

# Descripción de la diversidad biológica en cuatro ecosistemas subterráneos del municipio de La Paz, Santander, orientado al fomento del turismo sostenible en la región

Description of biological diversity in four underground ecosystems of the Municipality of La Paz, Santander, oriented to the promotion of sustainable tourism in the región

César Castellanos M.<sup>1</sup>, Mónica Tavera A.<sup>2</sup>  
Fundación Universitaria de San Gil- Unisangil  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa Ingeniera Ambiental  
San Gil, Colombia

cesarcasla@gmail.com  
mltavaera@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2021  
Fecha de aceptación: 04 de febrero de 2022

**Resumen** — La Paz se encuentra ubicado en el departamento de Santander, cuenta con una variada riqueza natural donde predominan aquellas formaciones cársticas conocidas como cuevas, cavernas y hoyos, muy apreciadas para la investigación científica y de gran auge turístico, pero con el pasar del tiempo se han visto afectadas debido al inapropiado uso que le da la población, provocando deterioro y contaminación en algunos de estos ecosistemas subterráneos. Por ello, para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos en el presente estudio, se realizó una inspección en los cuatro ecosistemas subterráneos, así como la recolección de muestras biológicas para su posterior análisis en el laboratorio, lo cual arrojó como resultado la identificación de 14 especies de fauna, asimismo conocer su estado actual y proponer estrategias de conservación y protección para el fomento de actividades turísticas sostenibles en la región.

**Palabras clave** — Cavernas, caracterización biológica, ecosistemas subterráneos y turismo sostenible.

**Abstract** — La Paz is located in the department of Santander, it has a varied natural wealth where those karst formations known as caves, caverns and holes predominate, highly appreciated for scientific research and of great tourist boom, but with the passing of time, they have been affected due to the inappropriate use given by the population; causing deterioration and contamination in some of these underground ecosystems. Therefore, to achieve compliance with the objectives proposed in this study, an inspection was carried out in the four underground ecosystems, as well as the collection of biological samples for subsequent analysis in the laboratory, which resulted in the identification of 14 species of fauna, also know their current status and propose conservation and protection strategies to promote sustainable tourism activities in the region.

**Keywords** — Caverns, biological characterization, underground ecosystems and sustainable tourism.

<sup>1</sup> Ingeniero Ambiental, Unisangil

<sup>2</sup> Biólogo, Docente investigador Grupo de Estudios Ambientales para la Sostenibilidad, la Innovación y el Desarrollo, Geasid, Unisangil

## I. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica en Colombia ha sido desde hace décadas materia de estudio para científicos, investigadores y expedicionarios de distintas partes del mundo. En particular, la ciencia ha fortalecido el estudio de los ecosistemas cársticos, correspondientes a aquellos mantos de caliza formados desde hace millones de años por el tránsito continuo del agua que han dado origen a estructuras subterráneas como las cavernas, cuevas, hoyos y abrigos rocosos en los que se encuentran ambientes acuáticos y terrestres de gran riqueza mineral, hídrica, de flora y fauna, cuyos paisajes los hacen un recurso arqueológico, geológico, biológico, antropológico, arquitectónico y paleontológico muy valioso para la humanidad. En la actualidad existen registros oficiales de aproximadamente 260 sistemas exocársticos en 21 departamentos del país, pero donde más prevalecen es en Antioquia, Boyacá, Huila, Santander y Tolima; estos a su vez son más frágiles y vulnerables, dado que un 90% se encuentran en lugares utilizados por la población local para el desarrollo de actividades económicas como la agricultura, la ganadería y la minería.

El departamento de Santander, dada su naturaleza y las condiciones del suelo, es el territorio que cuenta con más estudios de espeleología a nivel nacional, llegando a encontrar registros aproximados de unos 200 sistemas subterráneos. Algunos de los más estudiados son el hoyo del Aire, cueva del Chocó, hoyo de los Pájaros, cueva La Antigua, cueva del Yeso, cueva del Nitro, caverna de la Mesa, caverna la Macaregua, entre otros; y es así como se llegó al lugar de estudio localizado en el municipio de La Paz, el cual se caracteriza por presentar gran variabilidad geomorfológica que ha dado lugar a la formación de diferentes sistemas subterráneos muy diversos y poco estudiados en la actualidad.

