	<i>Artibeus lituratus</i>	21
Indio	<i>Artibeus jamaicensis</i>	6
Indio	<i>Anoura geoffroyi</i>	7
Nitro	<i>Carollia perpspicillata</i>	9
Nitro	<i>Artibeus lituratus</i>	11
Nitro	<i>Natalus tumidirostris</i>	3
Vaca	<i>Desmodus rotundus</i>	12
Vaca	<i>Carollia perpspicillata</i>	9
Vaca	<i>Glossophaga soricina</i>	1

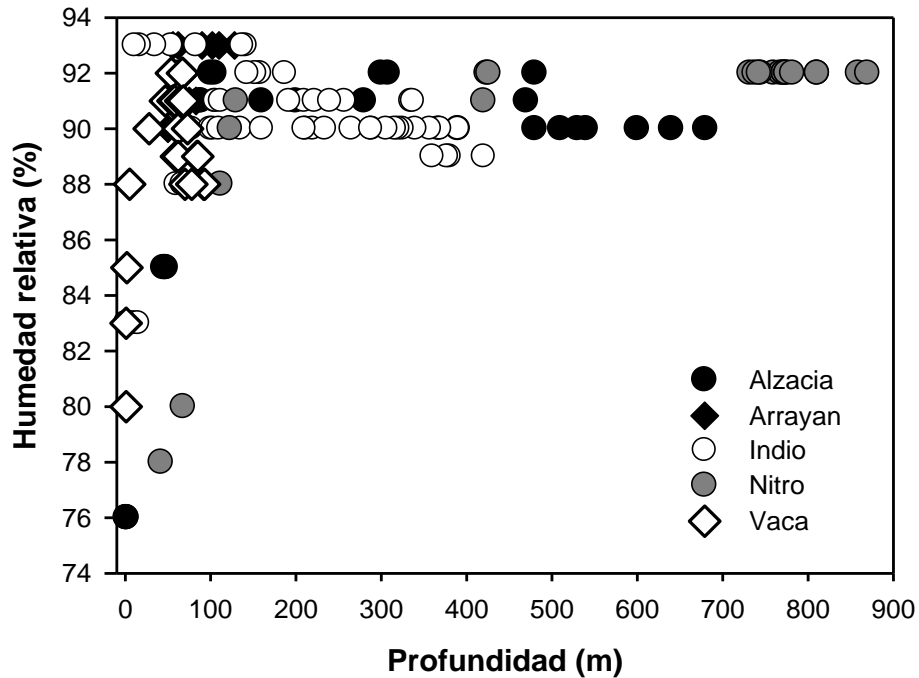
Se encontraron algunas colonias mixtas de *Artibeus lituratus* y *Artibeus jamaicensis* (El Indio), así como también de *A. lituratus* y *Carollia perpspicillata* (El Indio, La Alzacia, El Nitro). También fueron hallados

compartiendo refugio a los murciélagos *Natalus tumidirostris* y *C. perspicillata* (El Nitro).

#### 4.3 RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES Y LAS ESPECIES REGISTRADAS

Todas las especies y la mayoría de las colonias de murciélagos se refugiaron en la parte profunda de la cavidad, donde la humedad relativa es mayor (Tabla 4, Figuras 4 a 8 y Figura 10).

Figura 7 Relación entre la humedad relativa (%) y la profundidad (m) para cada una de las cuevas estudiadas



Se encontró una correlación positiva (**0,71; p=0,014**) entre el número de colonias de *Carollia perpsicillata* y *Anoura geoffroyi* y la humedad relativa para las diferentes cuevas estudiadas. Es necesario aclarar que los datos de *A. geoffroyi*, pertenecen a una sola localidad (El Indio) (Tabla 6).

Tabla 6 Correlación Producto-Momento (Pearson), entre el número de colonias por especies y las variables Humedad Relativa y Temperatura.

	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)
<i>Desmodus rotundus</i>	0,39	0,43
<i>Carollia perpsicillata</i>	<b>0,66**</b>	0,23
<i>Glossophaga soricina</i>	0,17	0,39
<i>Artibeus lituratus</i>	0,56	0,03
<i>Artibeus jamaicensis</i>	0,11	-0,10
<i>Anoura geoffroyi</i>	<b>0,61**</b>	-0,11
<i>Natalus tumidirostris</i>	0,34	0,39

\*\* diferencias significativas (p<0,001)

Gráfico 11 Máximos y mínimos de la altura en la cual se ubicaron colonias de cada una de las especies de murciélagos

