



This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Manuscrito recibido: Mayo 29, 2024

Revisión recibida: Octubre 31, 2024

Aceptado: Noviembre 2, 2024

Research article

Un evento de extinción local en el área kárstica de La Paz, Santander. Primer registro para un ambiente subterráneo en Colombia

A local extinction event in the La Paz karstic area, Santander. First record for a subterranean environment in Colombia

César Augusto Castellanos-Morales¹✉, Frank Vargas¹✉, Wadi Sosa-González^{2,3}✉

¹Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Grupo de Estudios Ambientales para la Sostenibilidad, la Innovación y el Desarrollo GEASID, San Gil, Colombia.

²Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Champotón 24450, Campeche, México.

³Tecnológico Nacional de México / ITS de Champotón. Ingeniería Electromecánica, México

RESUMEN

En términos generales la extinción local hace referencia a la pérdida de una población en un área particular, un hábitat o una subárea dentro de una región; pero reconociendo que otras poblaciones de la misma especie pueden recolonizar en un futuro los mismos lugares de donde habían desaparecido. El Objetivo de este manuscrito es presentar el primer registro de un evento de extinción local dentro de un ambiente subterráneo del municipio de La Paz, departamento de Santander, Colombia. La metodología usada se sustenta en la revisión histórica de información presentada por los primeros exploradores que visitaron y documentaron la presencia de diferentes poblaciones de fauna dentro del Hoyo del Aire. Los Resultados indican que durante el siglo XIX habitaba una población de guacamayas (género *Ara*) en el ambiente subterráneo Hoyo del Aire. Este grupo de aves no ha vuelto a tener reportes para esta región durante el presente siglo. Como conclusión, y basados en los registros históricos, se puede asegurar con razonable certeza que ocurrió un evento de extinción local en un hábitat del área kárstica de La Paz. Se plantea aquí, la importancia de discutir sobre procesos de repoblación de especies en lugares que, como el Hoyo del Aire, han sufrido la pérdida de especies nativas.

Palabras clave: Aves - Psittacidae, Biodiversidad, espeleología, hábitat subterráneo, Hoyo del Aire.

ABSTRACT

In general terms, local extinction refers to the loss of a species in a specific area, a habitat or a subarea within a region; but recognizing that other populations of the same species may recolonize in the future, the same places from which they had disappeared. The objective of this manuscript is to present the first record of a local extinction event within a subterranean environment of the municipality of La Paz, department of Santander, Colombia. The methodology used is based on the historical review of information presented by the first explorers who visited and documented the presence of different fauna population inside of Hoyo del Aire. The Results indicate that during the 19th century, a population of macaws (genus *Ara*) lived in the Hoyo del Aire underground environment. This group of birds has not had any reports from this region during this century. In conclusion, and based on historical records, it can be assured with reasonable certainty that a local extinction event occurred in a habitat in the karst area of La Paz. The importance of discussing processes of species repopulation in places that, like Hoyo del Aire, have suffered the loss of native species, is raised here.

Keywords: Birds – Psittacidae Biodiversity speleology, subterranean habitat, Hoyo del Aire.

Citación: Castellanos-Morales, C.A., Vargas, F., Sosa-González, W. (2024). Un evento de extinción local en el área kárstica de La Paz, Santander. Primer registro para un ambiente subterráneo en Colombia. Boletín Geológico, 51(2), Número Especial de Espeleología.

<https://doi.org/10.32685/0120-1425/bol.geol.51.2.2024.735>

1. INTRODUCCIÓN

Los ambientes subterráneos de Colombia han sido objeto de interés espeleológico, deportivo y bioespeleológico desde que Humboldt y Gross realizaron en 1801 las primeras expediciones documentadas en sus visitas por la cueva de Los Ladrones, la Gruta de Alfonza y el Puente de Icononzo en el departamento del Tolima (Muñoz-Saba et al., 1999). Al menos 21 departamentos ubicados principalmente en la región andina contienen registros de ambientes subterráneos, pero tan solo ocho de ellos, poseen algún reporte de la diversidad biológica que allí habita (Angarita-Sierra et al., 2019). Santander, por su parte, es el departamento en donde algunos autores como Petkovsky (1988), Muñoz-Saba et al. (2013), Pérez-Torres et al. (2015), Castellanos-Morales et al. (2015, 2023), Castellanos y Moreno (2018), Lasso et al. (2019), Angarita-Sierra et al. (2019), Muñoz-Saba y Lasso (2020) y García et al. (2022) entre otros, han registrado valiosa información de fauna hipogea troglófila, troglóbica o troglóxena para Colombia. Además de las anteriores citaciones, se reconoce el valor de otras publicaciones que describen nuevas especies en ambientes subterráneos del país como Hershler y Velkovrh, 1993 (caracoles), Campos (2017), Rodríguez, 1985 (cangrejos), Castellanos-Morales 2007, 2008, 2010, 2018; Mesa et al., 2018; Do Nascimento y Prada-Pedreiros, 2020 (peces), y Cadena-Castañeda et al., 2022 (grillos).