Por consiguiente, este trabajo de investigación, que tiene como objetivo el describir la diversidad biológica en cuatro ecosistemas subterráneos del municipio de La Paz, Santander, busca por medio de la exploración analizar nuevas especies del hábitat que sirven como base en la toma de decisiones con respecto al cuidado y conservación ambiental de las cavernas y, así, posteriormente contribuir con el desarrollo económico y social del municipio mediante la formulación de estrategias turísticas sostenibles que puedan ser aplicadas a futuro por la población.

El objetivo general del proyecto consistió en describir la diversidad biológica de cuatro ecosistemas subterráneos mediante técnicas biológicas de colección para la elaboración de medidas de conservación ambiental y el fomento del turismo sostenible en el municipio de La Paz, Santander. De esta manera, se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: realizar la caracterización biológica de la fauna presente en las cavernas El Indio, El Molino, La

Cuchara y Melchor; y generar estrategias ambientales y de turismo sostenibles para la conservación de las cuatro cavernas del municipio de La Paz, Santander.

## II. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la descripción de la diversidad biológica en cuatro ecosistemas subterráneos del municipio de La Paz, Santander, así para el fomento del turismo sostenible, se consideraron algunas variables e indicadores de gran importancia como la población de especie, el índice de Shannon y los procedimientos a implementar durante algunas etapas del proyecto, como se describen a continuación:

### A. Población

El departamento de Santander se encuentra conformado por 8 núcleos de desarrollo provincial, uno de ellos es la provincia de Vélez, a la cual pertenece el municipio de La Paz. Cuenta con 241 km<sup>2</sup> de extensión territorial, una población de, según proyección del Dane, 4.938 habitantes y se ubica a unos 237 km de distancia de la capital departamental, Bucaramanga. El municipio posee gran variabilidad geomorfológica compuesta de colinas, escarpas, montañas y valles, que se han desarrollado desde hace siglos y estas, a su vez, se pueden analizar mejor por los estudios geológicos en la estratigrafía cuaternaria que presenta el terreno, la cual está compuesta principalmente por roca sedimentaria de la edad cretácica, de gran riqueza mineral en las formaciones luna, paja, rosa blanca, simití y tablazo; lo que da origen a diferentes ambientes cársticos epigeos e hipogeos.

La Paz limita por el norte con el municipio de Santa Helena del Opón, al sur con Chipatá y San Benito, al oriente con Aguada, Guacamayo y San Benito, y por el occidente con el municipio de Vélez. Presenta una temperatura promedio entre los 18 °C y una altura que alcanza los 1.910 m.s.n.m.

Actualmente el uso inadecuado de las cavernas y la falta de conocimiento por parte de los ciudadanos de La Paz han llevado al deterioro de las cavernas y, de igual manera, genera que el turismo no sea sostenible.

### B. Descripción del área de estudio

El área de estudio consta de cuatro cuevas (Tabla 1) denominadas El Indio y El Molino, La Cuchara y El Melchor, de las cuales dos se caracterizan por ser ecosistemas secos y los otros dos húmedos.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN

No.	Nombre de la cueva	Vereda/ Jurisdicción	Distancia desde casco urbano (km)
1	Cueva La Cuchara	San Pablo	3,1
2	Cueva El Melchor	El Tigre	6,3
3	Cueva El Molino	El Tigre	7,8
4	Cueva El Indio	Casas Blancas	10,5

En la Figura 1, se presenta la cavidad de clase 2 sub-horizontal. Su entrada es de forma ovalada, la cual mide 2,6 m de alto y 7 m de ancho; en su interior hay un pasillo que mide cerca de 6 m de profundidad y al final de este se gira a la derecha donde se forma un túnel de 120 m de longitud, presentando una altura entre 1,5 a 2,6 m y un ancho de 3,7 a 7,1 m. Se pueden apreciar algunas estalactitas y estalagmitas, así como una corriente de agua pequeña y constante.



Fig. 1. Entrada de la cueva La Cuchara.

En la Figura 2, la cavidad es de clase 2 sub-horizontal y descendente. La entrada de la cueva Melchor tiene forma triangular de aproximadamente 3 m de altura y 7.5 m de ancho, la pendiente es superior a los 30° en su interior y se encuentra un pasillo medianamente amplio y recto de unos 26 m de longitud. No se encontró agua, pero si gran cantidad de formaciones rocosas.



Fig. 2. Entrada de la cueva El Melchor.

