



Universidad Surcolombiana



Facultad de Educación

**Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y
Educación Ambiental**

**Biodiversidad de Arácnidos (Araneae, Amblypygi y Opiliones) presentes en
las Cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los
Guácharos (Huila-Colombia)**

Presentado por:

Juan Carlos Valenzuela Rojas

Cód. 2007269488

Cristian Camilo Moncayo Beltrán

Cód. 2007269377

Julio César González Gómez

Cód. 2007269392

Neiva, Huila, Colombia

24 de Noviembre de 2013



Universidad Surcolombiana



Facultad de Educación

**Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y
Educación Ambiental**

Presentado por:

| | |
|--|------------------------|
| Juan Carlos Valenzuela Rojas | Cód. 2007269488 |
| Cristian Camilo Moncayo Beltrán | Cód. 2007269377 |
| Julio César González Gómez | Cód. 2007269392 |

Tesis para Optar al Título de:

**Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y
Educación Ambiental**

Asesora

Mariángeles Lacava Melgratti

Neiva, Huila, Colombia

24 de Noviembre de 2013

Nota de Aceptación

Jurados

**MSc. Luis Fernando García
Hernández**

**MSc. Elías Francisco Amórtegui
Cedeño**

Neiva, 29 de Noviembre de 2013

DEDICATORIA

Juan Carlos Valenzuela Rojas

En primera instancia a Dios que me brindó la salud, fortaleza y paciencia para realizar un proyecto de calidad y excelencia digno de un graduando.

A mis padres, Nohemy Rojas Perdomo y Daniel Valenzuela Garrido por su apoyo incondicional que han brindado desde mi nacimiento hasta donde la vida les alcance.

A mis hermanos, Mauricio, Daniela, Milena y mi sobrina Isabella, que siempre en sus oraciones encomendaron y brindaron todo el apoyo moral para que este proyecto saliese adelante.

A mis Mompirris y familiares que con su compañía, ayuda y amor siempre apoyaron este proyecto.

A Mary y Lucho que con más que aprecio sacrificaron su sueño para que el nuestro, se hiciese realidad.

A Teófila Robles, Abel Perdomo y Benedicto Valenzuela que desde el cielo apoyaron espiritualmente mi trabajo.

Cristian Camilo Moncayo Beltrán

En primera instancia, darle gracias a Dios pues gracias a su voluntad, permitió que este proyecto se cumpliera a cabalidad.

Dedico este proyecto con mucho cariño a mis padres Jeremías Moncayo Calderón y Alba Janeth Beltrán Javela, pues serán mi motivación y apoyo incondicional en todo lo que me proponga.

A mis hermanos Laura Alejandra Moncayo Beltrán, José Francisco Moncayo Beltrán y Santiago Moncayo Beltrán, quienes siempre estuvieron pendiente de mí e inquietados por todo el proyecto de principio a fin.

A mis abuelos, tías y primos y demás conocidos que formaron parte de este proyecto.

A mi novia Dirley Viviany Osso Garzón, quien es mi motor en los momentos de felicidad y de angustia, ella sabe que le agradezco de corazón todo lo ha hecho por mí.

Julio César González Gómez

Inicialmente a Dios, por acompañarnos y mantenernos fuertes en este arduo camino.

A Gloria Gómez y César González, mis padres, por creer siempre en mí y apoyarme en todo momento.

A Polita, Mi abue, porque con su sonrisa siempre logró animarme...

A mis hermanos Lina, Yensy, Cristian y Yeimy, Diego y Oscar por haber mostrado siempre orgullo de mi quehacer diario.

A Lorena A. Cardozo, el amor de mi vida, por creer en mí y brindarme siempre su apoyo en cada momento de esta investigación, por ayudarme a mantener la frente en alto en cada momento difícil, por hacer parecer cada momento difícil muy fácil.

Por ultimo a mi gran y buen Amigo Claudius, por el orgullo que siempre demostró sentir, gracias.



AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Energía de Bogotá, que a través del Semillero Científico dirigido por el Ingeniero Daniel Hernández, que nos permitió realizar el diagnóstico de esta investigación, capacitando a sus estudiantes y trabajando con ellos en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, supliendo esta Empresa las necesidades económicas de sus estudiantes y financiando el 40% de esta Investigación.

A la Corporación de Turismo del Huila y al Hotel Americano, que en nombre de la Doctora Fanny Consuelo Ariza Fonseca, Julio Cesar Prieto Morales y Denier Yesid Ramírez Penagos, brindaron su apoyo económico y moral, permitieron que esta Investigación tuviera un rumbo exitoso.

A la Facultad de Educación de la Universidad Surcolombiana, que en su momento era dirigida por la Doctora María Ligia Lavao de Serrato, quien con su equipo de trabajo, nos brindaron su apoyo económico para que esta Investigación supliera sus necesidades relacionado con los materiales de campo.

Al Programa de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y su Jefe de Programa Juan Manuel Perea Espitia, quien nos ayudó con trámites administrativos para que esta Investigación fuera aprobada, teniendo el aval para que se pudiera realizar a cabalidad.

Al Semillero INVUSCO y su Tutor Elías Francisco Amórtegui, quien desde su experiencia investigativa nos brindó sus consejos y su apoyo moral.

A la Unidad Especial Administrativa del Sistema Nacional de Parques Naturales Nacionales, particularmente a los funcionarios del Parque Nacional Natural Cueva

de los Guacharos, su Administrador el Doctor Ítalo Rodríguez Aguazaco, a la Ingeniera Claudia, a la Profesional Johana González, a sus operarios Ricardo Reyes, Carlos Cortés, Rosendo Paramero, Yon Faiber Uni Chimonja y a su auxiliar administrativa Judith Echeverry, quienes facilitaron nuestra permanencia en el Parque.

A las auxiliares investigativas Elizabeth Díaz Bohórquez, Lorena Andrea Cardozo Hernández, Elisa Yomaira Matta Lozano y a Laura Milena Franco Fonseca, quienes con su buena voluntad, formaron parte del equipo de trabajo, para realizar las salidas de campo de esta Investigación.

A los especialistas Luis Fernando García (M.Sc.) de la Universidad de la República de Uruguay y del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable en Montevideo, Uruguay; Robert Raven (PhD.) de la Universidad y el Museo de Queensland en Brisbane, Queensland, Australia; Osvaldo Villarreal (M.Sc.) de la Universidad y el Museo Federal do Rio de Janeiro y Bernhard A. Huber (PhD.) de la Universidad de Bonn en Bonn, Alemania y del Museo Zoológico de Investigación Alexander Koenig. Quienes de forma generosa nos ayudaron con la identificación a nivel más bajo posible los diferentes órdenes trabajados.

Y a los mil y un amigos, que se mantuvieron interesados en la ejecución de la investigación, pues mantuvieron su fé y confianza para que todo se realizara a cabalidad.

PRESENTACIONES

Presentaciones en congresos:

ENCUENTRO INSTITUCIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN: Niños, niñas y jóvenes investigadores. Universidad Surcolombiana. Neiva Huila. 2012.

VIII ENCUENTRO DEPARTAMENTAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN. Niños, niñas y jóvenes investigadores. Nodo Huila. Neiva Huila. 2012.

XV ENCUENTRO NACIONAL Y IX INTERNACIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN. Red Colsi. Bucaramanga, Santander. 2012.

40° CONGRESO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA SOCOLEN. Bogotá. D.C. 2013 (Anexo 1).

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| LISTA DE TABLAS | i |
| LISTA DE FIGURAS | ii |
| LISTA DE ANEXOS | iii |
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1. JUSTIFICACIÓN | 19 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 21 |
| 3. OBJETIVOS | 23 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 23 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 23 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 24 |
| 4.1. ESFUERZO DE MUESTREO Y BIODIVERSIDAD | 25 |
| 4.2. GÉNESIS Y DIVERSIDAD BIÓTICA DE LAS CAVERNAS | 27 |
| 4.3. ENDEMISMO EN CAVERNAS | 30 |
| 4.4. ÓRDENES DE ARÁCNIDOS A ESTUDIAR (GENERALIDADES) | 32 |
| 4.4.1. Clase arachnida..... | 32 |
| 4.4.1.1. Orden araneae..... | 33 |
| 4.4.1.2. Orden amblypygi..... | 35 |
| 4.4.1.3. Orden opiliones..... | 36 |
| 5. METODOLOGÍA..... | 37 |
| 5.1 ÁREA DE ESTUDIO | 37 |
| 5.2 COLECTA DE ARÁCNIDOS | 39 |
| 5.2.1 Diagnóstico..... | 40 |
| 5.2.2 Métodos de muestreo | 41 |
| 5.2.3 Fase de laboratorio..... | 46 |

| | | |
|------------|---|----|
| 5.2.3.1 | Determinación taxonómica y preservación de arácnidos | 46 |
| 5.2.4 | Análisis de datos | 47 |
| 5.2.4.1 | Evaluación de la diversidad alfa (α) | 47 |
| 5.2.4.1.1. | Comparación de los índices de diversidad y abundancia de las cavernas | 48 |
| 5.2.4.2 | Evaluación de la diversidad beta (β) | 49 |
| 6. | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 50 |
| 6.1 | ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE LOS DIFERENTES ÓRDENES | 50 |
| 6.1.1. | Abundancias del orden araneae | 52 |
| 6.1.2. | Abundancias del orden opiliones | 53 |
| 6.1.3. | Abundancias del orden amblypygi | 54 |
| 6.2 | REPORTES Y HALLAZGOS | 54 |
| 6.2.1 | Orden araneae | 54 |
| 6.2.2 | Orden opiliones | 56 |
| 6.2.3 | Orden amblypygi | 57 |
| 6.3 | MEDICIÓN DE LA DIVERSIDAD | 58 |
| 6.3.1. | Curva de acumulación de especies | 58 |
| 6.3.1.1. | Análisis de la diversidad alfa (α) | 59 |
| 6.3.1.1.1. | Comparación de la diversidad | 59 |
| 6.3.1.2. | Análisis de la diversidad beta (β) | 61 |
| 7. | CONCLUSIONES | 62 |
| 8. | RECOMENDACIONES | 64 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 65 |
| | ANEXOS | 76 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Lista de morfoespecies y sus abundancias, colectadas en las cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos..... | 50 |
| Tabla 2. Índices de diversidad α comparada de las dos cavernas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos..... | 61 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Opilión troglobio: <i>Texella reyesi</i> | 32 |
| Figura 2. Partes de una araña, se muestran las partes generales de un arácnido | 33 |
| Figura 3. <i>Priscula sp.</i> Araña de la familia Pholcidae encontrada en las cuevas del Hoyo y del Indio del PNN Cueva de los Guácharos | 34 |
| Figura 4. <i>Heterophrynus cervinus</i> . Pocock, 1894. Amblypygi encontrado en las cuevas del Hoyo y del Indio del PNN Cueva de los Guácharos | 35 |
| Figura 5. <i>Andrescava sturmi</i> , Roewer, 1963. Opilión encontrado en las cuevas del Hoyo y del Indio del PNN Cueva de los Guácharos | 36 |
| Figura 6. Ubicación del PNN Cueva de los Guácharos en el Departamento del Huila y Caquetá | 37 |
| Figura 7. A) Capacitación en el reconocimiento de los arácnidos a niños del semillero científico. B) Visita con los niños al PNN Cueva de los Guácharos ... | 41 |
| Figura 8. Marcado del punto de muestreo con barro | 43 |
| Figure 9. Forma de colecta en zigzag..... | 44 |
| Figura 10. A) Aspirador bucal, B) Red entomológica, C) Viales para preservarlos, D) Pincel pelo de Marta | 44 |
| Figura 11. Colectando una Araña con el aspirador bucal | 44 |
| Figura 12. Colectando un Amblipígido con la red entomológica | 45 |
| Figura 13. Colectando un Opilión con el pincel de pelo de Marta..... | 45 |
| Figura 14. Adecuando las muestras en el laboratorio y organizando el espécimen con alcohol | 46 |
| Figura 15. A) Morfoespecies por orden y abundancia por orden | 51 |
| Figura 16. Curva de acumulación de morfoespecies de arácnidos (Araneae, Opiliones y Amblypygi) de las Cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos..... | 55 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|------|
| Anexo 1. Participación en el 40° congreso de la sociedad colombiana de entomología SOCOLEN | 76 |

RESUMEN

Las cavernas presentan una gran diversidad faunística y están dentro de los ecosistemas más frágiles del mundo, debido al elevado número de especies endémicas que presentan. Pese a su importancia, se encuentran dentro de los ecosistemas menos estudiados en Colombia. El Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos está ubicado en el extremo Suroriental del departamento del Huila. Dentro de las características más representativas del parque se encuentra un extenso sistema de cavernas que alberga una gran variedad de especies. Los estudios acerca de la diversidad faunística de la cueva son escasos, enfocándose principalmente en vertebrados. Con base en esto, en el presente trabajo tuvo como objetivo la caracterización de la aracnofauna presente en las cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Cueva de los Guácharos, mediante colecta manual. Se colectaron 461 ejemplares de cueva del Indio y 273 en la del Hoyo de 11 morfoespecies diferentes siendo de estas 4 posibles especies nuevas. Se encontraron 8 morfoespecies del orden Araneae, 1 del orden Amblypygi y 2 del orden Opiliones. Las arañas fueron las más abundantes (54.6 %) seguidas por los Opiliones (26.2 %) y los Amblipígididos (19.2 %). La curva de acumulación de especies muestra una eficiencia del 98.5% durante los muestreos realizados. En lo relacionado a la diversidad alfa el valor del índice de Shannon W. fue de 1.819 en la caverna del Indio y 1.625 en la del Hoyo, estos índices fueron significativamente diferentes (Bootstrap, $p=0.003$). Una tendencia similar se presentó en los índices de Simpson: 0.7919 para la cueva del indio y de 0.7647 para la cueva del Hoyo. El índice de similitud de Jaccard presentó un valor de 0.82, mostrando una composición de especies semejante. Este tipo de investigaciones ratifican la fragilidad y la desconocida diversidad de estos ambientes tan poco estudiados en Colombia. Futuros estudio podrían orientarse en comprender las diferentes adaptaciones de los arácnidos y demás invertebrados a las cavernas.