las registradas

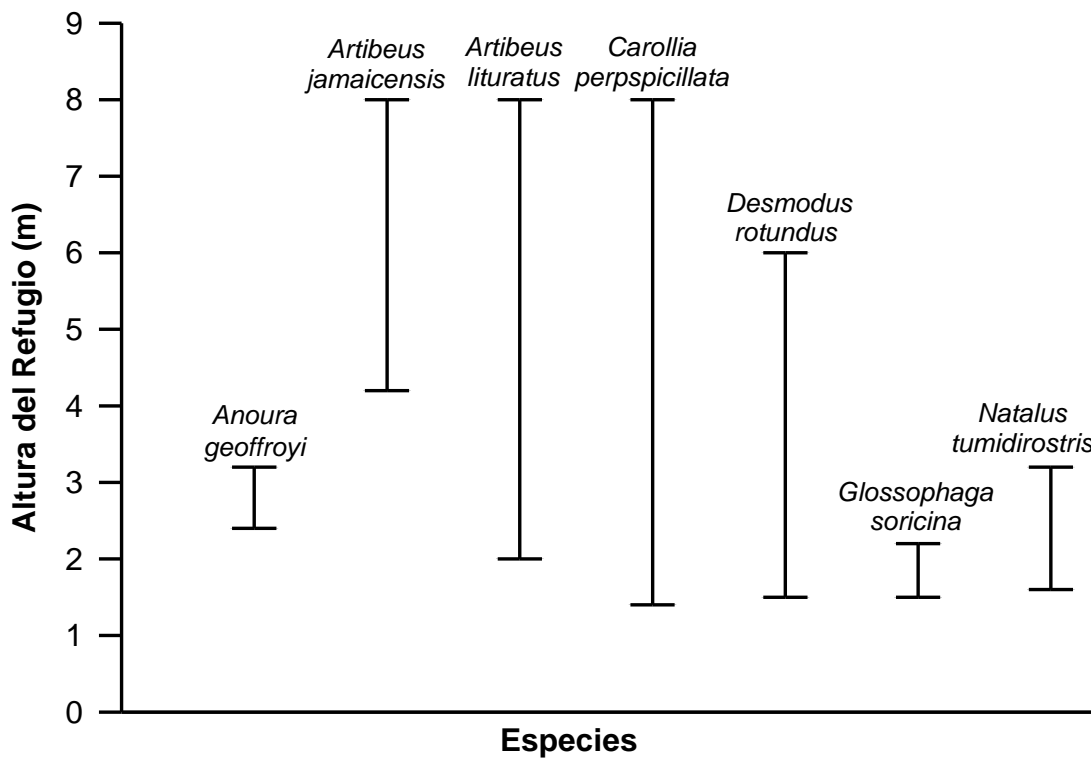
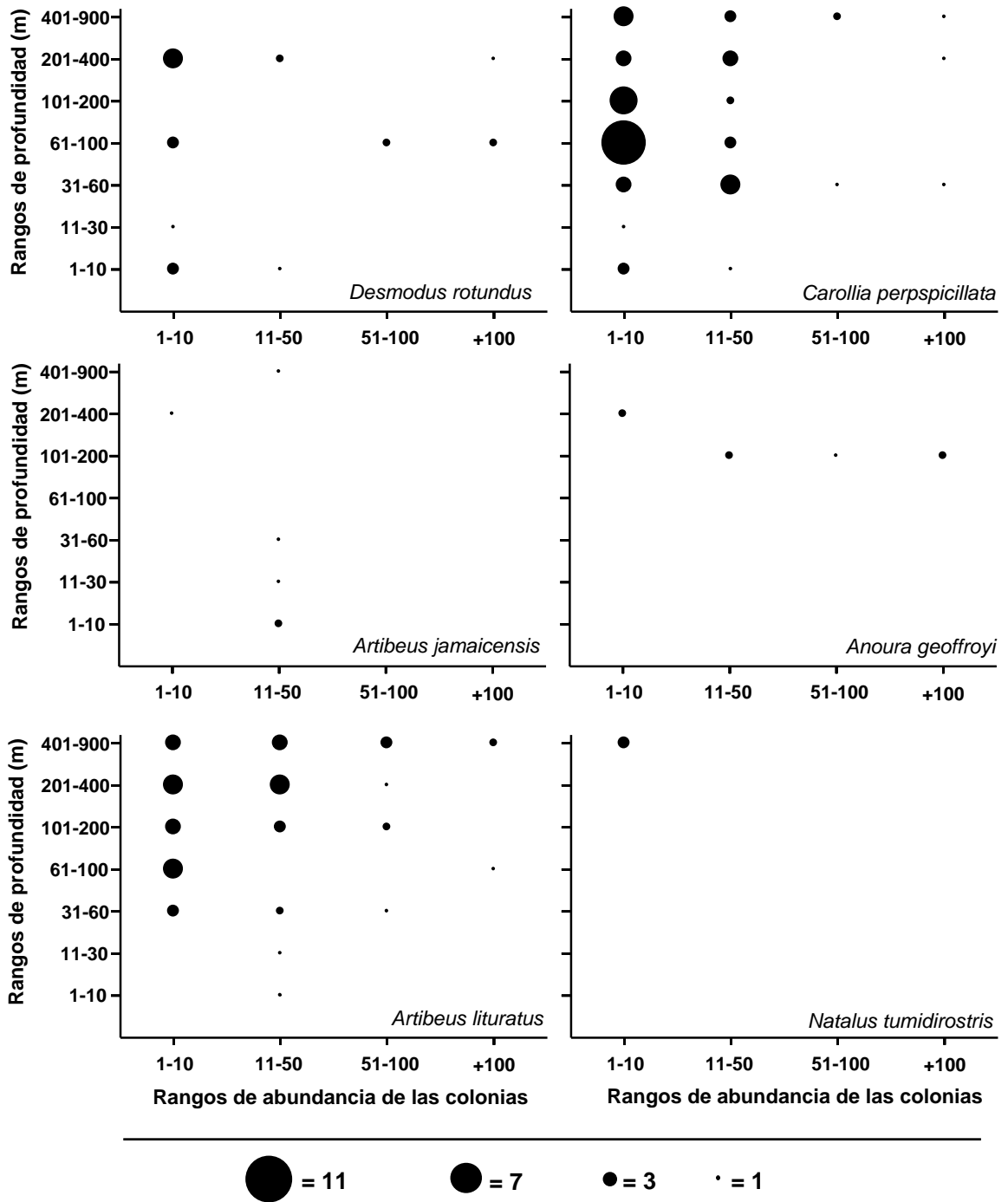


Gráfico 12 Cantidad de colonias de cada especie a lo largo de las cavidades



Los refugios de las colonias de murciélagos frugívoros y sanguívoros, alcanzaron las mayores alturas, mientras que las especies nectarívoro- polinívoras cuentan con los rangos de altura más pequeños dentro del grupo. La especie insectívora ***Natalus tummidirostris*** puede usar diferentes alturas para la ubicación de sus colonias, sin embargo, fue hallada perchando a bajas alturas. La distribución de las especies de murciélagos a lo largo de la cavidad, muestra resultados similares, las especies con mayor área de ocupación son los frugívoros y los sanguívoros (Figuras 11 y 12).

Los grupos de murciélagos más comunes, son colonias de 1 a 10 individuos (49, 65% del total de colonias). Sin embargo, los individuos solitarios, son la forma más común de observar a los murciélagos en el interior de los ecosistemas subterráneos muestreados (38 % del total de colonias) (Figura 12).