En la Figura 3, cavidad de clase 1 horizontal. La entrada presenta una forma de media luna, con una altura de 4,2 m y 8,7 m de ancho, se pueden apreciar restos del primer molino de piedra de esta región, que se cree data de los tiempos de fundación del municipio a mediados del siglo XVIII y del cual se deriva su nombre. Su interior es seco, pero se aprecian grietas que dan paso a la percolación del agua cuando llueve y se divide en secciones, la primera de ellas tiene una longitud de 50 m y los espacios interiores van desde los 4,9 m a los 20,4 m de altura, luego son visibles dos áreas más para la exploración, uno de ellos consta de un salón de aproximadamente 10,2 m de largo y el segundo de 50 m de largo. Finalmente, se gira uno 90° hacia la derecha avanzando por un túnel de unos 200 m con pendiente moderada que termina en la salida frente a la quebrada Gran Curí.



Fig. 3. Entrada de la cueva El Molino.

La Figura 4, la cueva El Indio presenta, en la parte externa, un marco rocoso que actúa como techo de aproximadamente unos 19 m de altura, el orificio de la entrada es de forma irregular y tiene una altura de 15,5 m con un ancho que no supera los 18,5 m. El interior tiene forma de túnel, una longitud de 190 m y una altura que varía entre los 2,5 a 8 m, donde se pueden apreciar pequeñas estalactitas y estalagmitas y un curso de agua permanente poco profundo.



Fig. 4. Entrada de la cueva El Indio

### C. Materiales y equipos, recolección de muestras, análisis de laboratorio e identificación taxonómica.

#### Materiales y equipos:

Casco, gafas, guantes, calzado protector (botas), linterna, tapabocas, bolsas plásticas herméticas personalizadas de diferentes tamaños, frascos plásticos de 100 o 200 ml, reactivos para la fijación de las muestras, red para macroinvertebrados, nevera de icopor de 30 litros, papel vegetal, GPS, cámara fotográfica, fichas de campo, lápices y marcadores de tinta indeleble, microscopio, caja de petri y calibrador.

#### Recolección manual:

Antes de entrar a las cuevas e iniciar con la colecta de las especies fue necesario portar los implementos de seguridad (casco, guantes, tapabocas, gafas, botas y linterna).

Dentro de las cuevas se realizó una inspección rigurosa de cada área, donde se levantaron rocas, piedras y troncos en cuya superficie se encontraron algunas especies.

Para la colecta de las especies fue necesario utilizar, en algunos casos, la red debido a que se encontraban en las paredes y techos de las cuevas, dando luego lugar a la implementación de bolsas plásticas de cierre hermético para su conservación.

#### Preservación de muestras:

Las bolsas plásticas de cierre hermético contenían una solución al 10% de formaldehído y 70% de alcohol etílico para preservar las muestras de peces, y para los crustáceos e insectos las bolsas utilizadas contenían una solución de 70% alcohol etílico, luego se procedió a marcar cada bolsa con fecha, lugar, tipo de muestra y guardarlas en la nevera de icopor.

Después de terminar la colección de muestras y salir del área de estudio, se procedió con el traslado de las muestras de las bolsas plásticas hacia los frascos de 100 y 200 ml y así garantizar una mejor conservación.

Por último, se procedió con el rotulado de cada frasco para identificar la especie colectada, se guardaron de nuevo en la nevera de icopor y se transportaron hacia el laboratorio.

#### Análisis de las muestras:

Al llegar las muestras al laboratorio de biología de Unisangil, estas se analizaron y se identificó su taxonomía. Todas las muestras recolectadas se colocaron en una bandeja para lo que se requirió la utilización de pinzas entomológicas de punta fina, luego se fueron removiendo los sedimentos

cuidadosamente con agua destilada, se colocaron en caja de petri y con la ayuda del estéreo microscopio se analizó cada muestra.

#### Identificación taxonómica:

Durante este procedimiento se realizó la comparación de las especies recolectadas con material bibliográfico, lo cual permitió clasificar cada muestra en categorías según sus características morfológicas e identificarlos en diferentes grupos. Además, se contó con el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia para la identificación taxonómica de algunos ejemplares, así como por parte de los científicos Martha Rocha y César Castellanos en la identificación taxonómica de cangrejos y peces respectivamente. Los resultados obtenidos se exponen en la siguiente Tabla 2.