El área kárstica del municipio de La Paz es una de las zonas del departamento de Santander en donde se han realizado numerosas exploraciones y aportes al conocimiento de los ambientes subterráneos. La Paz es rica en formaciones endokársticas como cuevas, cavernas, hoyos y grutas; de los cuales el Hoyo del

Aire (Fig. 1) es la más importantes a nivel turístico y espeleológico de esta región. Se trata de una formación tipo sima de 220 m de profundidad total y un diámetro de entrada superior a los 100 m, en donde exploradores nacionales y extranjeros han estudiado y publicado información sobre diversos aspectos de esta cavidad tales como: características topografía y espeleológicas (Expedición Polaca “Andes 75”, 1976; Hof, 1978; Malečkar, et al., 1990; Speleo Colombia, 2011; Castellanos-Morales et al., 2018), composición de las paredes internas (Cuervo Márquez, 1938–1939) y biología subterránea (Rodríguez, 1985; Hershler y Velkovrh, 1993; Castellanos y Moreno, 2018; Castellanos-Morales et al., 2015, 2023; Cadena-Castañeda et al., 2022), entre otros.

Se presentan aquí, algunas de las especies que habitan dentro del Hoyo del Aire, y cuyos registros han sido confirmados por varios de los autores anteriormente citados. Aves (*Steatornis caripensis* y *Coragyps atratus*), cangrejos (*Neostrengeria sketi*), caracoles (*Andesipyrghus sketi*), copépodos (*Macrocyclus albidus* y *Eucyclops sp.*), grillos (*Aclodes paz*) y peces (*Trichomycterus donascimientoi*); algunos de ellos son endémicos del área kárstica de La Paz como los peces y los cangrejos. En reconocimiento al municipio de La Paz, recientemente una publicación dedicó el nombre de una especie de grillo (el primero descrito para ambientes de cavernas) a este municipio (*Aclodes paz* Cadena-Castañeda & Castellanos-Morales). Adicionalmente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2024) ha reconocido tres (3) especies bajo diferentes categorías de amenaza de extinción (Tabla 1).



Fig. 1. Vista general del Hoyo del Aire. Paredes interna del sector norte (izquierda). Fondo de del Hoyo del Aire (derecha). Fotografía: Cesar A. Castellanos.

La región kárstica de La Paz y sus ambientes subterráneos, al igual que muchos de los diferentes ecosistemas continentales en todas las regiones naturales de Colombia, han sido transformados o alterados de manera casi irreversible por la actividad humana de las últimas décadas. Factores como la caza de fauna, la expansión de la frontera agrícola y la tala de bosques nativos han impactado negativamente los hábitats e inciden directamente o indirectamente en el tamaño de las poblaciones y sus posibilidades de reproducción. Algunos autores como Isaac y Cowlishaw (2004) y Cowlishaw et al. (2009), que han evaluado la relación entre los impactos antrópicos y los procesos de extinción local, encontraron que cada especie presenta un patrón particular de declinación poblacional como respuesta a los diferentes tipos de impacto. Establecer la declinación o disminución del tamaño poblacional una especie dentro de un ambiente subterráneo de Colombia, o la ocurrencia de un evento puntual de extinción local es, actualmente, una tarea muy difícil de lograr debido tanto a la carencia de inventarios detallados de biodiversidad, como a la ausencia de estudios sobre dinámicas poblacionales dentro de este tipo de ecosistemas. Sin embargo, el incremento de las publicaciones, particularmente en las dos últimas décadas, han permitido, además de aumentar el conocimiento sobre la biota de ecosistemas subterráneos, lograr la inclusión de diversas especies dentro de la lista roja de la UICN. De todos los organismos evaluados por esta organización, el mayor riesgo de extinción lo enfrenta el pez cavernícola *Trichomycterus santanderensis* catalogado En Peligro Crítico (CR) y registrado para la cueva El Puente en el municipio de Lebrija, departamento de Santander (Castellanos-Morales y Lasso, 2021).

Este trabajo se enfoca en el ambiente subterráneo Hoyo del Aire, lugar en donde, de acuerdo los resultados encontrados por los autores de este trabajo, se presentó la pérdida de una población de guacamayas (género *Ara*), evento catalogado aquí como una extinción local (= extirpación).