## 5 DISCUSIÓN

El conjunto de cavidades analizadas mostró una baja riqueza de especies de murciélagos, si se compara con estudios realizados en el Huila, Antioquia, México, Cuba, Venezuela y Brasil, donde se reportan hasta 13 especies en una cueva y 5,6 especies en promedio por caverna (Arita, 1993; Trajano, 1995; Brunet & Medellín, 2001; Ramírez-Sánchez, 2005, Antunes-da-Silva *et al.*, 2009, García-Rawlins, 2011; Méndez *et al.*, 2011)

La mayoría de las especies de murciélagos halladas en el estudio (85,71%), pertenecen a la familia Phyllostomidae y son fácilmente encontradas en la Región Andina. En Colombia, las especies frugívoras ***Carollia perspicillata*** y ***Artibeus lituratus*** son las más comunes; adicionalmente, la especie sanguívora ***Desmodus rotundus***, es el murciélago que cuenta con la mayor área de distribución en el Neotrópico. Las especies nectarívoro-polinívoras ***Anoura geoffroyi*** y ***Glossophaga soricina***, también se encuentran con relativa facilidad a lo largo de las tres cordilleras andinas, en los Llanos Orientales y la región del Caribe (Alberico *et al.* 2000; Hernández-Camacho *et al.*, 1992; Muñoz, 2001; Rodríguez\_Moreno, 2008). El murciélago frugívoro ***Artibeus jamaicensis*** es muy común en zonas bajas, pero en nuestro país nunca se había registrado habitando en cuevas. Este estudio, puede verse como un avance en el conocimiento de las cavidades subterráneas iniciado por el Instituto Humbolt y ESPELEOCOL hace menos de 10 años.

La especie ***Natalus tumidirostris***, tiene una distribución restringida a unas escasas zonas secas y semi-secas del Neotrópico (Muñoz, 2001; Cadena & Villarraga, 1974; ). Es la única especie de murciélago hallada que se alimenta exclusivamente de insectos, se encuentra en la región del Chicamocha y depende

de las cavidades subterráneas para su reproducción (Muñoz, 2001). Aunque estudios anteriores en cuevas de la misma área, daban cuenta de una población más representativa, en los muestreos realizados se encontraron solamente en tres ocasiones, dentro de un salón profundo de la cueva El Nitro (Zapatoca). Tal vez, la intervención causada por la incidencia de turistas visitantes, en los lugares donde se refugiaban para reproducirse, causó una drástica disminución en la población local de ésta especie.

Al revisar estudios realizados en cuevas de Latinoamérica, encontramos que las especies de murciélagos halladas en cuevas de Santander, también se han reportado en otras cuevas del continente (Trajano, 1987 Brunet & Medellín, 2001 Ramírez-Sánchez, 2005).

La diversidad de especies entre los ecosistemas subterráneos estudiados varió, como consecuencia de múltiples factores. En primer lugar, la matriz circundante en cada grupo de ecosistemas subterráneos es diferente: la vereda Las Flores en Zapatoca-Santander, donde se ubican las entradas de las cuevas El Arrayán, La Alzacia y El Nitro, mantiene una vegetación secundaria en la que predominan árboles de arrayán (*Calycolpus elongatus*), pomarroso (*Zyzygium jambos*), guayabo (*Psidium guineense*), cucharo (*Clusia longicaulis*), cordoncillo (*Piper spp*) y *Eucaliptus spp* y pastos entre otros. Una consecuencia de la cercanía entre estas tres cavidades, es la gran similitud que registran tanto en la composición de especies como en la estructura trófica de los murciélagos que la habitan. Los frugívoros *A. lituratus* y *C. perspicillata*, dominan la diversidad de murciélagos en estos tres ecosistemas subterráneos.

Por otra parte, la zona donde se encuentra la cueva La Vaca (Curití-Santander), se halla más poblada (EOT Curití, 2006) y tiene un clima un poco más cálido con respecto a todas las demás cuevas, así que presenta una vegetación secundaria diferente, con plantas como chilco (*Baccharis latifolia*), rascador (*Mauria*

*ovalifolia*), mano de oso (*Oreopanax floribundum*), y cámbulo (*Erithrina poeppigiana*) (EOT Curití, 2006).

La cueva El Indio (El Páramo-Santander), cuenta con la mejor matriz vegetal circundante, entre todas las cavidades muestreadas. Está inmersa en un bosque secundario que presenta una mayor pluviosidad y altitud que el de las otras dos áreas; además, cuenta con una vegetación menos intervenida y más tupida en la que dominan árboles guamo copero (*Inga heteroptera*), yarumo (*Cecropia peltata*) y balso (*Ochroma pyramidale*). Las condiciones ambientales más favorables, sumadas al hecho de que es el único ecosistema subterráneo estudiado que posee dos entradas (ambas grandes y de fácil acceso), le proporcionan a la cavidad un mayor ingreso de recursos biológicos, como los murciélagos, quienes aportan la proporción más grande del material orgánico que se requiere, para albergar a uno de los ecosistemas subterráneos más diverso de la región. Aunque sea la cueva con mayor uso turístico de la región, presenta el mayor número de especies de murciélagos (5), lo que equivale al 71,42% de la diversidad total encontrada en el estudio. Además, alberga las colonias más numerosas y la mayor cantidad de refugios (57 en total). Entre el total de especies e individuos de murciélagos que alberga, las 3 especies frugívoras (*C. perspicillata*, *A. lituratus* y *A. jamaicensis*) corresponden al 72% de la cantidad total de su quiropterofauna. Un 15% corresponde a los nectarívoros-polinívoros (*A. geoffroyi*) y el 13% restante, lo ocupa la especie sanguívora *D. rotundus*.

El análisis de la beta diversidad del conjunto de cuevas (Figura 2) nos señala que las 5 localidades muestreadas se complementan. Las cuevas de Zapatoca (El Arrayán, La Alzacia y el Nitro) las cuales mantienen la correlación por composición de especies más alta (anexo 1), y las cuevas de la zona guanentina (La Vaca y El Indio). La composición de especies varió, reflejando las diferencias en la disponibilidad de recursos de ambas regiones, como por ejemplo la cantidad

o densidad de ganado potencialmente accesible para la especie sanguívora ***Desmodus rotundus***, la cual no se encontró en las cuevas de Zapatoca. Además, las especies nectarívoras-polinívoras (***A. geoffroyi*** y ***G. soricina***) únicamente se hallaron en la zona guanentina, lo que puede señalar también, diferencias florísticas entre regiones.

La composición de los ensambles de murciélagos cambió en la cueva El Nitro y en la Cueva La vaca. La especie nectarívoro-polinívora ***Glossophaga soricina*** solamente se halló en un muestreo (Mayo 2009, La Vaca), mientras que la especie insectívora ***Natalus tumidirostris*** se halló en tres de los cuatro muestreos, en la cueva El Nitro (zapatoca). Estos resultados indican el uso temporal de las cuevas por parte de las especies de murciélagos, es decir, solamente cuando se hace necesario (lluvias), o tal vez con fines reproductivos.