TABLA 2. TAXONOMÍA DE LAS ESPECIES COLECTADAS

Sistema hipogeo	Clase	Orden	Taxón	Nombre común
Cueva El Molino	Arachnida	Scorpiones		Escorpión
	Insecta	Ortópteros	Acrididae	Grillos
		Chiróptera	Desmodus rotundus	Vampiro común
	Mammalia	Chiróptera	Platyrrhinus dorsalis	Murciélago de nariz ancha
	Mammalia	Chiróptera	Stumira erythromos	Murciélago frutero
Cueva de El Indio	Actinopteri		Trichometerus Sketi	Pez
		Isópodos	Oniscoidea	Cochinillas
	Crustácea		Neosanfilippia sp	
	Insecta	Ortópteros	Acrididae	Grillos
	Malacostraca		Neostregeria charalensis	Cangreso
Cueva La Cuchara	Insecta	Ortópteros	Phalangopsidae: Phalangopsidae	Grillos
		Malacostraca	Neostregeria Charalensis	Cangrejos
	Insecta	Blattodea	Blattaria: Blaberidae	Cucarachas gigantes
	Insecta	Hydmenóptera	Formicidae	Hormiga
	Insecta	Lepidóptera		Gusanos
	Insecta	Coleóptera		Cucarrón
	Arachnida	Opiliones		Arañas
Cueva El Melchor	Insecta	Hymenóptera	Braconidae	Insectos
		Isópodos	Oniscoidea	Cochinillas
	Arachnida	Opiliones		Arañas
	Insecta	Difera		Mosquitos
	Insecta	Ortópteros	Phalangopsidae: Phalangopsidae	Grillos
	Gastropoda		Scolodontidae	Caracoles
	Insecta	Ortópteros	Acrididae	Grillos
	Gastropoda		Scolodontidae	Caracoles
	Insecta	Blattodea	Blattaria: Blaberidae	Cucarachas
	Chilipoda		Newportiidae: Scolopripos sp	Ciempies rojo
Insecta	Coleóptera		Cucarrón	
Arachnida	Opiliones		Arañas	

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la descripción de la diversidad biológica en cuatro ecosistemas subterráneos del municipio de La Paz, Santander, se empleó el método de ayuda Índice de Shannon, como medidor de la abundancia proporcional de las especies de fauna, el cual a su vez evalúa, tanto el componente riqueza por especie como su equidad.

En la Tabla 3, se puede apreciar como resultado un índice de 1.9, rango de baja biodiversidad, pero al ser La Cuchara un sistema hipogeo medianamente extenso, con presencia de un cauce de agua permanente, resulta fácil encontrar y visualizar las especies que allí habitan. Asimismo, se resalta que no fue posible el día de expedición recolectar peces del cauce por la intensidad que traía.

TABLA 3. RESULTADOS MEDICIÓN BIODIVERSIDAD CUEVA LA CUCHARA

Especies	No. Individuos (N)	Pi	Pi*LnPi
Formicidae	1	0.0243902	-0.091
Arachnida	1	0.0243902	-0.091
Lepidóptera	13	0.3170732	-0.364
Insecta	2	0.0487805	-0.147
Lumbricidae	1	0.0243902	-0.091
Blattaria: Blaberidae	2	0.0487805	-0.147
Invertebrados	3	0.0731707	-0.191
Coleóptera	1	0.0243902	-0.091
Arachnida	4	0.097561	-0.227
Neostrengeria charalensis: 1 macho y 1 hembra	2	0.0487805	-0.147
Phalangopsidae: Phalangopsidae: 5 hembras y 6 machos	11	0.2682927	-0.353
Sumatoria	41	1	-1.940
			-1
<b>Índice de Shannon</b>			<b>1.940</b>

El rango obtenido de 1.3 con respecto a la variedad de especies encontradas en la cueva El Melchor es bajo (Tabla 4), esto puede deberse a factores como tamaño del sistema, el cual es pequeño, presencia de luz parcial y por ser este un ecosistema sin cuerpo de agua. Además, la utilización de su interior y alrededores se ve alterada por la actividad humana, ya que se observaron restos de residuos sólidos y cabe resaltar que dicha cueva se encuentra ubicada dentro del predio de personas particulares.

TABLA 4. RESULTADOS MEDICIÓN BIODIVERSIDAD CUEVA EL MELCHOR

Especies	No. Individuos (N)	Pi	Pi*LnPi
Oniscoidea	2	0.0769231	
Insecta	4	0.1538462	
Arachnida	3	0.1153846	
Phalangopsidae: Phalangopsidae: 7 machos grandes y 2 pequeños; 5 hembras	14	0.5384615	
Caracoles	3	0.115384615	
Sumatoria	26	1	-1.31694469
			-1
<b>Índice de Shannon</b>			<b>1.317</b>

La cueva El Molino presenta un rango bajo de 1.7 en variedad de especies (Tabla 5). Es un sistema muy peculiar porque su gran tamaño permite abarcar mayor número de especies y existe percolación de agua, pero al ser tan concurrida por turistas se ve afectado su entorno por mal manejo de los residuos sólidos, remoción de espeleotemas, perforaciones en el subsuelo y grafitis en algunas partes de su infraestructura.