Palabras clave: Biodiversidad, Arácnidos, cavernas, PNN Cueva de los Guácharos.

ABSTRACT

The caves are ecosystems full of biodiversity specially in fauna and are very fragile, due to the high number of endemic species which live in. Despite their importance, caves are within the least studied ecosystems in Colombia. The National Park Cueva de los Guácharos is located in the south of Huila department. The most representative feature of the park is a huge cave system that hosts a wide variety of species. Despite this, the studies on the cave diversity are scarce, especially in vertebrates. Based on this study, we classified the arachnofauna from EL Hoyo and El Indio Caves through manual collection. 462 species were collected from El Hoyo and 273 from El Indio. These species are classified in 11 different morpho species but the most important of this is the discovery of 4 possible new species. We Found 8 morphospecies of the order Araneae, Amblypygi order 1 and 2 of the order Opiliones. The spiders were the highest number with (54.6%) followed by the Opiliones with (26.2%) and Amblypygi with (19.2%). The specimen accumulation curve shows an efficiency of 98.5% during the samples. Related to alpha diversity index value of Shannon W. were 1,819 for El Indio cave and 1,625 from El Hoyo. This shows a significant difference (bootstrap, $p = 0.003$). A similar trend occurred in Simpson indices: 0.7919 from El Hoyo and 0.7647 from El Indio cave. The Jaccard similarity index showed a value of 0.82, it means a similar specie composition. This type of research confirms both the fragility and the unknown diversity of these environments unknown in Colombia. Future researches could be directed to understand the different adaptations of arachnids and other species of invertebrates that live in the caves.

Key words: Biodiversity, Arachnids, caverns, PNN Cueva de los Guácharos.

Biodiversidad de arácnidos (Araneae, Amblypygi y Opiliones) presentes en las Cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos (Huila-Colombia)

“Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes”

Isaac Newton

Por:

Juan Carlos Valenzuela Rojas, Cristian Camilo Moncayo Beltrán, Julio César González Gómez & Mariángeles Lacava Melgratti

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países más biodiversos del mundo, esto debido principalmente a la ubicación ecuatorial y a la presencia de ecosistemas naturales que van desde nieves perpetuas, afloramientos rocosos, desiertos, manglares hasta bosques húmedos (Romero, Cabrera & Ortiz, 2008). Dentro de esta serie de ecosistemas, se reporta una riqueza de 7.432 especies de vertebrados y se estima que existen cerca de 300.000 especies de invertebrados, de las cuales solo se conoce entre el 10% y el 20% (SiB, 2013). De igual forma, la variedad de ecosistemas permite que se desarrollen especies endémicas, de las cuales se han descrito 472 especies de mamíferos, 763 de anfibios, 197 de aves y 7.634 de plantas (SiB, 2013).

Dentro de las regiones naturales de Colombia se hallan un gran número de formaciones subterráneas que además de ser importantes fuentes de agua (Romero, 2009), sirven de refugio para un gran número de plantas, hongos y animales (IAvH, 1998). Estos ecosistemas que se forman dentro de las cavernas, poseen una serie de particularidades que los hacen importantes para estudios de carácter ecológico-evolutivo; sin embargo, se ven amenazados continuamente por las actividades humanas y más aún en Colombia donde no existen políticas de conservación de los mismos. En este país se han reportado cerca del 68% de las cavernas existentes, de las cuales el 89% se encuentran en paisajes fuertemente transformados por el hombre y solo el 3% bajo alguna de las figuras de conservación del sistema de Parques Nacionales (IAvH, 1998). Estos ecosistemas son considerados hábitats homogéneos y altamente estables, pero en realidad dependen directamente de las condiciones exteriores, cualquier perturbación que se realice en el entorno repercutirá directamente en ellos (Lera, 2009). Es así como los efectos antropogénicos sobre estos ambientes pueden causar graves daños tanto a sus aspectos biológicos como fisicoquímicos (Romero, 2009).

Las cavernas ofrecen hábitats únicos permitiendo que los organismos de diferentes taxas evolucionen, gracias a la alta estabilidad ecológica que presentan. Su morfofisiología especializada a la cueva, es más una consecuencia de la vida en la oscuridad. Debido a la escasez de energía, por ejemplo, muchos organismos tienen tasas metabólicas reducidas, lo que permite que algunas especies, sobrevivan hasta dos años sin alimentarse (Proudlove, 2006). Según Judson & Pleytez, (2005), existen especies que pueden pasar toda su vida dentro de las cavernas, denominados troglobios, o que pueden habitarla frecuentemente, troglóxenes. La mayoría de estas especies son invertebrados, principalmente de la clase Insecta y de la clase Arachnida (Howarth, 2009). En relación con los arácnidos, se encuentran varios grupos representantes en las cuevas tropicales, que a menudo, desempeñan un papel ecológico de depredación, ya sea asociados a la materia orgánica o alimentándose de microatrópodos (Horton & Hobbs, 2012). Recientemente, el descubrimiento de una nueva familia de arañas, es endémica de cavernas (Griswold, *et al.*, 2012).

Es de suma importancia tener en cuenta como las cavernas representan uno de los ecosistemas más inexplorados; aún más en un país como Colombia en donde se desconoce incluso la totalidad de cavernas que existen en el territorio (IAvH, 1998). Es por esto que en esta investigación se presentan los resultados de la estimación de la biodiversidad de arácnidos más abundantes en las cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, con el fin de proporcionar información que permita generar espacios hacia el estudio de los ambientes cavernícolas que es muy pobre en nuestro país.

1. JUSTIFICACIÓN

Las cavernas son ecosistemas muy extensos, pocas cuentan con una entrada y una salida, sino con una sola por la cual se entra y sale, o siendo ambientes aislados, suelen estar conectados con otros ecosistemas subterráneos, formando un sistema funcional individual. Estos sistemas subterráneos son entornos rigurosos en cuanto a sus características físicas, poseen laberintos oscuros, con temperaturas similares a la de su entorno, alta concentración de dióxido de carbono y baja concentración de oxígeno, sustrato húmedo y saturado de agua superior a la de los ambientes terrestres (Howarth, 1983). Todas estas características brindan ambientes propicios y únicos para la adaptación y evolución de las especies que los habitan (Howarth, 1983).

La fauna de las cavernas es muy particular, pues la mayoría de las características de adaptación a la presencia o no de alimento y de depredadores, han sido un factor determinante en la comprensión de la evolución de estos individuos (Hüppop, 2012). Schmidt (1832) reportó la primera descripción de un invertebrado bien adaptado para vivir en hábitats cavernícolas, con características especiales como ausencia de ojos, poca pigmentación, apéndices alargados entre otros, produciendo una necesidad en idear una nueva clasificación biológica y morfológica (Novak, 2012). Para tales propósitos Christiansen (1962) introduce el término del troglomorfo con el cual se define las especies bien adaptadas a las condiciones cavernícolas.

Dentro de la fauna de cavernas se destaca la clase Arachnida, que posee especies troglóbias en 9 de los 11 órdenes existentes (Reddell, 2012), siendo la mayoría de importancia ecológica debido sus hábitos depredadores. Algunos grupos tienen total pérdida de sus estructuras visuales como es el caso de algunas especies de los órdenes Ricinulei y Palpigradi, otros tienen apéndices

alargados como en el caso de los escorpiones. Sin embargo, los arácnidos al igual que otros invertebrados cavernícolas, son particularmente susceptibles a la pérdida de las poblaciones e incluso a la extinción. Sus pequeños tamaños poblacionales, su largo ciclo de vida, su tasa de reproducción lentas, y un alto grado de endemismo son características que ponen a los arácnidos troglóbicos en riesgo (Reddell, 2012).

Los sistemas de cavernas en Colombia presentan un singular número de invertebrados; entre los que se registran siete especies de Coleópteros, cuatro de Himenópteros, y varios arácnidos, entre ellos dos familias de Opiliones, nueve géneros de Araneae, y dos especies del orden Amblypygi (IAvH, 1998). De todas maneras éstos ecosistemas han sido pobremente estudiados. Tal es el caso del Parque Nacional Natural Cueva de lo Guácharos del Departamento del Huila, en el cual se encuentra un importante sistema de cavernas (PNN de Colombia, 2012). Teniendo en cuenta, la importancia de los arácnidos en este tipo de ambientes y que solo unos pocos trabajo como el de Amado & Morales (1986) reportaron un estudio sobre las variaciones morfológicas con una especie de Amblipígido (Muñoz-Saba *et al.*, 1999).

Sumado a lo anterior, es trascendental resaltar el papel en el que se encuentra la Facultad de Educación de la Universidad Surcolombiana y específicamente el programa Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de generar conocimiento científico en lo relacionado a las especies de nuestro territorio. En este trabajo estudio la biodiversidad de tres órdenes de arácnidos (Opiliones, Amblipígidos y Arañas) presentes en dos cavernas (la cueva del Hoyo y del Indio) del PNN Cueva de los Guácharos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia, alberga especies de todos los once órdenes de la clase Arácnida (Flórez y Sánchez, 1995). Estudios de biodiversidad realizados por Santamaría *et al.*, (2006), menciona que hasta esa fecha se habían descrito 27 especies nuevas de arácnidos para el país; de igual forma estudios realizados por Flórez y Sánchez (1995), establecen que para los tres órdenes de interés se reportan: 680 especies de Arañas, 77 especies de Opiliones y 5 especies de Amblypygi, pertenecientes a los bosques tropicales, específicamente a la parte central de la región Andina. De manera específica, trabajos desarrollados en los ecosistemas de cavernas a nivel nacional, reportan algunos grupos exclusivos como las arañas de la familia Pisauridae, Amblipígidos del género *Heterophrynus* y opiliones de la familia Stygnidae (IAvH, 1998).

Específicamente en el Departamento del Huila y en el área de estudio, el Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos, no se han realizado proyectos sobre diversidad de arácnidos en cuevas, por lo que solo se han realizado proyectos en general de arácnidos, como el de Benavides & Giribet (2007), reportan Opiliones de la familia Neogoveidae perteneciente a los géneros *Metagovea* y *Neogovea*, encontrados en los senderos del parque y otros estudios como los de Amado & Morales, (1986), sobre variaciones morfológicas en poblaciones de Amblipígidos, realizado en la cueva del Indio.

Sumado a los anteriores estudios, se encuentran proyectos de tesis que han evaluado parcialmente la diversidad de los arácnidos de esta región en lo relacionado al ecosistema de bosque, sin embargo, no existen publicaciones al respecto. Es por tales motivos que se plantea la siguiente pregunta la cual orienta la investigación:

¿Cuál es la biodiversidad de los órdenes Amblypygi, Araneae y Opiliones presentes en las cuevas: del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar la biodiversidad alfa y beta de los arácnidos (Amblipígidios, Arañas y Opiliones) presentes en las cuevas del Indio y del Hoyo del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la biodiversidad alfa de arácnidos (Amblipígidios, Arañas y Opiliones) presentes en las cuevas del Indio y del Hoyo del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.
- Evaluar la biodiversidad beta de arácnidos (Amblipígidios, Arañas y Opiliones) entre las cuevas del Indio y del Hoyo del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.
- Comparar la biodiversidad alfa encontrada en las cuevas del Indio y del Hoyo del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.

4. MARCO TEORICO

4.1. ESFUERZO DE MUESTREO Y BIODIVERSIDAD

Un aspecto importante a considerar antes de calcular la biodiversidad, es diseñar métodos de muestreo que permitan tener una muestra representativa de todas las especies que pueden existir en el ecosistema a estudiar. Una forma de saber si el tamaño de la muestra es representativo del área de muestreo es mediante la realización de las curvas de acumulación de especies; En ellas se incorporan nuevas especies al inventario a medida que aumenta el esfuerzo y el número de muestras, llegando a una asíntota cuando el esfuerzo del muestreo es representativo del área de estudio (Jiménez-Valderde & Hortal, 2003). De modo que si el esfuerzo de muestreo no es el mismo, la comparación de distintos valores de la riqueza específica de las especies, no será válida a menos que se utilicen índices que no dependan del tamaño de la muestra o se estandarice el tamaño de muestra mediante métodos como la rarefacción, funciones de acumulación de especies, o por métodos no paramétricos (Moreno, 2001).