Las especies frugívoras y sanguívoras presentaron las colonias más numerosas, las cuales se ubicaron en las zonas más profundas de los ecosistemas subterráneos muestreados (Tabla 3). En este sentido, es importante notar la diferencia entre los diferentes tipos de dietas de los murciélagos: las semillas de pomarroso (***Zyzygium jambos***, Myrtaceae) que los frugívoros ***A. lituratus*** y ***A. jamiacensis*** transportan hasta 800 m dentro de las cuevas, aportan recursos alimenticios para las poblaciones de organismos troglófilos y troglóbios (peces: ***Trychomicterus sp.*** (Ardila-Rodríguez, 2006.), debido a que pueden germinar y aumentar la biomasa total disponible. Aunque estas plántulas nunca llegan a prosperar, brindan oportunidad para los pocos herbívoros cavernícolas, como los saltamontes (***Grillidae***), así como también para los grupos de descomponedores.

La especie frugívora ***Carollia perspicillata*** también ingresa una gran cantidad de materia orgánica representada en su mayoría, por amentos de ***Piper spp*** y trozos de frutas y semillas de arrayán (***Calycolpus elongatus***). Aunque se encuentra en mayor número de colonias, los cúmulos de guano, son de menor

tamaño al de *Artibeus spp* y están más esparcidos en el espacio cavernícola. El guano del murciélago sanguívoro *Desmodus rotundus*, puede proporcionar alimento a varios tipos de larvas, gusanos y artrópodos, pero la diversidad de la biota asociada siempre es más baja. Igualmente, el guano generado por la especie nectarívoro-polinivora *Anoura geoffroyi* y *Glossophaga soricina*, es relativamente poco y muy disperso, lo que puede ser útil, principalmente para los microorganismos descomponedores. Los insectívoros *Natalus tumidirostris* aportan la menor cantidad de biomasa a la cavidad (Nitro). Además, pueden cazar los insectos voladores que se encuentran cerca de sus refugios.

El tamaño de algunas colonias permanentes fluctuó a lo largo del estudio, algunas veces un pequeño grupo (1-10 individuos) en el que se hallaban hembras grávidas, se convertía en una gran colonia de maternidad (50-100) en tan solo 2 meses. La mayoría de las especies de murciélagos halladas (5), presentan colonias permanentes, es decir, mantienen una fidelidad por un sitio específico dentro de la cavidad. Sin embargo, algunos refugios son temporales, sobretodo en la época de lluvias, cuando las hembras paren y empieza el levante de sus crías. A estos sitios generalmente se les denomina sala-cunas, las cuales más adelante se pueden convertir en una especie de guardería, donde algunos adultos cuidan a un gran conjunto de juveniles, mientras sus padres traen alimento del exterior. (Trajano, 1987).

No existe una relación directa clara entre el tamaño de la cueva y la cantidad de especies de murciélagos que alberga, más bien la riqueza de especies depende de las condiciones locales o regionales y de las características de acceso a la cavidad, como el número y tamaño de entradas.

Los resguardos preferidos por todas las especies de murciélagos registradas, tienen algunas características comunes, como alta temperatura y humedad relativa por encima del 90%. Las especies más comunes en Colombia (**C.**

*perspicillata*, *A. lituratus* y *D. rotundus*), presentaron los mayores rangos de abundancia, así como también la más variada disposición horizontal y vertical de sus refugios al interior de las cavidades (Figuras 9, 10 y 11).

El registro de colonias mixtas, en las que un refugio es usado por más de una especie añade preguntas, para entender el comportamiento y la selección de refugio por parte de los murciélagos hallados. Al parecer, las depresiones y grietas en el techo de las cuevas, son recursos en competencia entre los individuos y las especies de murciélagos cavernícolas.

Las especies de murciélagos no se distribuyen aleatoriamente dentro de las cavernas, además un refugio puede cambiar de uso dependiendo de las condiciones externas, como el clima y la disponibilidad de alimento o pareja. Para algunas especies como *Natalus tumidirostris*, el requerimiento de este tipo de hábitats para eventos sociales de reproducción y levantamiento de juveniles, los hacen vulnerables y restringidos; especialmente cuando estos sitios se encuentran en zonas con fuerte intervención antrópica.

En el estudio realizado se encontró que un grupo de refugios (37,8 %) son usados por los murciélagos de manera temporal, generalmente cuando los sitios más idóneos se encuentran llenos o están ocupados por individuos más grandes. En épocas de nacimientos algunos salones, túneles o grietas se convierten en salas cunas, dado que poseen unas características especiales como aislamiento, alta temperatura y humedad relativa y poca competencia con otras especies. De esta forma se evidenció la importancia de las cavernas, como centro de refugio para varias especies de murciélagos, donde ocurren eventos reproductivos y de levante de inmaduros. El 62,2% de los refugios restante permaneció ocupado durante todo el muestreo, pero con fluctuaciones en la cantidad de individuos. Estas colonias se convierten entonces en resguardos o reservorios naturales de las especies de murciélagos.

## 6 CONCLUSIONES

La diversidad de murciélagos cavernícolas registrada en este estudio es comparativamente baja. Sin embargo, las poblaciones de la mayoría de las especies-las cuales mantienen un número oscilante de individuos-, permanecen en el interior de las cavidades. Si se analizan temporalmente los estudios realizados en algunas cuevas de Santander, encontramos que la composición y abundancia de murciélagos cambia, es decir ocurre se establece una dinámica de uso con extinciones locales y recolonizaciones. Además cada especie puede cambiar su lugar de percha o abundancia relativa dentro de cada cueva.

Todas las especies de murciélagos registradas en el estudio, prefieren resguardarse en sitios profundos, con completa oscuridad, temperatura constante y alta humedad relativa. Además, las especies pueden utilizar refugios temporalmente, generalmente en épocas reproductivas o cuando las condiciones externas son desfavorables.

El gremio alimenticio de los frugívoros dominó la diversidad de todas las cuevas muestreadas y representa el más importante grupo de organismos troglóxenos, debido a que aportan la mayor cantidad de materia orgánica al interior de los ecosistemas subterráneos.