TABLA 5. RESULTADOS MEDICIÓN BIODIVERSIDAD CUEVA EL MOLINO

Especies	No. Individuos (N)	Pi	Pi*LnPi
Phalangopsidae: Phalangopsidae: 1 macho y 4 hembras	5		
Caracoles	8		
Blattaria: Blaberidae	1		
Newportidae: Scolopocriptos sp	2		
Arachnida: 1 grande y 6 pequeñas	7		
Scorpiones	1		
Lepidóptera	1		
Coleóptera	1		
Sumatoria	26	1	-1.73154318
			-1
<b>Índice de Shannon</b>			<b>1.732</b>

En la Tabla 6 se presenta el resultado obtenido en el Índice de Shannon, correspondiente a 1 para la cueva El Indio que es muy bajo, esto debido a distintos factores, pues según el análisis hecho en campo la biodiversidad del sistema es poco variada, no se encuentran con facilidad las especies y es importante precisar que es una cueva bastante grande, con presencia de agua. Presenta alteraciones antrópicas ocasionadas por turistas y pobladores en su infraestructura y el mal manejo de los residuos sólidos.

TABLA 6. RESULTADOS MEDICIÓN BIODIVERSIDAD CUEVA EL INDIO

Especies	No. Individuos (N)	Pi	Pi*LnPi
Phalangopsidae: Phalangopsidae: 2 machos y 1 hembra	3	0.4285714	-0.36312765
Arachnida	3	0.4285714	-0.36312765
Neostrengeria charalensis: Macho	1	0.4285714	-0.27798716
Sumatoria	7	1	-1.00424247
			-1
		<b>Índice de Shannon</b>	1.004

#### IV. CONCLUSIONES

El departamento de Santander y, en particular, el municipio La Paz, es una región muy rica en ecosistemas subterráneos, donde se encuentran aproximadamente 30 sistemas cársticos entre epigeos e hipogeos, pero estos se ven amenazados en la actualidad por las actividades que ejecutan los pobladores como agricultura, ganadería, minería y el turismo, que ha dado origen a la degradación de su entorno.

Los resultados obtenidos en el cálculo del Índice de Shannon con respecto al número de especies colectadas en las cuevas El Molino, El Indio, La Cuchara y El Melchor arrojó un valor inferior de 2, ya que presentan en promedio un bajo número en riqueza de especies, esto debido a factores climáticos y antrópicos. Esta información a su vez sirve como guía para futuros estudios de investigación sobre el tema.

Con el análisis efectuado en cada una de las cuevas se puede concluir que algunas de las especies que allí habitan son de vital importancia para el mantenimiento de los ecosistemas externos, tal es el caso de los murciélagos *Platyrrhinus dorsalis* y *Sturnira erythromos* hallados durante la expedición, que cumplen la función de regenerar los bosques por medio de la dispersión de semillas, la polinización de plantas, el control biológico de insectos y actúan como bioindicadores de los recursos naturales con los que cuenta el municipio La Paz.

La importancia de conservar las cuevas de este municipio, conlleva a obtener una serie de beneficios como la preservación de los reservorios de agua subterránea, así como las especies de fauna endémica y los ecosistemas externos como los bosques que interactúan conjuntamente con los ecosistemas subterráneos.

#### REFERENCIAS

- [1] Alcaldía Municipio La Paz, Santander. (2020). Anteproyecto Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023. [En línea] <http://www.lapaz-santander.gov.co/planes/plan-de-desarrollo--la-paz-para-el-mundo-20202023>.
- [2] C.A. Castellanos Morales; F. Moreno. *Cuevas, hoyos y grutas del municipio de La Paz (Santander, Colombia)*, vol. I. Colección de Ciencias Básicas. Bogotá: USTA, p. 104. 2018.
- [3] Congreso de la República de Colombia. (22/12/1993). Ley No. 99. En *Diario Oficial* No. 41146. [En línea]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>.
- [4] Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (1998). *Boletín Informativo*, No. 10: Conservación de los Ecosistemas Subterráneos en Colombia. [En línea]. Disponible en: [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32627/biosintesis\\_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32627/biosintesis_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y).