La forma más sencilla de establecer la diversidad puede ser mediante el registro del número de especies que habitan en determinado territorio, la cual debe relacionarse con la abundancia relativa, ya que las comunidades presentan homogeneidad en cuanto a la abundancia de especies. Esto lleva a la determinación de la biodiversidad a una relación entre el número de especies y su equidad. Esta relación es la que se toma como referencia de buen estado ambiental (Magurran, 1988).

Dada la variabilidad de paisajes que existen, se busca cierta similitud en la determinación de la biodiversidad; para ello se han diferenciado tres unidades: la diversidad Alfa (α), que es la diversidad de las especies que hay dentro de un

hábitat determinado; la diversidad Beta (β) que es determinada por la variabilidad de las especies en cuanto a gradientes ambientales y que permite determinar cambios, y por último, la diversidad Gamma (γ) que determina como varían las especies en un paisaje entero, esta última puede suponerse como el resultado de la determinación de la diversidad alfa y beta (Peet, 1974).

Cada tipo de diversidad puede estimarse mediante índices estadísticos que se usan cuando los taxones no son bien conocidos y de manera puntual, en tiempo y en espacio. Estos índices se obtienen a partir de un muestreo de la comunidad (Moreno, 2001) y van siempre en función del tipo de información que se quiere analizar (Villarreal *et al.*, 2006).

En lo relacionado a la determinación de la diversidad alfa, comprende índices que van desde los conteos de especies hasta métodos basados en la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (Moreno, 2001). Lande (1996) deriva tres fórmulas para la diversidad gamma, la primera basada en la riqueza de especies, la segunda en el índice de Shannon y la tercera en el índice de Simpson (Moreno, 2001; Magurran, 1988).

Los Índices de Shannon y Simpson han sido las medidas más aceptadas de diversidad ecológica de los últimos cincuenta años por lo tanto el presente estudio hace uso de ellos (Gorelick, 2006).

El índice de Simpson se define como:

$$(\lambda = \sum p_i^2)$$

Dónde:

Σ : Abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Peet, 1974). Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988) Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Moreno, 2001).

El Índice Inversa de Simpson:

$$\left(D = \frac{1}{\sum P_i^2} \right)$$

Permiten determinar el número de especies y la dominancia de estos.

El índice de Shannon-Wiener:

$$(H' = - \sum P_i * \ln P_i)$$

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre al predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

En lo concerniente a la diversidad beta, los índices están enfocados en determinar similitud y disimilitud a partir de datos cualitativos o cuantitativos (Moreno, 2001).

Los índices más utilizados son especialmente el índice de Jaccard y Sorensen (Magurran, 1988).

Coeficiente de similitud de Jaccard:

$$(I_i = \frac{a}{a + b - c})$$

Dónde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. (Moreno, 2001).

En cuanto a la diversidad gamma, se determina a partir de los datos de la diversidad alfa y de la diferencia que existiese entre ellas (diversidad beta). Una manera sencilla de determinarla, es establecer el producto de los promedios de la diversidad alfa, beta y la dimensión de la muestra (Villareal *et al.*, 2006).

4.2. GÉNESIS Y DIVERSIDAD BIÓTICA DE LAS CAVERNAS

Las cavernas, están constituidas por: rocas calcáreas, sedimentación de conchas marinas, la erosión de arenisca, procesos volcánicos y tectónicos (Muñoz-Saba, *et al.*, 1999). Debido a que el agua que gotea desde el techo de las cavernas contiene carbonatos en solución, se forman las estalactitas. Si el goteo es continuo, esta dará origen a una estalagmita debajo de la estalactita, las cuales en algún momento pueden llegar a unirse y formar una columna (White, 1926). La velocidad del goteo de las estalactitas determina el tamaño de las estalagmitas y

si este es constante puede dar origen a “Flowstone” o flujos de piedra (Baldini, 2001). Otra característica ambiental de las cavernas es su estrecha relación con las fuentes hídricas ya que son fundamento para su origen y dinámica.

Las cavernas no son solo los ecosistemas carentes de luz, sino que presentan además una reducida variación de las condiciones abióticas como la temperatura, la humedad, la química del agua, del aislamiento, restricción del espacio y una limitada cantidad de energía en comparación con los ecosistemas fotosintéticos epígeos (superficie) (Hüppop, 2012). Su temperatura particularmente posee un comportamiento inverso al exterior, ya que en cavernas de zonas templadas en verano la temperatura del interior de la cueva tiende a ser más fría mientras que en invierno la temperatura interior de las cuevas es más caliente que en el exterior, esta característica en especial permite a las cavernas actuar como “Buffers” ambientales (White & Culver, 2012).

Otros factores que además resultan fuertes agentes selectivos en las cavernas son la escasez extrema de alimento y, debido a la ausencia de luz, la reducción de métodos o señales para encontrar pareja en épocas de reproducción, razones por las cuales estas especies poseen una mayor longevidad, una disminución de la tasa de reproducción que se compensa en un aumento de inversión en la descendencia, por lo general aumentando el tamaño de los huevos (Culver, 2012).

Pero sin duda alguna una de las características más relevantes de los animales que habitan las cavernas son las modificaciones morfológicas que han desarrollado para contrarrestar las condiciones de su ambiente, las más evidentes son las extremidades largas, la despigmentación, la ampliación o aplanamiento de la cabeza, y si estos albergan órganos sensoriales, su superficie puede ser ampliada principalmente si se trata de órganos químicos o mecanorreceptores. Lo cual ha permitido que estas especies sean mucho más sensibles que sus

parientes epígeos y por ende que inviertan menos energía en la captura de sus presas (Hüppop, 2012). Todos estos caracteres se han observado en una amplia variedad de taxones: anfípodos, cangrejos, isópodos, arañas, escarabajos, peces y salamandras, entre otros (Hüppop, 2012).

La diversidad faunística de las cavernas es en su mayoría de organismos invertebrados y evidenciable en casos extremos como la caverna Krubera-Voronja Occidental, Caucaso, Georgia, la más profunda del mundo, con más de 2000 m de profundidad. Un estudio reciente, realizado en la cueva reportó cerca de 12 especies de invertebrados, colectados hasta los 2140 m de profundidad, en donde la clase Insecta y la clase Arácnida son las más diversas (Sendra & Reboleira, 2012).

Dada la rara diversidad que poseen los ecosistemas de cavernas, existe una propia clasificación biológica propuesta por Barr (1963):

- Troglobios (TB): Se le considera a las especies que exhiben un alto grado de modificaciones morfológicas (troglomórfico) incluyendo despigmentación total, alargamiento extremo de los apéndices, la pérdida de la rugosidad del cuerpo, y la pérdida de los ojos.
- Phreatobite (PB): Un organismo que está restringido a las fuentes subterráneas de agua. (Stygobite). Estos son modificados de la misma manera como los troglobios.
- Troglófilo (TP): Cavernícolas facultativos que pueden completar su ciclo de vida en una cueva, pero también puede vivir en situaciones epigeas ecológicamente similares. Los Troglófilos puede mostrar troglomorfo moderado, como despigmentación leve y elongación de apéndices.
- Troglóxeno (TX): Un organismo que frecuenta cuevas pero es incapaz de completar su ciclo de vida allí. No presentan modificaciones.

- Epígeos (EP): Estos son organismos superficiales cuya presencia en cuevas es accidental (Ubick, 2001).

4.3. ENDEMISMO EN CAVERNAS

El reporte de especies endémicas en determinada región, es en consecuencia, el único aporte que se hace a nivel mundial, dada la limitada distribución y alta vulnerabilidad que presentan estas especies. El endemismo es considerado como uno de los aspectos de prioridad para la conservación de áreas naturales y por ende se le otorga gran relevancia (Essl, 2011; Andrade & Corzo, 2011).

Para considerar el endemismo en una especie, esta debe reunir ciertas características como: Poca variabilidad genética y ocupar un área de distribución estrecha o relativamente grande. Este término a veces se tiende a confundir con la rareza que, por el contrario, se atribuye a especies que se producen de forma natural en un área geográfica estrecha, ocupa sólo uno o unos pocos hábitats especializados y que forman sólo unas pequeñas poblaciones. El endemismo puede a su vez clasificarse según el área geográfica de distribución: Endemismo local, si su distribución es en una localidad. Endemismo provincial, si su distribución es en una localidad o departamento. Endemismo nacional, si su distribución es restringida a los límites de una nación. Endemismo regional, si se limita a una región geográfica. Endemismo continental, si la distribución es en un solo continente (Işik, 2011).

Muchas especies raras y/o endémicas reúnen las características antes mencionadas, pero son las especies más amenazadas por la constante expansión de la actividad humana; lo cual las convierte en especies propensas a la extinción a una velocidad mayor que otras especies, por lo que se convierten en especies

que requieren de un cuidadoso monitoreo y de esfuerzos por mantener su biodiversidad (Işik, 2011).

Los organismos cavernícolas obligados (troglóbiontes y stygóbiontes) son bien conocidos por su morfología modificada y adaptada a las condiciones de las cavernas; apéndices alargados, ausencias de ojos y despigmentación (Figura 1). Los troglóbiontes y stygóbiontes comparten además características como rangos de distribución pequeñas y endemismo en todas las escalas de medida, no solamente en pequeños grupos sino en todos los taxones que habitan en ellas; sirviendo incluso como modelos para entender el endemismo y sus causas, dado que hay especies existentes en una sola caverna en el mundo, como *Horologium speokoites*, Valentine, 1932, un escarabajo presente en una sola cueva del Condado de Greenbrier, Virginia Occidental, en los Estados Unidos (Christman *et al.*, 2005).

La fauna cavernícola adaptada, generalmente tiene pequeñas áreas de distribución geográfica y por ende, altos niveles de endemismo en todas las escalas de medición, posiblemente debido al aislamiento de las poblaciones, a causa de las barreras geográficas y la dispersión (Porter, 2007). Como ejemplo se tiene un estudio hecho con arañas presentes en cavernas de la península Ibérica, en donde el total de arañas es de 1.298 especies epígeas y 49 troglóbiontes; de los cuales 199 (15% de todos los epígeos) y 37 (76% de todos los troglóbiontes) son endémicos (Cardoso, 2012). El endemismo es considerado como uno de los aspectos de prioridad para la conservación de áreas naturales y por ende se le otorga gran relevancia (Andrade & Corzo, 2011). Este aspecto como es apreciable, es muy amplio en los sistemas cavernícolas y por consiguiente son idóneos precursores de conservación.



Figura 1. Opilión troglobio: *Texella reyesi*, de la Cueva Electro-Mag, Williamson County, TX, U.S.A. (Tomado de Reddell, 2012).

4.4. ÓRDENES DE ARÁCNIDOS A ESTUDIAR (GENERALIDADES)

4.4.1. Clase arachnida

Aunque Harvey (2003) grupa la clase Arachnida en 13 Órdenes, ya que, separa el orden de los ácaros en tres órdenes diferentes lo más común es agruparla en 11. Entre los Órdenes más conocidos de arácnidos se encuentran las Arañas, Escorpiones, Ácaros, Opiliones y Amblipígidios, (Llosa, 2003).

A pesar de que los arácnidos fueron aparentemente marinos, su diversidad ha predominado principalmente en los ambientes terrestres desde el Devónico o incluso desde antes según los registros fósiles encontrados, lo que implica un origen muy temprano. Taxonómicamente hasta el momento se conocen 640 familias, 9.000 géneros y 93.000 especies descritas, aunque en las colecciones biológicas y la naturaleza hay cientos de miles de especie aun no descritas (Coddington, 2004)

Morfológicamente, los arácnidos tienen su cuerpo dividido en dos regiones, el prosoma (Cefalotorax) y el opistosoma (Abdomen) (Figura 2). El prosoma es la parte inicial en la que están fusionados la cabeza y el tórax, poseen 6 pares de

apéndices articulados, dos quelíceros, dos pedipalpos y cuatro pares de patas, (Gama, 2007; Marshall & Williams, 1985 y Steffoff, 2008)

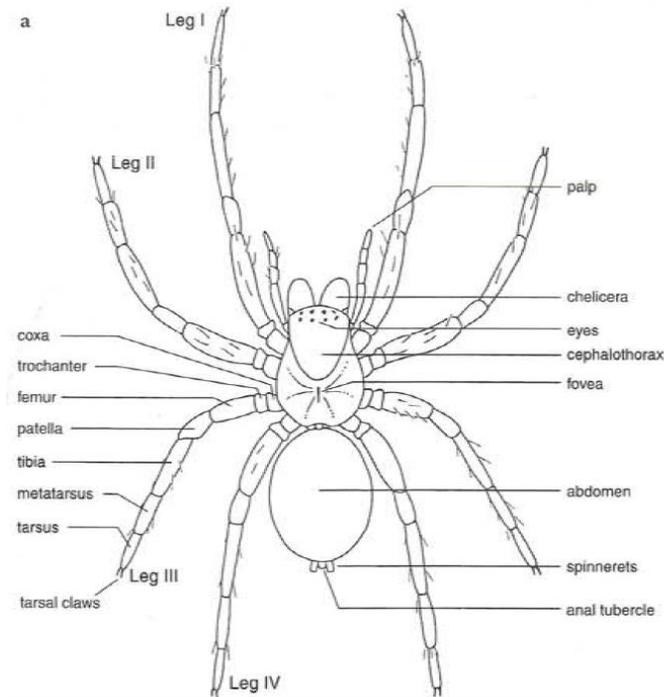


Figura 2. Partes de una araña, se muestran las partes generales de un arácnido. (Tomado de Jocqué & Dippenaar, 2006).