## 7 RECOMENDACIONES

A pesar de albergar organismos únicos de la biota nacional, así como potenciales nuevas especies para la ciencia, en Colombia las cuevas son uno de los ecosistemas menos estudiados. En 1996 el Instituto Alexander Von Humboldt inició una caracterización de la biodiversidad de los ecosistemas subterráneos en Colombia, en el que se determinó que la mayor concentración de estos ecosistemas se encuentra en Santander y Boyacá. Por este motivo deberían implementarse planes de manejo y establecer en los procesos de desarrollo y producción, condiciones que permitan el uso de los actuales recursos naturales, de tal manera que las generaciones futuras tengan garantizadas posibilidades en su utilización para el desarrollo, el mantenimiento de niveles de calidad de vida y el disfrute de un medio ambiente adecuado.

El cambio climático y la transformación de las áreas, reducen la cantidad y calidad de los lugares preferidos por los murciélagos para pasar el día. Las cavidades subterráneas son refugios o sitios de reposo de las colonias de murciélagos, y por lo tanto deben convertirse en sitios con prioridad para planes de conservación. Además, es importante realizar acciones que contribuyan a la generación de conocimiento y, consecuentemente, a la conservación de los ecosistemas subterráneos.

Pese a todo esto, muy pocas cuevas en el país están protegidas bajo la forma de Reservas o Parques Naturales Nacionales, 8 de más de 1000 (Instituto Humboldt y Espeleocol), y ninguna es de tipo calcáreo, por lo que se hace necesario incluir algunas de éstas dentro de áreas protegidas.

## 8 REFERENCIAS

Acero, D., Velandia, F. & Ramírez, J. 2007. Geoespeleología en el NW de la provincia Guanentina, departamento de Santander. XI Congreso Colombiano de Geología. Universidad Nacional de Colombia, INGEOMINAS. Bogotá, DC. 17 págs. Resumen.

Acevedo, M. 1979. Topología, hidrología y geomorfología de las cavidades cársticas hipógeas. Voluntad Hidráulica. La Habana. 51 p.

Aguilar-López, M., Cornejo-Latorre, C., L. G. Juárez-Castillo, & A. E. Rojas-Martínez. 2011. Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de recursos quiropterófilos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Therya*, Vol 2(2): 169-182.

Alberico, M. 1996. Historia natural de los murciélagos neotropicales. Págs. 106-125 en: C. E. Angel (ed.), *Ecología de Mamíferos Neotropicales*. Memorias, Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá.

Alberico, M., Cadena, A., Hernández-Camacho, J. & Muñoz-Saba, Y. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(1): 43-75.

Álvarez, J., Willing, M. R. Jones, J. K. & Webster, W. D. 1991. *Glossophaga soricina*. *Mammalian Species* N° 379:1-7.

Antony, E. L. P. 1988. Age determination in bats. Pp. 47 a 58, en: Kunz, T. H. (ed.). *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press. Washington.

- Antunes-da-Silva, J. P., Carvalho, A. R. & de-Oliveira-Motta, J. A. 2009. Fauna de morcegos (Mmmalia, Chiroptera) em cavernas do bioma cerrado na regioao de Indiará (Goiás). *Revista Brasileira de Zoociencias* 11(3): 209-217.
- Ardila-Rodríguez, C. A. 2006. *Trichomycterus sandovali*, (Siluriformes: *Trichomycteridae*) Una nueva especie de pez cavernícola para el departamento de Santander, Colombia. *Peces del Departamento de Santander, Colombia*. Número 2. Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colombia.
- Arita, H. T. 1993. Conservation Biology at the Cave Bats of México. *Journal of Mammalogy* 74(3):693-702.
- Arita, H. T. 1996. The Conservation of Cave-Roosting Bats in Yucatán, México. *Biological Conservation* 76(1996):177-185.
- Arita, H., & Santos-del-Prado, K. 1999. Conservation Biology of Nectar-Feeding bats in Mexico. *Journal of Mammalogy*, 80: 31-41.
- Avila-Flórez, R., & Medellín, R. A. 2004. Ecological, taxonomic and physiological correlates of cave use by Mexican Bats. *Journal of Mammalogy* 85:675-687.
- Barr, T.C.1967. Observations on the ecology of caves. *The American Naturalist*. Vol.101, No. 922.
- Biosca, C. 1999. *Espeleología*. Edimat Libros, Madrid. 187 pp.
- Bobrowiec, P. E. D. & Matos-Cunha. 2010. Leaf-consuming behavior in the big fruit-eating bat, *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Chiroptera: Phyllostomidae), in an urban area of Southeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*, 16(1).
- Bohn, K. M., Moss, C.F., & Wilkinson, G.S. 2006. Correlated evolution between hearing sensitivity and social calls in bats. *Biology Letters*.:10.1098/rsbl.2006.0501

- Brunet, A. K., & Medellín, R. A. 2001. The species-area relationship in bat assemblages of tropical caves. *Journal of Mammalogy* 82:1114-1122.
- Caballero-Martínez, L. A., I. V. Rivas-Manzano & L.I. Aguilera-Gómez. 2009. Feedings habits of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Ixtapán de Oro, Mexico State. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 25(1): 161-175.
- Caballero, V., Parra, M. & Mora-Bohórquez, A. R. 2010. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano: Proveniencia Sedimentaria en el Sinclinal de Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, Vol. 32 N° 1.
- Cadena, A. & Villarraga, E. 1974. Estudio de una población del murciélago *Natalus tumidirostris* en la Cueva de La Macaregua, San Gil. Universidad de los Andes. Bogotá. 78 pp.
- Cano, Z. & J. Martínez. 1999. Las cuevas y sus habitantes. Fondo de Cultura Económica, México. Col. La Ciencia para Todos 181, 165pp.
- CAS, 2006. Corporación Autónoma Regional de Santander. Informes y esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios del Departamento de Santander. 2006. San Gil, Colombia. (<http://www.cas.gov.co>).
- Chávez, M. E. & Santamaria, M. 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt, Bogotá DC. Colombia. 2 Tomos.
- Crichton, E. G. & Krutzsch, P. H. 2000. *Reproductive Biology of Bats*. Harcourt Science and Technology Company. London, UK. 523 pp.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de

Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar> Infostat - Software Estadístico [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)

Dos Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., Passos de Lima, I. 2007. Morcegos de Brasil. Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Universidad Estadual de Londrina, Brasil. 253 pp.