4.4.1.1. Orden araneae

Las arañas, son consideradas el séptimo grupo más grande de artrópodos, superado, en número de especies solamente por el orden Acari (Arachnida) y cinco órdenes de insectos (Brescovit, *et al.*, 2002); Foelix (2011); Herberstein (2011) y (Simó *et al.*, 2011).

En la morfología de una araña se nota claramente dos regiones corporales, prosoma y opistosoma, que se encuentran unidos a través de un delgado pedicelo

(Jocque & Dippenaar, 2006). En el prosoma, se alojan los órganos encargados de la alimentación, visión, locomoción, el sistema nervioso central y la reproducción así como las glándulas de veneno terminadas en colmillos entre otros. (Flórez, 1996 y Foelix 2011), (Figura 2).

La principal característica de las arañas es la producción de seda que puede ser utilizada en diversas actividades, como la captura de presas, protección de huevos y formación de refugios entre otros, para cada uno de esos usos se elaboran diferentes tipos de tela con una notable variación en sus características (Foelix, 2011; Hoffmann & del Carmen-Farias, 1993). Son los únicos arácnidos con quelíceros modificados en colmillos con una glándula venenosa asociada, son empleados en la caza de la presa y están destinados para inmovilizarla lo más rápidamente posible (Cendrero, 1971) (Figura 2).



Figura 3. *Priscula* sp. Araña de la familia Pholcidae encontrada en las cuevas del Hoyo y del Indio del PNN Cueva de los Guácharos.

4.4.1.2. Orden amblypygi

Los Amblipígidos, son unos de los arácnidos más grandes, su cuerpo puede medir entre 10 mm (*Phrynus whitei*, Gervais 1842) y 45 mm (*Acantophrynus coronatus*, Butle 1873) (Gadar, 2004). Las características más distintivas de los amblipígidos son su cuerpo aplanado dorsiventralmente, fuertes pedipalpos raptoriales y un primer par de patas usado como antena (Figura 4) (Weygoldt, 2000).

Presentan el prosoma cubierto por un caparazón ubicado en la parte dorsal, poseen un par de ojos medios anteriores, y tres ojos laterales en cada lado del cuerpo, en las especies que habitan cavernas los ojos medios están reducidos o han desaparecido o incluso puede haber ausencia total de ojos. (Hoffman, 1993; Harvey, 2003; Santer & Hebets, 2009).



Figura 4. *Heterophrynus cervinus*. Pocock, 1894. Amblypygi encontrado en las cuevas del Hoyo y del Indio del PNN Cueva de los Guácharos.

4.4.1.3. Orden opiliones

Este grupo de arácnidos son cosmopolitas, habitan generalmente en lugares húmedos. Se alimentan principalmente de otros artrópodos vivos o muertos y de algunos vertebrados, incluso muy grandes (en relación a su tamaño) como ranas, en algunas ocasiones de la sabia de diversas plantas, hongos y las heces de animales (Villareal *et al.*, 2008). Normalmente viven ente el follaje de las plantas o en sus troncos, aunque hay algunas especies cavernícolas (Coddington, 2004; Galan, 2008; Villareal *et al.*, 2008).

La gran mayoría de opiliones son muy pequeños varían en tamaños desde menos de 1mm hasta 2,5 cm. Normalmente Poseen un par de ojos simples en el cefalotórax ubicados en un tubérculo ocular, aunque en algunos puede haber ausencia de ojos o pueden ser laterales. Sus patas tienden a ser muy largas y delgadas, su opistosoma y prosoma no están separados por ningún órgano, sus quelíceros son como pinzas y en algunos casos pueden ser grandes y robustos. Poseen glándulas repugnatorias en el prosoma. Los palpos son como patas pero generalmente más cortos y algunas veces con espinas, además son el único grupo de arácnidos que posee un pene verdadero como órgano genital (Figura 5) (Galan, 2008; Gerlach, 2010).



Figura 5. *Andrescava sturmi*, Roewer, 1963. Opilión encontrado en las cuevas del Hoyo y del Indio del PNN Cueva de los Guácharos.

El parque posee una temperatura media anual de 16°C, precipitaciones anuales de 3100 mm y una humedad relativa del 87% (www.parquesnacionales.gov.co). Se localiza en el alto valle del Rio Suaza, a una elevación altitudinal comprendida entre unos 1800 metros de altitud en la quebrada La Cascajosa y más de 3000 metros de altitud en Cerro Punta, (PNN, 2009).

Geológicamente el parque está constituido por rocas metamórficas, como neises, granulitas y migmatitas, del Triásico-Jurásico (sector oeste); además rocas intrusivas y volcano-sedimentarias (parte central) (PNN, 2009), esta característica ha permitido que debido a la acción abrasiva del rio Suaza, se hayan desarrollado un sistema de cavernas. Son en total 4 cuevas las presentes en el parque: la del Cuadro, la del Indio, la del Hoyo y la de los Guácharos donde se ubican la mayor población de *Steatornis caripensis*, Humboldt, (1817) (PNN, 2009).

En cuanto a la fauna del parque, se encuentran reportadas 59 especies de mamíferos, 296 especies de aves, además de una amplia riqueza de anfibios, reptiles e invertebrados (PNN, 2009).

En una de las cavernas, existen grandes poblaciones de insectos, crustáceos, moluscos y quirópteros (PNN, 2009), y además es muy frecuentada por una especie de ave (Guácharos), que llegan a ser hasta 5000 individuos en épocas de anidación y es debido a esto su nombre, Cueva de los Guácharos.

Luego de la Cueva de los Guácharos, siguiendo por el río Suaza descendiendo, se encuentra la Cueva del Indio o “La Vorágine”, cuyo túnel central tiene cerca de un kilómetro de longitud. Presenta gran cantidad de túneles laterales, la mayor parte con formaciones calcáreas de estalactitas, estalagmitas y columnas. La Cueva del Indio es la más grande desde el punto de vista de la espeleología y las formaciones que posee. Su entrada y salida son muy reducidas, el túnel principal

mide unos 700 m de longitud y posee numerosos ramales secundarios, como el túnel de la columna que contiene estalagmitas, fósiles de moluscos bivalvos y gran cantidad de murciélagos frugívoros; el túnel de las pizarras donde proliferan los arácnidos; el túnel de la Boruga, que sirve de refugio para los borugos; y el túnel de la ventana que es un estrecho agujero por donde se observa el río Suaza. (PNN, 2009). En la Cueva del Indio, se encuentra una de las atracciones naturales más importantes del parque; específicamente, especies de conservación susceptibles a esta característica como: la Araña Pocock (*Heterophrynus cervinus*) por su distribución restringida a la cueva (PNN, 2009), esta especie se ubica en los sitios más húmedos, donde los especímenes prefieren las paredes de la cueva.

Seguidamente, a orillas del sendero la Loma, se encuentra la Cueva del Hoyo, a la que se ingresa por un orificio de aproximadamente 1.50 m de ancho. Las formaciones calcáreas de esta cueva se encuentran en óptimo estado de conservación. Esta cueva, se destaca el túnel de la Estrella y un orificio a manera de claraboya. Se caracteriza por ser rica en fósiles, estalactitas, estalagmitas (PNN, 2009).

5.2. COLECTA DE ARÁCNIDOS

Este estudio se desarrolló entre los meses de diciembre de 2011 y agosto de 2013; de manera, que el presente estimativo se realizó en cuatro etapas divididas de la siguiente manera: una fase de diagnóstico, una fase de métodos de muestreo, una fase de identificación de los especímenes en el laboratorio y una fase de análisis de datos.

5.2.1. Diagnostico

La fase de diagnóstico realizada en el mes de marzo de 2011, contó con la participación del programa Semillero Científico perteneciente a la Fundación Energía Bogotá, la cual se desarrolló en el municipio de Palestina (Huila) con 28 niños de edades entre 11 y 13 años. Estos niños se capacitaron en cuanto al reconocimiento de órdenes menores y mayores de arácnidos. Esta labor se realizó una semana antes de viajar al PNN Cueva de los Guácharos, se contó además, con el apoyo del director del Semillero Científico Daniel Hernández y el Docente de Biología Víctor Hugo Triviño. El desarrollo de la capacitación inició con unas presentaciones en donde se abordaron todos los órdenes de la clase Arácnida y sus hábitat, seguido de una fase de laboratorio en donde con ayuda de muestras preservadas, los estudiantes observaron al estereoscopio las principales características morfológicas de estos órdenes. Este grupo de estudiantes colaboraron en el reconocimiento de los órdenes que se encontraron en las respectivas cavernas visitadas en el mes de marzo del 2011, determinando con esta información los sitios de muestreo y cuál era la predominancia de los órdenes (Araneae, Amblypygi y Opiliones). Esta actividad se realizó dados los requisitos de Parques Nacionales de divulgación de la investigación en la comunidad y también al apoyo brindado por la Empresa Energía de Bogotá que orienta sus Semilleros al reconocimiento y respeto de la diversidad (Figura 7).



Figura 7. A) Capacitación en el reconocimiento de los arácnidos a niños del semillero científico. B) Visita con los niños al PNN Cueva de los Guácharos.

Del total de las cuevas del PNN Cueva de los Guacharos, se seleccionaron dos: la Cueva del Hoyo ubicada a $67^{\circ} 12' 28''$ N y $77^{\circ} 48' 87''$ W, ya que es una cueva dedicada a la investigación científica, por lo que el paso está restringido para visitantes en el Parque, siendo una de las cavernas más conservadas, tanto geológica como biológicamente; y la Cueva del Indio ubicada a $75^{\circ} 05' 78''$ N y $77^{\circ} 44' 67''$ W, ya que es una cueva de atractivo turístico por sus formaciones geológicas, profundidad y fauna que contiene. Se escogieron estas dos cavernas por los siguientes criterios: cercanía a la base del parque, tipo de formación geológica y fácil acceso (Schneider & Culver, 2004).

5.2.2. Métodos de muestreo

Los métodos de muestreo que se realizaron para la colecta de los ejemplares presentes en las Cuevas del Hoyo y del Indio, tuvieron una duración de 12 días, repartidos de la siguiente forma: 4 días en Diciembre de 2011, 3 días en Junio de 2012 y 5 días en Enero de 2013. En todas las salidas de campo, los periodos de muestreo se realizaron en los siguientes horarios: de 11 am a 3 pm (fase diurna) y

de 11 pm a 3 am (fase nocturna). Se trabajó en estos horarios para determinar cuáles especies podrían ser Troglobios obligados o facultativos.

Previo a los periodos de muestreo, primero se tuvo que marcar las dos cavernas (con barro en cada punto de muestreo), esto con el fin de no alterar los puntos de colecta en las tres salidas de campo, y permitir de esta manera que los análisis estadísticos no tuvieran ningún sesgo de error al momento de la colecta, en total se marcaron 159 puntos de muestreo repartidos de la siguiente forma: 125 puntos de muestreo para la Cueva del Indio y 34 puntos de muestro para la Cueva del Hoyo (Figura 8) (Anexo 4). Finalmente, en la última salida de campo se limpiaron todos los puntos de muestreo, esto debido a la reglamentación del parque.

Los periodos de muestreo se realizaron así: se empezó a coleccionar los especímenes desde la puerta de entrada hasta la puerta de salida de cada caverna. La forma de colecta que se empleó fue en forma de zigzag (Figura 9), dejándose una distancia aproximada de 10 m entre punto y punto, de cada formación calcárea. En las paredes se revisó de arriba hacia abajo (altura promedio de los 0-20 m), los agujeros que se encontraban y en el techo de la cueva. En lo relacionado a la primera salida de campo, se coleccionaron todas las Arañas, Opiliones y Amblipígidos (adultos) que se encontraran, ya que fueron los órdenes que se observaron con mayor abundancia en el diagnóstico. Los especímenes que se coleccionaron durante esta salida, eran depositados en viales y cada uno contenía etiquetas con información de colecta (nombre de la cueva, periodo del día, punto de muestreo, nombre del colector y el consecutivo que llevara el espécimen. Posteriormente, los especímenes fueron identificados, de tal manera, que en las siguientes dos salidas de campo, solo se coleccionaban los ejemplares adultos previamente identificados de cada especie perteneciente a cada uno de los 3 órdenes a estudiar, los cuales, fueron fotografiados evitando su sacrificio, asumiendo esta evidencia como una colecta.

La información de colecta se volvía a registrar en una libreta de campo, donde contenía información como: fecha, nombre de la cueva, periodo del día, punto de muestreo, consecutivo que llevara el espécimen, distancia entre punto y punto de colecta, además de cualquier característica bio-ecológica que se hubiera detectado relacionado con la captura del ejemplar, altura sobre el suelo (si la hay); forma, orientación y tamaño aproximado de la tela (si la hay) y finalmente también se registraba el consecutivo de la evidencia fotográfica, con las especificaciones anteriores. Para la captura de los especímenes, se utilizó la técnica de colecta manual, dado que la determinación de la diversidad del suelo de las cavernas se determina preferiblemente mediante este tipo de técnica (Hunt & Millar, 2001) e instrumentos entomológicos como: aspiradores bucales (Figura 10-A), red entomológica (Figura 10-B), frascos para preservarlos (Figura 10-C), y también se tomaron fotografías con estos instrumentos relacionados con la captura del ejemplar (Figuras 11, 12 y 13).

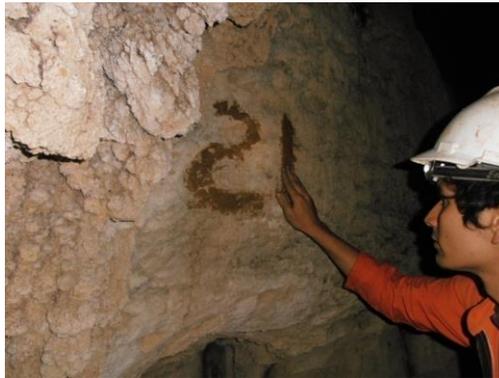


Figura 8. Marcado del punto de muestreo con barro.

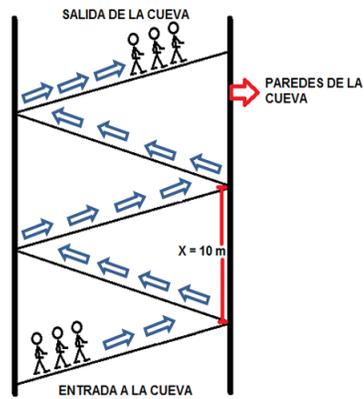


Figura 9. Forma de colecta en zigzag.

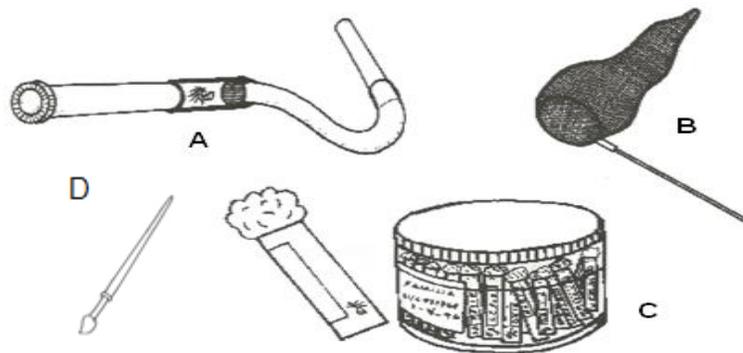


Figura 10. A) Aspirador bucal, B) Red entomológica, C) Viales para preservarlos, D) Pincel pelo de Marta (Fuente: Flórez, 1996).



Figura 11. Colectando una Araña con el aspirador bucal.



Figura 12. Colectando un Amblipígido con la red entomologica.



Figura 13. Colectando un Opilión con el pincel de pelo de Marta.

Posteriormente, luego de cada muestreo diurno y nocturno, se hacía uso del laboratorio del parque, sector los Cedros (Figura 14), donde se organizaron las muestras que se colectaron en los viales. En el momento de ubicar una Araña, Opilión o Amblipígido, estos se adecuaban en los viales de tal forma que en el viaje del Parque al laboratorio de la Universidad Surcolombiana, la muestra no presentara ningún daño, de igual manera los viales contenían alcohol al 70% para la preservación del mismo.



Figura 14. Adecuando las muestras en el laboratorio y organizando el espécimen con alcohol.

5.2.3. Fase de laboratorio

5.2.3.1. Determinación taxonómica y preservación de arácnidos

La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de Biología de la Universidad Surcolombiana. Para la determinación de los ejemplares, se utilizaron claves taxonómicas que permitieron identificar cada espécimen al nivel más bajo posible. Además se contó con la colaboración de investigadores expertos en ciertos órdenes y familias de los grupos estudiados: Msc. Luis F. García (Araneae, Uruguay); PhD. Robert Raven (Migalomorfos, Australia); Msc. Osvaldo Villarreal (Opiliones, Venezuela); Dr. Bernhard A. Huber (Pholcidae, Alemania).

Después de que los ejemplares fueron identificados, se preservaron en una solución alcohólica al 70%, con su respectiva etiqueta de determinación (nombre de la cueva, periodo de muestreo, punto de colecta, y consecutivo del espécimen). Estos especímenes finalmente se depositara en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, que se encuentra registrada ante el Instituto Alexander

Von Humboldt, en donde se adicionará una tercera etiqueta con el acrónimo y número de catálogo (iniciales de la institución o colección y número consecutivo de ingreso de los ejemplares a la colección).

5.2.4. Análisis de datos

En la fase de análisis de datos se detallaron las herramientas que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación: como el calculo de la biodiversidad α (en cada cueva) y la biodiversidad β (comparación de las dos cavernas).

5.2.4.1. Evaluación de la diversidad alfa (α):

Inicialmente se creó una curva de acumulación de especies, técnica más utilizada para estimar el número de individuos por unidad de área, a partir de los resultados que dieron los periodos de muestreos para las dos cavernas estudiadas, este parámetro con ayuda del esfuerzo de muestreo permitió estimar la calidad del inventario (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) y por otra parte, permitió validar la confiabilidad del inventario biológico a partir del cálculo de la eficiencia de muestreo (Marrugan, 1988).

La forma que tome la curva varía en función de la cantidad de muestras que se quieran analizar, para esto, se utilizó el programa EstimateS 9.0 el cual aleatoriza las muestras n veces, calcula los valores promedio de diferentes estimadores de riqueza, producto de los 100 cálculos para cada una de las muestras, estos datos son los que se utilizan para graficar la curva de acumulación de especies (Villarreal *et al.*, 2006).

Con el propósito de facilitar la interpretación de las curvas de acumulación de especies, dado que convencionalmente se grafica independientemente cada uno

de los estimadores de riqueza seleccionados, se calculó un promedio general con los siguientes estimadores: basados en la abundancia ACE y Chao1, basados en presencia/ausencia ICE, Chao2 y Bootstrap (Colwell & Coddington 1994, Colwell 2004, Moreno 2001). Estos son los estimadores no paramétricos más usados en la literatura y por tanto los que se usan, dado que los datos del estudio no obedecen a una distribución normal. El promedio se calculó con los valores por muestra de cada uno de los estimadores de riqueza anteriormente mencionados; permitiendo así la construcción de una curva de acumulación de especies en donde se aprecia el comportamiento de los estimadores con el programa EstimateS 9.0. Sumado a lo anterior, a la curva teórica se incluye en el gráfico la curva de acumulación de especies experimental, además de las especies raras (singletons y doubletons) que corresponde a especies que aparecen en el muestreo una o dos veces y que los estimadores toman como referente dado que se asume que ninguna especie está sola en el ecosistema sino formando parte de poblaciones (Villarreal, *et al.*, 2006).

5.2.4.1.1. Comparación de los índices de diversidad y abundancia de las cavernas.

Para comparar los diferentes índices de diversidad en las dos cavernas se realizó un test de Bootstrap. El bootstrap es un test que a partir de la aleatorización de la muestra calcula la significancia de los índices de diversidad, con un nivel de probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$), al efectuar la diferencia entre el índice calculado para cada cueva (Hammer et al, 2001).

Dado que los datos que se obtuvieron de las colectas son independientes (ya que se colectaron en dos cavernas diferentes), se realizó un test no paramétrico de Mann-Whitney U-test, que identifica diferencias entre dos poblaciones basadas en el análisis de dos muestras independientes. El p valor del test es significativo si es

igual o menor que 0.05, de ser lo contrario, existirá una alta similitud en entre los datos, en este caso el test se utilizó para comparar las abundancias en las dos cavernas (McDonald, 2008).

5.2.4.2. Evaluación de la diversidad beta (β):

Para calcular las similitudes existentes entre cada una de las dos cavernas, en cuanto a la composición de especies, se realizó el índice de similitud de Jaccard, que determina el porcentaje de especies compartidas entre dos sitios (Moreno, 2001), calculado a través del programa PAST 2.17

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE LOS DIFERENTES ÓRDENES

En las cuevas se colectaron 734 especímenes (Tabla 1), agrupados en 11 morfoespecies (Figura 15). De estas, 8 morfoespecies pertenecientes a 6 familias del orden Araneae, 2 morfoespecies pertenecientes a 2 familias del orden Opiliones y una morfoespecie del orden Amblypygi. En la cueva del Indio, se colectaron 461 especímenes de todas las morfoespecies (Tabla 1). En la cueva del Hoyo se colectaron 273 especímenes agrupados en 9 morfoespecies (6 morfoespecies de Arañas, 2 morfoespecies de Opiliones y una morfoespecie de Amblipígido).

Tabla 1. Lista de morfoespecies y sus abundancias, colectadas en las cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.

| Familia | Género/ Especie | DIURNO | | NOCTURNO | |
|------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | | Cueva del Indio | Cueva del Hoyo | Cueva del Indio | Cueva del Hoyo |
| Pholcidae | <i>Priscula</i> sp1 | 72 | 44 | 85 | 46 |
| | <i>Priscula</i> sp2 | 7 | 0 | 3 | 0 |
| | <i>Priscula</i> sp3 | 12 | 3 | 34 | 3 |
| Theridiidae | | 10 | 23 | 14 | 14 |
| Tetragnathidae | | 3 | 0 | 9 | 2 |
| Oonopidae | | 2 | 0 | 1 | 1 |
| Paratropidae | <i>Paratropis</i> sp. | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Theraphosidae | | 2 | 8 | 0 | 0 |
| Agoristenidae | <i>Andrescava sturmi</i> | 30 | 25 | 76 | 23 |
| Cranidae | <i>Micropachylus</i> sp. | 6 | 1 | 26 | 5 |
| Phryniidae | <i>Heterophrynus cervinus</i> | 37 | 28 | 29 | 47 |
| TOTALES | | 184 | 132 | 277 | 141 |
| TOTAL POR CUEVA | | 316 | | 418 | |
| TOTAL GENERAL | | 734 | | | |

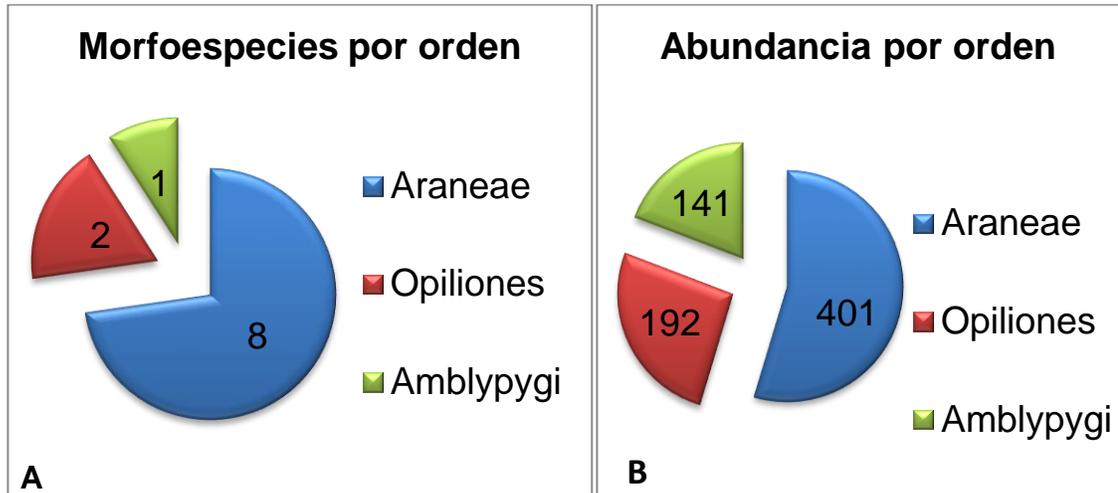


Figura 15. A) Morfoespecies por orden. B) Abundancia por orden.

Todas las morfoespecies fueron llevadas al nivel de familia, cuatro a nivel de género (37%) y tres de estas se identificaron a nivel de especie (27%).

La familia más abundante en las cavernas del Hoyo y del Indio fue Pholcidae (Araneae), que representan el 40.1% del total de especímenes colectados, seguido de la especie *Andrescava sturmi* (Opiliones), la cual representó el 21%. Por otra parte, la caverna con mayor número de especímenes fue la caverna del Indio la cual representa el 62.8% (Tabla 1).

De acuerdo con la Tabla 1, la morfoespecie más abundante en las dos cavernas durante los dos periodos de muestreo (diurno y nocturno) fue la Morfoespecie 1, perteneciente a la familia Pholcidae (*Priscula* sp.).

En cuanto a la abundancia de las morfoespecies en los muestreos realizados en las cuevas del Hoyo y del Indio, el test de Mann-Withney indica que no existen diferencia significativas en la abundancia de las cuevas ($U=42.5$, $p=0.25$).