ESPELEOCOL, 2007. Sociedad Colombiana de Espeleología. Bogotá, Colombia. ([espeleocol@yahoo.com](mailto:espeleocol@yahoo.com)).

Esquema de Ordenamiento Territorial municipio Curití, Santander, 2006.

Esquema de Ordenamiento Territorial municipio El Páramo, Santander, 2009.

Esquema de Ordenamiento Territorial municipio Zapatoca, Santander 2009.

Fenton, M.B., L. Achrarya., D. Audet., M.B. C. Hickey., C. Merriman., M. k. Obrist., D. M. Syme., Adskins. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitats disruption in the Neotropics. *Biotrópica*, 24 (3): 440-443.

Filho, H. O., Reis, N. E., Pinto, D. & Vieira, D. C. Aspectos reproductivos de *Artibeus lituratus* (Phyllostomidae) em fragmentos florestais na região de Porto Rico, Parana, Brasil. *Chiroptera Neotropical*, 13(2).

Galindo-Galindo, C., A. Castro-Campillo., A. Salame-Méndez & J. Ramírez-Pulido. 2000. Reproductive events and social organization in a colony of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) from a temperate Mexican cave. *Acta Zoológica de México* (n. s.) 80: 51-68.

García-Hernández, S., Torres-Sánchez, P. & Pérez-González, A. 2010. Estructura y patrones espacio-temporales de abundancia de una población cavernícola del opilión *Phalangodus* sp. n. (Aracnida: Opiliones) en Los Andes Colombianos. Tesis de Grado. Programa de Biología, Universidad Industrial de Santander.

- García-Rawlins, A. 2011. Dinámica de uso de las cuevas por murciélagos cavernícolas de zonas áridas y semiáridas del Norte de Venezuela e Islas vecinas. Trabajo de Grado de Biología. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
- Gardner, A. L. 2008. Mammals of the South America, Volume I Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats. The University of Chicago Press, Chicago and London. 669 pp.
- Geiser, F. & Stawski, C. 2011. Hibernation and Torpor in Tropical and Subtropical bats in relation to energetics, extinction, and the evolution of Endothermy. Integrative and Comparative Biology, Vol. 51, N°3 (337-348).
- Gnaspini-Netto, P. 1989. Anàlise comparative da fauna associadaa depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira Aproximacao. Departamento de Zoología, Instituto de Biociencias. Universidad de Brasil. 3(2):183-192.
- Grose, E. S. & Marinkelle, C. 1970. Biospeleology of the Macaregua Cave (Colombia). Mitt. Instituto Colombo-Alemán de Investigación Científica (4): 11-13.
- Hernández-Camacho, J., A. Hurtado, R. Ortiz & T. Walschburger. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. Pp 105-151 in La Diversidad Biológica de Iberoamérica (I. G. Halffter, ed.) Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología, A.C., México, México.
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas & J. B. Morales-Malacara. 1986. Manual de Bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México). UNAM. México, 171pp.
- Hoyos, M. A. & Muñoz-Saba. 2007. Cavernas en Santander, fauna y aprovechamiento estratégico. XI Congreso Colombiano de Geología. Asociación Espeleológica Colombiana (ESPELEOCOL), Facultad de Ciencias, Instituto de

Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Departamento de Biología, 16 de agosto de 2007. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. 14 pp.

IGAC, 2007. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bucaramanga, Colombia. Geología del Departamento de Santander, Colombia. Plancha 14. (<http://www.igac.gov.co>.)

INGEOMINAS, 2007. Instituto Colombiano de Geología y Minería. Bucaramanga, Colombia. (<http://www.ingominas.gov.co>).

Kalko, E. K. 1998. Organization and diversity of tropical bats communities through space and time. *Zoology* 101: 281-297.

Kunz, T. H., Braun-de-Torres, E., Bauer, D., Lobova, T & Fleming, T. H. 2011. Ecosystems services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, (1223): 1-38.

Kunz, T. H. & Parsons, S. 2009. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Second Edition. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Canadá. 880 pp.

Lunberg, J. & McFarlane, D. 2009. Bat and bell holes: The microclimatic impact of bats roosting, using a case study from Runaway Bay Caves, Jamaica. *Gemofomlogy* (106): 78-85.

Mantilla-Meluk, H., A. M. Jiménez-Ortega & R. J Baker. 2009. Phyllostomid bats of Colombia: anotated checklist, distribution and biogeography. *Special Publications: Museum of Texas Tech University*, Number 56. Lubbock, USA. 44 pág.

Marín-Vásquez, A., Ortega-Rincón, M. & Ramírez-Chávez, H. 2010. Records of Leucism in three species of Colombian bats: *Carollia brevicauda*, *Artibeus jamaicensis* and *Lophostoma silvicolium* (Phyllostomidae). *Chiroptera Neotropical* 16 (2).

McKraken, G. F. & Wilkinson, 2000. Bat Mating Systems. In: Reproductive Biology of Bats, 2000. A Harcourt Science and Technology Company. Academic Press, London, UK. 523 pp.

McNab, B.K. 1969. The economics of temperature regulation in neotropical bats. *Comparative Biochemistry And Physiology*, Volume 31, Issue 2, 227-268.

Medellín, R. A., Arita, H. T. & Sánchez, O. 2007. Identificación de los Murciélagos de México, Clave de Campo. Segunda Edición. Instituto de Ecología UNAM. México, D.F. 80 pp.

Méndez, P., Vieira, T.H., Oprea, M., Brito, D. & Ditchfield, D. A. 2011. Roost use by bats in Espírito Santo, Brazil: Comparison of a protected area, a rural landscape area, and an urban landscape. *Cuadernos de Investigación UNED Vol. 3 (2): 195-203.*

Mendoza-Parada, J. E., Moreno-Murillo, J. M. & Rodríguez-Orjuela, G. R. 2009. Sistema cárstico de la formación Rosa-Blanca Cretácico Inferior, en la provincia santandereana de Vélez, Colombia. *Geología Colombiana N° 34: 35-44.*

Miller, W. B. & Miller, M. C. 2010. Results of the Pilot Monitoring Project for Bats (Chiroptera). Hillbank Field Station, Programme for Belize. Bats Soundz Service. Gallon Jug, Belize. 39 pp.