En cuanto a la abundancia de las morfoespecies (Tabla 1) las tres especies de *Priscula*, fueron las más abundantes dentro de las cavernas (en especial la Morfoespecie 1) y encontradas sólo dentro de ellas, un carácter que es de organismos troglobios, además de que su abundancia no cambia en los diferentes periodos de muestreo. No obstante, el carácter determinante es su morfología, *Priscula* sp. presenta ciertas modificaciones morfológicas como la poca pigmentación y apéndices alargadas como, es el caso también de *Micropachylus* sp. (Roewer 1913). Por otra parte el Opilión *Andrescava sturmi* (Roewer, 1963), varía su abundancia en los periodos de muestreo (Tabla 1), lo cual indica que esta especie podría tener una tendencia a troglobio facultativo al ser más abundante sólo durante el día. Sin embargo, la falta de más muestreos y de conocimiento de las demás especies epígeas de los géneros, no permite hacer comparaciones en cuanto al grado de adaptación al ambiente de las cavernas y, por lo tanto, no permite establecer con claridad el grado de troglomorfismo y endemismo de las especies. Futuros estudios comparativos entre las especies epígeas e hipógeas de los géneros, podrían dilucidar el grado de adaptación de las especies.

Dado que muy pocos estudios realizados a nivel internacional, reúnen la diversidad de los tres órdenes, se presenta a continuación un análisis comparativo por cada orden.

6.1.1. Abundancias del orden araneae

Estudios similares realizados en cuevas del mundo, reportan un número considerable de especies: Italia: Lessinia – 1 especie (Latella *et al.*, 2012), Serbia: Iron Gate – 17 especies, (Curcic *et al.*, 2004), Grecia: Thrace – 8 especies, Macedonia – 18, Epirus – 1, Thessaly – 6, Grecia Central – 3, Islas Attiki-Saronic – 24, El Peloponeso – 15, Evoia-Voroies Sporades – 1, islas del Egeo oriental – 5, the Cyclades – 7, the Dodecanese – 6, Islas de Ionian – 23, Creta – 47 (Deltshev,

2011) y Brasil: Morrinho – 5 especies (Lopes *et al.*, 1998), abundancias que oscilan entre 1 a 41 especies por cueva o sistema de cavernas como pasa en el PNN Cueva de los Guácharos.

Como se observa no es común encontrar abundancias muy grandes, lo que indica que el orden Araneae está bien representadas las cuevas del Hoyo y El Indio. En las cuevas de estos países se reportan familias que también encontramos en las cuevas estudiadas en el presente trabajo como son la familia Teridiidae (Italia y Grecia), Pholcidae, Oonopidae (Grecia), Tetragnatidae (Grecia y Serbia), se comparten 4 de las 6 familias halladas en las cuevas del PNN cueva de los guacharos las 2 restantes perteneces al Suborden Mygalomorpha del cual no se reportan hallazgos en ninguno de estos estudio lo que indica que no son muy comunes en cavernas y representa un hallazgo importante para Colombia ya que es el primer registro de este suborden para cavernas en el país. Este suborden se ha reportado en Brasil con la familia Theraphosidae también encontrada en este estudio (Bertani *et al.*, 2013).

6.1.2. Abundancias del orden opiliones

En el caso de los opiliones se reporta un menor número de abundancias para cavernas alrededor del mundo; Italia: 1 especie en las cuevas Lessina y Baldo (Latella *et al.*, 2012), en Brasil: en las cuevas Chapada Diamantina – 4, Serra do Ramalho – 1, Peruaçu – 1, Montes Claros -1, Alto Ribeira 2, Alto Ribeira – 1, Bodoquena – 1, São Domingos – 1, Cordisburgo – 2, en Canada en las cuevas de Bonnechere y Brook – 1 (Reuss, 2009). Es notable que el orden de los opiliones tiene una menor abundancia en número de especies que las arañas lo que indica que en las cuevas del PNN cueva de los Guácharos este orden está bien representado al albergar 2 especies, número que supera el promedio de especies en las cuevas con las que se compara el presente estudio.

6.1.3. Abundancias del orden amblypygi

En lo relacionado a la fauna del orden Amblypygi, existen estudios de abundancia a nivel de América: en Cuba: Cueva- inhabitada de escarabajos: 1 especie (Peck *et al.*, 1998), en la Cueva No. 4 de la Reserva El Pomier: 2 especies (Armas & Pérez, 2000), en Brasil: Serra do Ramalho- 2, Bambuí-1, Central- 1 (Trajano & Bichuette, 2010). Es notorio que la diversidad del orden no varía mucho por caverna, caso similar a las cavernas del Hoyo y el Indio donde se reportó una sola especie. En lo relacionado a las especies, pertenecen en su totalidad a las familias Phrynidae y Charinidae, compartiendo con las cuevas el Hoyo e Indio la familia Phrynidae.

6.2. REPORTES Y HALLAZGOS

En lo relacionado a los hallazgos y reportes hechos en las cavernas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, se reportan a continuación por cada orden:

6.2.1. Orden araneae

El grupo de las arañas es uno de los órdenes dentro de la clase arachnida con mayor número de especies reportadas en cavernas, entre ellas se encuentran un gran número de troglobias y troglófilas. La diversidad de arañas troglóbicas han sido registradas en la mayoría de las cavernas del mundo (Reddell, 2012).

- Familia Pholcidae: se identificaron 3 especies del género *Priscula*, Simon (1893) las cuales son especies no descritas aún. Huber (2000); reporta que la familia se encuentra en ambientes cavernícolas, con especies pertenecientes a

los géneros: *Metagonia*, *Aucana*, *Pholcophora*, *Ixchela*, *Aymaria*, *Mesabolivar*, *Coryssocnemis* y *Pomboa*; por otra parte, Reddell (2012) reporta el género para cavernas del Perú, por lo cual resulta ser el primer registro para cavernas Colombianas.

- Familia Theridiidae: según Reddell (2012), esta familia incluye troglófilos presentes en muchas cuevas del mundo; géneros como: *Achaearanea*, *Coscinidia* y *Stemops* presentes en Nueva Guinea; *Pholeomma* y *Steatoda* en Australia; *Icona* en Australia y Tasmania; *Robertus* en Europa; *Theridion* en Azores e Islas Galápagos; y *Thymoites* en los Estados Unidos. En lo que respecta a Suramérica la familia ha sido reportada en cavernas de Venezuela (Galan *et al.*, 2009), por lo tanto este es el primer reporte de la familia Theridiidae en ecosistemas cavernícolas de Colombia.
- Familia Tetragnathidae: según Reddell (2012), esta familia contiene especies asociadas a los ecosistemas cavernícolas pertenecientes a los géneros: *Meta* en Canada, los Estados Unidos, Europa, Rusia y Tasmania; *Metellina* en Europa y *Orsinome* en Tasmania. En lo que respecta a Suramérica la familia ha sido reportada en cavernas de Chile (Álvarez-Padilla, 2007).
- Familia Oonopidae: En Colombia no existe registro de la familia en cavernas, la familia solo ha sido reportada en México (*Wanops*) Cuba (*Oonopsides*), Ecuador (*Gamasomorpha*) y en India (*Ceylon*, y *Dysderoides*). (Reddell, 2012)
- Familia Paratropididae: según Bond (1999) el género *Paratropis*, fue descrito en los bosques andinos del departamento de Cundinamarca, además fue reportado en cavernas de Guyana Francesa (Lopez & Lopez, 1997). Este es el primer registro del género en cavernas de Colombia.

- Familia Theraphosidae: primer registro en cuevas de Colombia, ya que, según Reddell (2012), existen seis especies troglobias del género *Hemirrhagus* en México y según Bertani *et al.*, (2013), una especie de *Tmesiphantes* en cuevas de Brasil.

6.2.2. Orden Opiliones

Según Romero (2009), posee 115 especies reportadas en cavernas, de las cuales 82 son troglobios, sin embargo, la revisión de la literatura actual reporta que hay por lo menos 130 especies de Opiliones en cavernas.

- Familia Agoristenidae: existen tres especies cavernícolas de la familia en cavernas Venezolanas, Reddell (2012) reporta dos especies, de las cuales *Phalangozea bordoni* es troglobia. Galán *et al.*, (2009) y Pinto da Rocha (1996), reportan *Trinella troglobia*, pero no se conoce registro alguno para las cuevas de Colombia.
- Familia Cranidae: Se reconoce una morfoespecie de la subfamilia Prostyginae, de la cual existen un grupo de pocos géneros de taxonomía complicada e insatisfactoria (*Micropachylus* (Roewer, 1913), *Prostygneilus* (Roewer, 1919) y *Troya* (Roewer, 1914)) donde el único registrado para Colombia es *Micropachylus* en la cual ubicamos la morfoespecie encontrada ya que presenta todos los caracteres que definen el género. Se trata de una especie aun no descrita y este es el primer registro de la subfamilia para cavernas del mundo (Kury, 2003).

6.2.3. Orden amblypygi

De 100 especies reportadas, 50% se conocen en cavernas, la gran mayoría son troglobios y troglófilos. Los troglobios pertenecen a la familia Phrynidae y Charinidae (Cokendolpher & Sissom, 2001).

- Familia Phrynidae: todos los géneros contienen especies cavernícolas, aunque el género *Paraphrynus* es notablemente más abundante con seis especies troglóbias descritas para México. Una especie del género *Heterophrynus* ha sido reportada en las cuevas de Colombia (Reddell, 2012). Amado y Morales (1986), realizaron un estudio sobre el crecimiento alométrico de *Heterophrynus cervinus*, en la Cueva del Indio del PNN Cueva de los Guácharos, pero no indica ni la distribución, ni tampoco la abundancia de la especie.

Estos reportes y hallazgos además están actualmente trabajándose junto con los especialistas. Hasta el momento las tres morfoespecies de *Priscula* son posiblemente especies nuevas como también la araña *Paratropis* sp. y el Opilión *Micropachylus* sp. Por lo tanto es notable la gran diversidad que poseen las cavernas estudiadas, ya que el 45.4 % de las morfoespecies colectadas, son posiblemente especies nuevas. Este aspecto ratifica la prioridad de conservación de estos ecosistemas que son verdaderos reservorios de una fauna desconocida y abundante.

6.3. MEDICIÓN DE LA DIVERSIDAD

6.3.1. Curva de acumulación de especies

Para calcular la eficiencia del muestreo se construyó una curva de acumulación de especies (Figura 16). La curva se realizó a partir de los valores obtenidos mediante el programa Estimate 9.0 (Colwell, 2004), usando los estimadores ACE, ICE, Chao 1 y 2, Bootstrap, Singletons y Doubletons, en total se incluyeron los resultados de colectas realizadas en 159 puntos de muestreo.

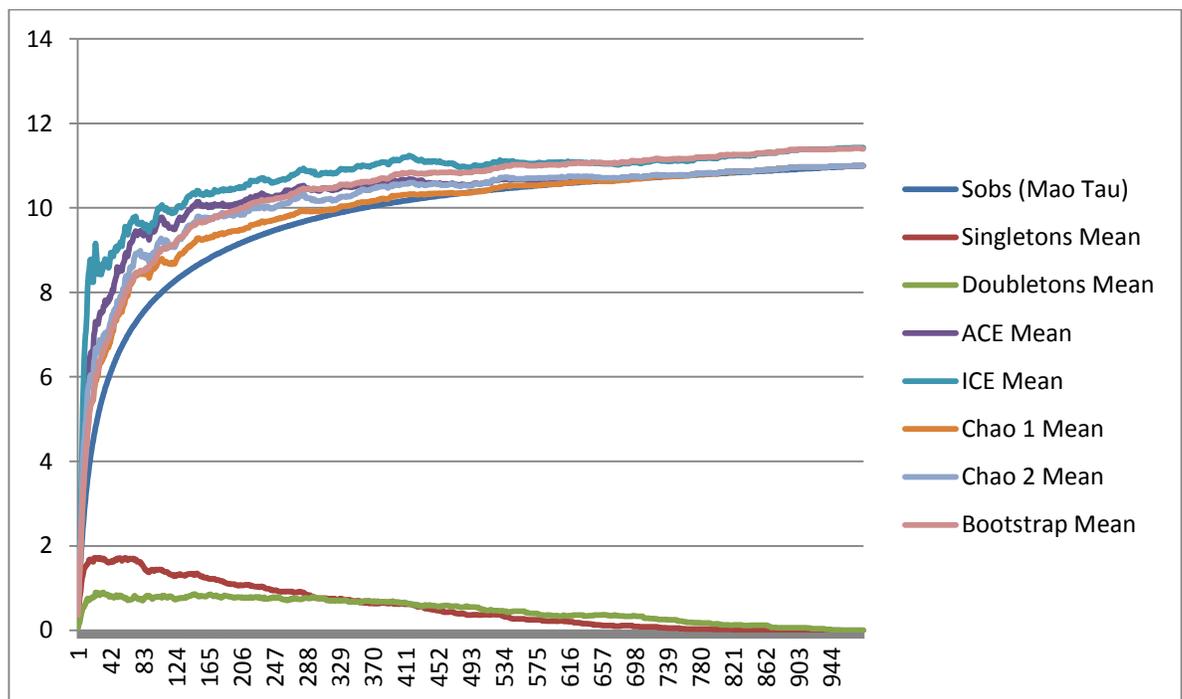


Figura 16. Curva de acumulación de morfoespecies de arácnidos (Araneae, Opiliones y Amblypygi) de las Cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.

Dado que el esfuerzo de muestreo en las dos cavernas fue el mismo (4 horas hombre), a pesar de las diferencias en cuanto a extensión; se presenta una sola curva de acumulación de especies. El porcentaje de eficiencia fue de 98.5%, un valor por encima del 70% (valor mínimo requerido para una buena eficiencia del muestreo) (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Por lo tanto se puede asegurar que se tiene una representación válida de la abundancia de las especies, pertenecientes a los tres órdenes estudiados en la Cueva del Hoyo y la Cueva del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos. Otro aspecto que corrobora la eficiencia de los muestreos, es la tendencia de los Singletons y los Doubletons a cero, lo cual indica que las especies raras que se van incluyendo en los muestreos ya no se reportan; datos que se asemejan a los de estudio similar realizado por Pipan & Culver (2005) en cavernas de Virginia Estados Unidos, que determinaron la biodiversidad de Copépodos en goteo de formaciones de la cueva.

6.3.1.1. Análisis de diversidad alfa (α)

Se describe la evaluación de la diversidad alfa (α) en los muestreos realizados para las dos cuevas en los dos periodos de muestreo (diurno 11 am a 3 pm y nocturno 11 pm a 3 am):

En lo relacionado a la diversidad alfa, los resultados muestran que esta es baja, lo cual concuerda con los resultados de Cardoso (2012) en cavernas de la península Ibérica.

6.3.1.1.1. Comparación de la diversidad

Dominancia: en lo relacionado a la dominancia de las especies en las dos cavernas los resultados fueron muy semejantes (Indio=0.208, Hoyo=0.235) el bootstrap calculado fue $p=0.106$, el cual es un valor que está por encima del valor de significancia (0.05) y demuestra que entre las cavernas de El Hoyo y El Indio no hay una diferencia significativa en cuanto a la dominancia de las especies.

Shannon Wiener: Para las dos cavernas el índice de Shannon W, fue significativamente diferente dando el bootstrap $p=0.006$ (Tabla 2), lo que nos señala que la riqueza de especies es diferente para cada caverna, siendo mayor en la cueva del Indio.

Simpson: Una tendencia diferente se presentó en los índices de Simpson, donde no se presentaron diferencias significativas entre ambas cuevas ($p=0.106$) (Tabla 2), esto podría deberse a que las dos cuevas poseen ambientes similares y no hay dominancia de especies.

Las discrepancias encontradas a nivel de los índices de Shannon-Wiener y el índice de Simpson al comparar ambas cuevas, posiblemente se debe a que el primero se encuentra basado principalmente en cambios marcados sobre las especies más raras, mientras que el segundo lo hace sobre los cambios producidos en la abundancia proporcional de las especies más comunes (Peet, 1974). Al evaluar distintos parámetros, es posible obtener resultados contradictorios a partir de ambos índices

Inverso de Simpson: El tercer índice de dominancia usado, fue el de especies dominantes de Simpson ($1/D$), que permite visualizar si existen cambios en la

dominancia en dos sitios diferentes. Los valores nos indican que la dominancia dentro de las dos cavernas es similar (Indio = 0.791 y Hoyo = 0.765) (Tabla 2).

La diversidad de las diferentes cuevas resulta muy semejante, a pesar de que la cueva del Indio es mucho más extensa que del Hoyo; datos similares obtuvo Latella *et al.*, (2012) en cavernas italianas en donde en cavernas adyacentes encuentran fauna semejante, lo cual es señal clara de un tipo semejante de especiación, . Por otra parte, un aspecto determinante, es el hecho de que la cueva del Indio la que está abierta a los turistas, contrario a las condiciones de cuidado y preservación en la que se encuentra la cueva del Hoyo, reservada solo para investigaciones. Los datos obtenidos de diversidad, demuestra que aparentemente el tránsito de los turistas no afecta la fauna de las cavernas, sin embargo, se deben hacer más estudios al respecto.

Tabla 2. Índices de diversidad α comparada de las dos cavernas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos.

| INDICES | Cueva del Indio | Cueva del Hoyo | Booststrap p(eq) |
|---------------|-----------------|----------------|------------------|
| Dominance | 0.208 | 0.235 | 0.106 |
| Shannon H | 1.819 | 1.62 | 0.006 |
| Simpson index | 0.791 | 0.765 | 1.06 |
| Simpson_1-D | 0.791 | 0.765 | |

6.3.1.2. Analisis de la diversidad beta (β)

Con el propósito de visualizar el grado de asociación que presentan las dos cavernas en cuanto a las morfoespecies de los tres órdenes estudiados, se realizó

una comparación utilizando el índice de Similitud de Jaccard (Moreno, 2001). Este valor fue de 0.818.

El índice de Similitud de Jaccard indica que las cuevas del Hoyo y del Indio comparten aproximadamente el 82% de las morfoespecies que habitan en ellas, lo cual significa que las dos cavernas son semejantes en cuanto a su riqueza en especies, esto puede deberse a varios factores; entre ellos, una posible interconexión de las cavernas, que es muy frecuente (Howarth, 1983) y que permitiría que las especies transiten por las dos cuevas; además, a una geología (calcárea) idéntica que permitiría que las especies que habitan las cavernas se adapten a estas condiciones en iguales circunstancias.

7. CONCLUSIONES

- La distribución de los puntos de muestreo en las cavernas y las técnicas de colecta manual, garantizaron un eficiente muestreo que permitió una determinación válida de la biodiversidad de cada una de las cuevas.
- La familia más abundante fue Pholcidae. Esto puede deberse a que el hábitat de la familia es con frecuencia lugares oscuros como, cuevas, bajo piedras y troncos muertos.
- La segunda especie más abundante fue *Andrescava sturmi*, descrita en Colombia. Esta abundancia puede deberse a que la especie habita debajo de troncos en descomposición (Roewer ,1963), ambiente húmedo y oscuro semejante al de las cavernas.
- La única especie del orden de los Amblipígididos fue *Heterophrynus cervinus*, lo cual concuerda con lo dicho por Amado & Morales (1986), y Reddell (2012) y con los hábitos de las especie que ha sido encontrada en cavernas Colombianas.
- La diversidad de los tres órdenes de arácnidos estudiados, se encuentran en un rango bajo ya que no superan el valor mínimo de 3.5. Esta diversidad baja es típica de los ecosistemas cavernícolas lo cual ratifica su fragilidad y necesidad de conservación y cuidado.
- El transito constante por la cueva del Indio parece no impactar de forma negativa la abundancia de las especies de arácnidos presentes, sin embargo para comprobar si esto es realmente cierto, deberían hacerse estudios en las

dos cuevas transitadas y en las dos no transitadas para tener mejores referentes de comparación.

- Se reportaron cinco especies nuevas de las 11 morfoespecies colectadas en las dos cavernas, lo cual indica la riqueza y desconocida fauna que habita en las cavernas, ratificando su importancia de conservación y cuidado.

8. RECOMENDACIONES

- Seguir el desarrollo de las investigaciones en los ecosistemas de cavernas Colombianas, con el fin de definir la Bioespeleología como la herramienta que permita el desarrollo de políticas en pro de la conservación de estos desconocidos y biodiversos ecosistemas.
- Es importante llevar los especímenes colectados hasta el nivel taxonómico más bajo posible, lo cual permita evaluar el nivel de endemismo de las especies.
- No realizar colectas en las cavernas estudiadas al menos durante cinco años para garantizar una recuperación del ecosistema dada su fragilidad.
- Futuros estudios deberían enfocarse en estudiar la diversidad del parque y las otras cavernas en zonas no protegidas, debido a que es son sitios importantes para la conservación, y posiblemente tenga muchas especies aún no descritas.
- Crear una colección biológica en la Universidad Surcolombiana, con el fin de poder depositar los especímenes que se colectan y trabajan en el departamento, evitando su traslado a otras colecciones.

BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez-Padilla F. (2007). Systematics of the spider genus *Metabus* O. P.-Cambridge, 1899 (Araneoidea: Tetragnathidae) with additions to the tetragnathid fauna of Chile and comments on the phylogeny of Tetragnathidae. *Zool. J. Linn. Soc.* 150: 285–335.
2. Amado, G. E. & L. Morales-A., (1986). Notas sobre los crecimientos alometricos en poblaciones del género *Heterophrynus* (Arachnida, Amblypygi). *Boletín Científico de la Universidad de La Salle*, 2(1):23-35.
3. Andrade, G. I., & Corzo, G. (2011). ¿Qué y dónde conservar? Mesa Nacional de Prioridades de Conservación, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), Bogotá. aproximación inicial. En: Rangel O, editor. *Colombia Biótica I*. Bogotá: Universidad.
4. Armas, L, F & Pérez, G, A. 2000. Los Amblipígidos de República Dominicana (Arachnida: Amblypygi). *Revista Ibérica de Aracnología*, Vol. 3, XII-2001. Pp: 47–66.
5. Baldini, U. L. James. (2001) Morphologic and dimensional linkage between recently deposited speleothems and drip water from Browns Folly mine, Wiltshire, England. *Journal of Cave and Karst Studies*. 63 (3): 83-90.
6. Benavides, L. R., & Giribet, Gonzalo (2007). An illustrated catalogue of the South American species of the cyphophthalmid family Neogoveidae (Arthropoda, Opiliones, Cyphophthalmi) with a report on 37 undescribed species. *Zootaxa*, 1509, 1-15.

7. Bertani, R., Bichuette, M. E., & Pedroso, D. R. (2013). *Tmesiphantes hypogeus* sp. nov. (Araneae, Theraphosidae), the first troglobitic tarantula from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, (AHEAD), 00-00.
8. Bond, J. E. (1999). Systematics and Evolution of the Californian Trapdoor Spider Genus *Aptostichus* Simon (Araneae: Mygalomorphae: Euctenizidae) (Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University).
9. Brescovit, A. D., Bonaldo, A. B., Bertani, R., & Rheims, C. A. (2002). Araneae. Amazonian Arachnida and Myriapoda. Pensoft, Sofia, 303-344.
10. Reuss, Wilfried, (2009). A collection of spiders and harvestmen from two caves in Ontario and Newfoundland, Canada (Araneae, Opiliones). *Contributions to natural History* 12: pp. 297–313.
11. Cardoso P. (2012). Diversity and community assembly patterns of epigean vs. troglobiont spiders in the Iberian Peninsula. *International Journal of Speleology*, 41(1), 83-94. Tampa, FL (USA). ISSN 0392-6672. <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.41.1.9>.
12. Cendrero, L., & Bucherl, W. (1971). *Zoología hispanoamericana: invertebrados*. Editorial Porrúa. 1151p.
13. Santamaría, M., Campos, C., & Díaz, J. M. (2006). Causas directas de pérdida de biodiversidad: transformaciones de hábitats y ecosistemas naturales. Informe nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 2 Tomos.

14. Christman, M. C., Culver, D. C., Madden, M. K., & White, D. (2005). Patterns of endemism of the eastern North American cave fauna. *Journal of Biogeography*, 32(8), 1441-1452.
15. Coddington, Jonathan A. (2004). The relationships of Animals: Ecdysozoans-Arachnida. Encontrado en: CRACRAFT, Joel & DONOGHUE, Michael J. *Assembling the Tree of life*. New York, Oxford University. p. 296 – 318.
16. Cokendolpher, J. C., & Sissom, W. D. (2001). A new troglobitic Paraphrynus from Oaxaca, Mexico (Amblypygi, Phrynidae). *Texas Memorial Museum, Speleological Monographs*, 5, 17-23.
17. Colwell RK. (2004). Estimates statistical estimation of species richness and shared species from samples, Version 9.0. Available in: <http://viceroy.eed.uconn.edu/estimates>.
18. Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345(1311), 101-118.
19. Culver, D. C. (2012). Life history evolution. Encontrado en: White, W. B., & Culver, D. C. *Encyclopedia of caves*. Second Edition. Academic Press. p465-468.
20. Curcic, B.P.M., Deltshv, C.C., Blagoev, G.A., Tomic, V.T., Curcic, S.B., Mitic, B.M., Djorovic, Ljijana D. and Ilie, Victoria N. (2004). On the Diversity of some Soil and Cave Spiders (Aranea: Arachnida) from Serbia. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 56 (3-1): pp. 103-108.
21. Deltshv, C. (2011). The faunistic diversity of cave-dwelling spiders (Arachnida, Araneae) of Greece. *Arachnologische Mitteilungen*, 40, 23-32.