Molinari, J., Nassar, J. M., García-Rawlins, A & Márquez, R. J. 2012. Singularidad Biológica e Importancia Socioeconómica de los Murciélagos >Cavernícolas de la Península de Paraguaná, Venezuela, con propuestas para su conservación. *Revista de Ecología de América Latina Vol 17-N° 3. 40 pp.*

Morelio, L. F. 2004. Procesos de Cavernamiento. (espeleogénesis) en sistemas hipogenéticos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental. CESIGMA, Ciudad de La Habana, Cuba*

- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. 1ª Edición. Universidad Veracruzana, Textos Universitarios. Xalapa, México. 87 págs.
- Muñoz, J. 2001. Los Murciélagos de Colombia. Primera Edición. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia. 391 págs.
- Muñoz-Saba, Y. 1997. Bats as cave ecosystems indicators (This project is part of Colombian Cave Biodiversity Program). Seventh International Theriological Congress, Acapulco, México. Póster.
- Muñoz-Saba, Y., G.I. Andrade., L.G. Baptiste. 1998 a. Cuevas y Cavernas p: 164-175, Tomo I En: Informe Nacional Sobre El Estado De La Biodiversidad 1997. Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Pnuma, Ministerio del Medio Ambiente, Santa Fé de Bogotá, Colombia, 3 Tomos.
- Muñoz-Saba, Y., G.I. Andrade., L.G. Baptiste., D. Salas., H. Villareal. & D. Armenteras. 1998 b. Conservación de los Ecosistemas Subterráneos en Colombia. Biosíntesis, Boletín 10. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Colombia. 5 págs.
- Muñoz-Saba, Y. 2000. Los murciélagos del género *Artibeus* Leach, 1821 (Chiroptera: Pyllostomidae: Stenodermatinae) de Colombia. Tesis. Maestría en Sistemática: Área Zoología. Instituto de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., 86 págs.
- Muñoz-Saba, Y., M.A. Murcia L., M.A. Hoyos-Rodríguez, L.G. Sánchez, M.A. García, T. Angarita. 2007a. Los retos de la conservación en las cavernas de Santander frente al turismo. XI Congreso Colombiano de Geología. Universidad Nacional de Colombia, Asociación Espeleológica Colombiana (ESPELEOCOL), Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Departamento de Biología, 16 de agosto de 2007.

- Muñoz-Saba, Y., Hoyos-Rodríguez, M. A. & Baptiste, L. G. 2007b. ¿Conservación de murciélagos asociados con las cavernas o conservación de las cavernas a través de los murciélagos. Focus VI, (1-2): 57-63.
- Nowak, R. 1994. Walker's Bats of the World. First edition. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA. 287 págs.
- Ortega, J. & Castro-Arellano, J. 2001. *Artibeus jamaicensis*. Mammalian Species N° 662. American Society of Mammalogist. 9 pp.
- Ortega, J., Guerrero, J. A. & Maldonado, J. G. 2008. Agresion and tolerance by dominant males of *Artibeus jamaicensis*. Strategies to maximize fitness in harem groups. Journal of Mammlogy, 89(6): 1372-1378.
- Pimiento, R. 2007a. Ficha Espeleológica caverna Don Juan Zapatoca-Santander, Catastro Espeleológico Nacional, Espeleocol.
- Pimiento, R. 2007b. Geoespeleología de la Caverna La Alzacia, Municipio de Zapatoca, Santander. Memorias XI Congreso Colombiano de Geología.
- Poulson, T. L. & White, W. B. 1969. The Cave Enviroment. Science, Volume 165, Number 3897.
- Rodríguez-Durán, A. 1998. Nonrandom aggregations and distribution of cave-dwelling bats in Puerto Rico. Journal of Mammalogy, Volume 79, Issue 1, 141-146.
- Rodríguez-Durán, A. & Soto-Centeno, J. A. 2003. Temperature selection by tropical bats roosting in caves. Journal of Thermal Biology (28): 465-468.
- Rodríguez-Moreno, R. A. 2008. Neotropical bats assemblages in urban parks: effect of urbanization and microhabitat. Tesis de Grado. Programa de Biología, Universidad Industrial de Santander.

- Rodríguez-Rocha, M., Castillo, S. Estrada-Villegas, S. 2012. Conservating Bats and Caves in the Chicamocha Canyon (Colombia) within the Framework of the PCMCo., Interim Report. Fundación Chimbilako, 17 pp.
- Roeder, D. & Chamberlain, R. I. 1995. Eastern Cordillera of Colombia: Jurassic-Neogene crustal evolution, *in* A. J. Tankard, R. Suárez S., and H. J. Welsink. Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62, p. 633-645.
- Salazar, L. 2005 Geoespeleología en el Sistema Cárstico de Santander, Provincia de Vélez. Trabajo de Grado. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez-Ramírez, L. G. 2006. Estructura y composición del ensamblaje de murciélagos del departamento del Huila, Colombia. Tesis de Grado. Carrera de Ecología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C.
- Talamoni, A. S., Coelho, D. A., Dias-Silva, L. H. & Amaral, A. A. 2012. Bat assemblages in conservation areas of a metropolitan region in Southeastern Brazil, including an important kars habitat. *Brazilian Journal of Biology*, Vol. 73, N°1: 1-11.
- Torres-Flóres, J. W. & López-Wilchis, R. 2010. Condiciones microclimáticas, hábitos de percha y especies asociadas a los refugios de *Natalus stramineus* en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 26(1): 192-213.
- Torres-Flóres, J. W., López-Wilchis, R. & Soto-Castruita, A. 2012. Dinámica poblacional, selección de sitios de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el Oeste de México. *Revista de Biología Tropical* Vol 60(3): 1369-1389.
- Trajano, E. 1987. Fauna Cavernícola Brasileira: Composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, S. Paulo 3 (8):533-561 31.V

- Trajano, e. 1995. Protecting caves for the bats or bats for the caves?. *Chiroptera Neotropical*, 1(2).
- Tuttle, M. R. & Moreno, A. 2005. Murciélagos Cavernícolas del Norte de México. Su importancia y problemas de Conservación. *Bat Conservation International*. Austin, Texas. 50 pp.
- Vásquez-Pérez, E. U., Roque-Velázquez, J. A. & Velázquez-Velázquez, E. 2010. Diversidad alfa y beta en murciélagos cavernícolas de la Depresión Central, Chiapas, México. *LACANDONIA*, Año 4-Vol 4 N°1: 47-54.
- Voigt, C. C. & Lewanzik, D. 2011. Trapped in the Darkness of the night: Thermal and Energetic constraints of daylight flight in bats. *Proceedings of the Royal Society (278)*: 2311-2317.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Tercera Edición. Prentice-Hall. New Jersey. 998 pp.