22. Essl, F., Dullinger, S., Plutzer, C., Willner, W., & Rabitsch, W. (2011). Imprints of glacial history and current environment on correlations between endemic plant and invertebrate species richness. *Journal of Biogeography*, 38(3), 604-614.
23. Flórez E & Sánchez H. (1995). La diversidad de los arácnidos en Colombia: Una aproximación inicial. En: Rangel O, editor. *Colombia Biótica I*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia e INDERENA: 327-372.
24. Flórez E. (1996). Las arañas del Departamento del Valle del Cauca. Un manual introductorio a su diversidad y clasificación. Cali: INCIVA-COLCIENCIAS. 89 p.
25. Foelix, R. (2011). *Biology of spiders*. 3 ed. Oxford University Press, USA. ISBN 978-0-19-973482-5. New York. p.p. 1-16.
26. Gadar-Aguayo, Y. (2004). Amblypígidos (Chelicerata: Arachnida: Amblypygi). Encontrado en: García Aldrete, A. N., & Barajas, R. A. *Artrópodos de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. p15-23.
27. Galán, C. (2008). Opiliones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas (Arachnida: Opiliones). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF.
28. Galán, C., Herrera, F. F., & Rincón, A. (2009). Biodiversidad y Biomasa Global de la Cueva de Los Laureles (Sierra de Perijá, Venezuela). *Bol. Soc. Venezol. Espeleol*, 42, 15.
29. Gama, F. María de los Ángeles. (2007) *Biología I. Un Enfoque Constructivista*. Pearson Educación, México, Tercera Edición. 352 p. ISBN: 978-970-26-0854-7.

30. Gerlach, J. (2010). Order Opiliones Sundevall, 1833 Harvestmen. Encontrado en: Gerlach, J. Arachnida and Myriapoda of the Seychelles islands. Siri Scientific Press. p 312 – 320.
31. Gorelick, R. (2006). Combining richness and abundance into a single diversity index using matrix analogues of Shannon's and Simpson's indices. *Ecography*, 29(4), 525-530.
32. Griswold, CE. Audisio T. & Ledford, JM. (2012). An extraordinary new family of spiders from caves in the Pacific Northwest (Araneae, Trogloraptoridae, new family). *ZooKeys*. 215:77-102. Doi: 10.3897/zookeys.215.3547.
33. 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
34. Harvey, M. S. (2003). Catalogue of the smaller arachnid orders of the World: Amblypygi, Uropygi, Schizomida, Palpigradi, Ricinulei and Solifugae. 1 ed. CSIRO publishing. Australia, 398p. ISBN 0-643-06805-8.
35. Herberstein, M. E. (2011). Spider behaviour: flexibility and versatility. Cambridge University Press. ISBN 979-0-521-7652-9. Harback, New York. p.p. 1-21.
36. Hoffmann, A., & del Carmen Farias, M. (1993). El maravilloso mundo de los arácnidos. SEP.
37. Horton H & Hobbs III. (2012). Diversity Patterns In The United States. Wittenberg University. Encontrado en: Culver, D. C., & White, W. B. (2012). Encyclopedia of caves (pp. 251-263). Burlington, VT: Elsevier.

38. Howarth, F. G. (1983). Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology*, 28(1), 365-389.
39. Howarth, G. Francis (2009). *Cave Insects*. Hawaii Biological Survey, Bishop Museum. Encontrado en: Resh, H. Vincent & Cardé, T. Ring. *Encyclopedia of Insects*. Second Edition. University of California. p. 139-144.
40. Hüppop K. (2012). Adaptation to low food. Encontrado en: White, W. B., & Culver, D. C. *Encyclopedia of caves*. Second Edition. Academic Press. p1-9.
41. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (1998). *Conservación de los Ecosistemas Subterráneos en Colombia*. BIOSINTESIS. Boletín No. 10. 10 de diciembre de 1998. 4 p. ISSN 0123-7896.
42. Işık, Kani (2011). Rare and endemic species: why are they prone to extinction?. *Turk. J. Bot*, 35, 411-417.
43. Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, (8), 151-161.
44. Jocqué, R., & Dippenaar-Schoeman, A. S. (2006). *Spider families of the world*. Musée royal de l'Afrique centrale. Royal Museum for Central Africa, 336p. ISBN: 90-75894-85-6.
45. Judson, W. J. & Pleytez, W. (2005). Sensitive ecological areas and species inventory of ActunChapat Cave, Vaca Plateau, Belize. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 67, no. 3, p. 148–157.

46. Kury, A. B., 2003. Annotated catalogue of the Laniatores of the New World (Arachnida, Opiliones). *Revista Iberica de Aracnología*, Zaragoza, vol. especial monográfico, nº 1: 1-337.
47. Latella, L., Verdari, N., & Gobbi, M. (2012). Distribution of Terrestrial Cave-Dwelling Arthropods in Two Adjacent Prealpine Italian Areas with Different Glacial Histories. *Zoological Studies*, 51(7), 1113-1121.
48. Lera, T. (2009). The Virginia cave protection act: a review (1966-2009). *Journal of Cave and Karst Studies*, 71(3), 204-209.
49. Llosa, Z. B. (2003). *Zoología general*. Universidad Estatal a Distancia San José, Costa Rica, Primera Edición. 505p.
50. Lopez, A., & Lopez, B. (1997). Observations sur deux araignées de la grotte Fourgassié (Guyane Française): *Paratropis papilligera* Pick. *Cambr.*, 1896 (Mygalomorphae: Paratropididae) et *Ochyrocera Caeruleoamethystina* N. Sp. (Araneomorphae: Ochyroceratidae). *Mémoires de biospéologie*, 24, 33-42.
51. Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University. Press, New Jersey, 179 pp.
52. Marshall, A. J., & Williams, W. D. (1985). *Zoología Invertebrados*. *Zoología. Invertebrados (Vol. 1)*. Reverté. Barcelona, España. 950p. ISBN 8429118330, 9788429118339.
53. McDonald, John H. (2008). *Handbook of Biological Statistics*. Sparky House Publishing Baltimore, Maryland. 287p.
54. Moreno CE. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. Manuales & Tesis SEA , Zaragoza, España, 1:84 p.

55. Muñoz S., Baptiste L. G. & Andrade L. G. I. (1999). Reseña histórica de la espeleología en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Volumen XXIII, Suplemento especial. 527-530, p. ISSN 0370-3908.
56. Novak, T., Perc, M., Lipovšek, S., & Janžekovič, F. (2012). Duality of terrestrial subterranean fauna. *International Journal of Speleology*, 41(2), 5.
57. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos. <<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.022926>> [citado el 5 de septiembre del 2012].
58. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Plan de manejo del Parque Nacional Natural Cueva Guácharos 2005-2009 (2009). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales. Bogotá. D.C. Colombia. 197p.
59. Peck, S, B, Ruiz-Baliú, A, E, & González, G, G, F. 1998. The Cave-inhabiting Beetles of Cuba (Insecta: Coleoptera): Diversity, Distribution and Ecology. *Journal of Cave and Karst Studies* 60(3): 156-166.
60. Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 5, 285-307.
61. Pinto-da-Rocha, R. (1996). Notes on *Kma insignis* Hirst, 1912, revalidation of *Trinella Goodnight & Goodnight*, 1947 with description of three new species (Arachnida, Opiliones, Agoristenidae).

62. Pipan, T. and Culver, D. C. (2005). Estimating biodiversity in the epikarstic zone of a West Virginia cave. *Cave Journal of Cave and Karst Studies*, v. 67, no. 2, p. 103–109.
63. Porter, L. Megan. (2007). Subterranean biogeography: what have we learned from molecular techniques? *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 69, no. 1, p. 179–186.
64. Proudlove, G. S. (2006). *Subterranean fishes of the world: an account of the subterranean (hypogean) fishes described up to 2003 with a bibliography 1541-2004*. International society for subterranean biology.
65. Reddell, R. James (2012). *Spiders and related groups*. The University of Texas at Austin. Encontrado en: Culver, D. C., & White, W. B. (2005). *Encyclopedia of caves* (pp. 786-797). Burlington, VT: Elsevier.
66. Roewer, C. FR. (1963). *Opiliones aus Peru und Columbien (Arach.)**. *Senck. Biol.* V 44, no. 1. p 45-72.
67. Romero M, Cabrera E. & Ortiz N. (2008). Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 181 p.
68. ROMERO, Aldemaro. (2009). *Cave Biology: Life in Darkness*. United States of America by Cambridge University Press, New York. p.p. 278.
69. Santer, R. D., & Hebets, E. A. (2009). Prey capture by the whip spider *Phrynus marginemaculatus* CL Koch. *Journal of Arachnology*, 37(1), 109-112.
70. Schneider, K., & Culver, D. C. (2004). Estimating subterranean species richness using intensive sampling and rarefaction curves in a high density cave region in West Virginia. *Journal of Cave and Karst Studies*, 66(2), 39-45.

71. Sendra, A. & Reboleira A.S.P.S. (2012). The world deepest subterranean community – Krubera-Voronja Cave (Western Caucasus). *International Journal of Speleology*, 41(2), 221-230. Tampa, FL (USA). ISSN 0392-6672. <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.41.2.9>
72. SiB (Sistema de Información Sobre Biodiversidad en Colombia), (2013). Biodiversidad en Cifras: Biodiversidad de Colombia. Via Internet: (<http://www.sibcolombia.net/web/sib/cifras>).
73. Simó, M., Laborda, A., Jorge, C. & Castro, M. (2011). Araenomorphae, el grupo más diverso de las arañas. Encontrado en Viera, C. *Arácnidos de Uruguay: diversidad, comportamiento y ecología*. Editora Banda Oriental. Montevideo, Uruguay. p19-36.
74. Steffoff, R. (2008). *The Arachnid Class* (Vol. 3). Marshall Cavendish Corporation, Malaysia. 96p. ISBN-10: 076143075X, ISBN-13: 9780761430759.
75. Ubick, D. (2001). *Cavernicolous invertebrates of Cave Gulch, Santa Cruz County, California*. Department of Entomology California Academy of Sciences. 32 p.
76. Villarreal H, Álvarez M, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña AM. (2006). *Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad* 2da ed. Bogotá, Colombia: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 227 p.
77. Villarreal Manzanilla, O., Manzanilla, P., & Steines, F. (2008). Dos casos de anurofagia por "*Santinezia curvipes*" (Roewer, 1916) (Opiliones: Cranidae). *Boletín de la SEA*, (42), 317-319.

78. Weygoldt, P. (2000). Whip Spiders (Chelicerata: Amblypygi) Their Biology, Morphology and Systematics. Stenstrup, Denmark, Apollo books. p. 163.
79. White, W. B., & Culver, D. C. (2012). Cave, definition of. Encontrado en: White, W. B., & Culver, D. C. Encyclopedia of caves. Second Edition. Academic Press. p103-107.
80. White, W. George. (1926). The limestone caves and caverns of Ohio. The Ohio Journal of Science. University of Tennessee, v. XXVI. 73-116.

Anexo 1. Resumen en el 40° congreso de la sociedad Colombiana de entomología SOCOLEN.

40° Congreso SOCOLEN

Sociedad Colombiana de Entomología

BIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO

Carteles

BC10-C. Biodiversidad de arácnidos (Arachnida) presentes en las cuevas del Hoyo y del Indio del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos

Juan Carlos Valenzuela Rojas¹; Julio César González Gómez²; Cristian Camilo Moncayo Beltrán³; Mariángeles Lacava Melgratti⁴

¹juanbioquimico@gmail.com; ²gonzalezgomez40@gmail.com;

³ccmb0513@gmail.com; ⁴marimarinera@gmail.com

^{1, 2, 3} Estudiantes de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Corporación de turismo del Huila, Facultad de educación Universidad Surcolombiana; ⁴Estudiante de maestría en ciencias biológicas, Instituto de investigaciones Clemente Estable.

Expositor: Juan Carlos Valenzuela Rojas

Los sistemas de cavernas presentan una gran diversidad faunística y están dentro de los ecosistemas más frágiles del mundo, debido al elevado número de especies endémicas que presentan. Pese a su importancia, se encuentran dentro de los ecosistemas menos estudiados en Colombia. El Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos está ubicado en el extremo Suroriental del departamento del

Huila. Dentro de las características más representativas del parque se encuentra un extenso sistema de cavernas que alberga una gran variedad de especies. A pesar de lo anterior, los estudios acerca de la diversidad faunística de la cueva son escasos, enfocándose principalmente en algunos grupos de vertebrados. Con base en esto, en el presente trabajo se caracterizó la aracnofauna presente en las cuevas del Hoyo y del Indio de este parque natural, mediante colectas manuales diurnas y nocturnas. Se colectaron 467 ejemplares en la cueva del Indio y 284 en del Hoyo agrupados en 11 morfoespecies. De éstas, 8 pertenecieron al orden Araneae, 1 al orden Amblypygi y 2 al orden Opiliones. Las arañas fueron el grupo más abundante (54%) seguido por los Opiliones (27%) y Amblipígididos (19%). Se calcularon los índices de diversidad de Simpson y de Dominancia para ambas cavernas, estos fueron de 0,803 y 0.197 en la cueva del Indio y 0,743 y 0,257 en la del Hoyo respectivamente. A pesar de encontrar una mayor diversidad en la cueva del Indio, se encontró un índice de similitud de Jaccard del 82%. Pese a que solo se estudiaron dos cuevas del parque, se registran 2 especies nuevas de arañas Pholcidae y se realizan los primeros registros de arañas de la familia Theraphosidae en cuevas para Colombia.