## ANEXOS

ANEXO A MATRIZ DE CORRELACION (SPEARMAN) DE PRESENCIAS O AUSENCIAS DE LAS ESPECIES EN CADA UNA DE LAS CUEVAS MUESTREADAS

	<b>Arrayán</b>	<b>Alzacia</b>	<b>Nitro</b>	<b>Vaca</b>	<b>Indio</b>
<b>Arrayán</b>	1	0.64549722	0.47140452	0.47140452	0.25819889
<b>Alzacia</b>	0.6454972	1	0.73029674	0.09128709	0.40000000
<b>Nitro</b>	0.4714045	0.7302967	1	-0.1666666	-0.0912870
<b>Vaca</b>	0.4714045	0.09128709	-0.1666666	1	-0.0912870
<b>Indio</b>	0.258198	0.40000000	-0.0912870	-0.0912870	1

ANEXO B CLIMATOGRAMA MUNICIPIO CURITÍ—SANTANDER, EOT; 2006.

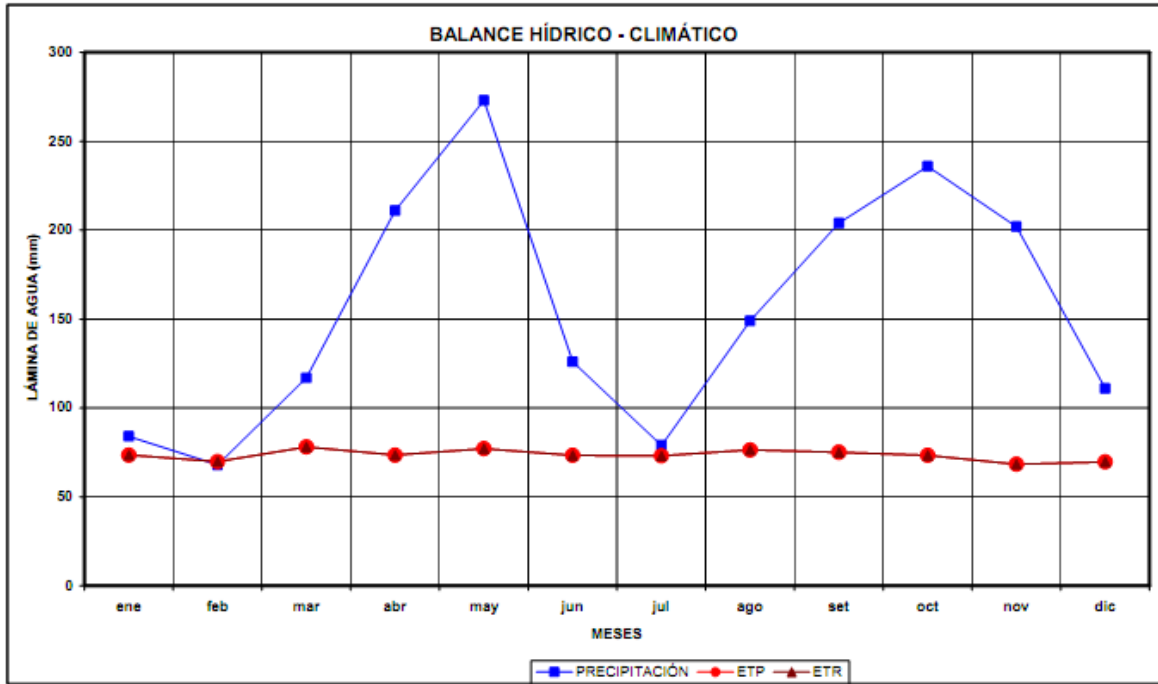
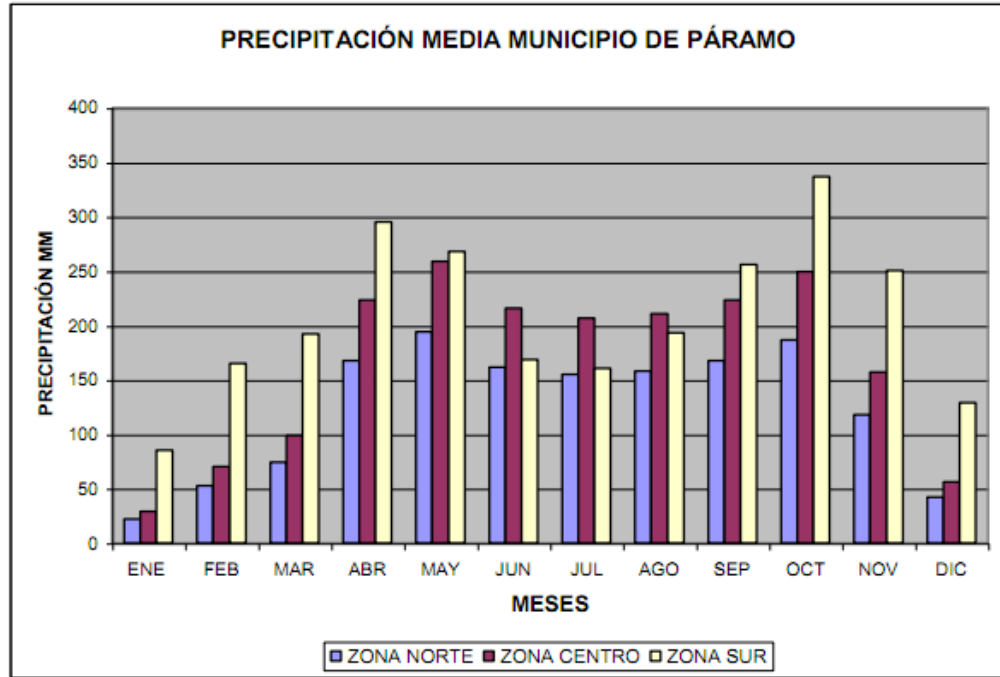


Gráfico No. 1 Precipitación Media



FUENTE: Estaciones del IDEAM, según Tabla No. 1