2. MARCO DE REFERENCIA

En términos generales el municipio de La Paz, lugar en donde está localizado el Hoyo del Aire, se encuentra posicionado en la unidad litoestratigráfica sedimentaria del periodo Cretácico inferior denominada Formación Rosablanca, con presencia de rasgos geomorfológicos endocársticos que deben su origen al desarrollo en rocas calcáreas y facies evaporítica; este es el tipo de formación geológica que predomina en toda la provincia de Vélez (una división política y administrativa del departamento de Santander). Esta formación está en contacto transicional con la subyacente Formación Paja y Ruitoque en el valle medio del río Magdalena (Morales, 1958; Mendoza-Parada et al., 2009).

Se considera que la formación Rosablanca tiene al menos tres partes diferenciadas: en su parte inferior se encuentran rocas calcáreas dolomíticas y calcáreas evaporíticas intercaladas con rocas de origen terrígeno (Guzmán, 1985). En su parte media se encuentran oesparitas, bioesparitas, bioesparitas impuras, esparitas arenosas con cuarzo y partículas de feldespato (Guerrero, 2002). En su parte superior contiene unas areniscas limpias, rudstones bioesparíticos con bivalvos de gran tamaño, y en el límite superior contiene abundantes moluscos, oosparitas y fragmentos redondeados que parecen corresponder a intervalo de regresión marina (Guerrero, 2002; Mendoza-Parada et al., 2009).

2.1 Área de estudio

El área de estudio específica o punto de influencia directo, está localizada en el Hoyo del Aire, una cavidad subterránea ubicada en las coordenadas 06° 07' 51,9" N; 73° 34' 39,2" O. Desde la perspectiva administrativa, el Hoyo del Aire pertenece a la vereda El Tigre, municipio de La Paz, departamento de Santander – Colombia (Fig. 2). Con respecto a la cadena montañosa de la región andina, la cabecera municipal de La Paz está ubicada hacia el costado oriental de la cordillera oriental al sur del departamento de Santander, a 1910 m s.n.m (Castellanos et al., 2018).

Tabla 1. Especies registradas en el Hoyo del Aire categorizadas por la UICN bajo algún nivel de riesgo de extinción.

GRUPO	FAMILIA	ESPECIE	CATEGORÍA
Peces	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus donascimientoi</i>	VU
Aves	Steatornithidae	<i>Steatornis caripensis</i>	LC
Aves	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	LC
Moluscos	Bulimulus	<i>Andesipyrargus sketi</i>	Por determinar
Artrópodos	Pseudothelphusidae	<i>Neostrengeria sketi</i>	DD

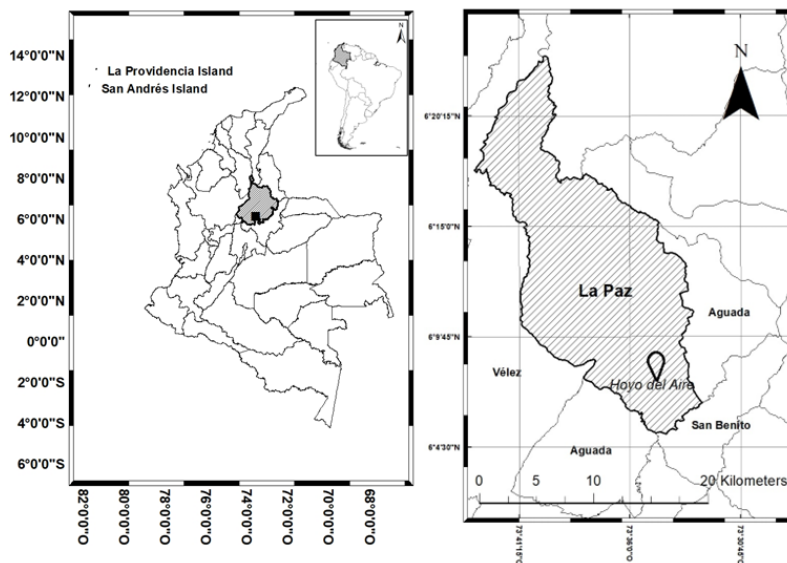


Fig. 2. Izquierda: Área de estudio en el municipio de La Paz, Colombia. Derecha: Ubicación del Hoyo del Aire.

1.1 Extinción local (= extirpación)

De acuerdo con Smith-Patten et al. (2015), la palabra “extinción” tiene una fuerte repercusión semántica en los lectores y puede incidir en la percepción sobre el estado particular de una especie. Un ejemplo muy sencillo de esta situación se presenta cuando un investigador registra un evento de extinción local de una especie para un área en particular, y luego, otro estudio reporta el retorno o la reintroducción natural de la misma especie. Está claro que, como ocurre en este caso, la palabra “extinción” dentro de la frase “extinción local” puede generar confusión sobre el estado actual de la conservación de la especie en cuestión. Para evitar confusiones sobre los alcances de la frase extinción local, se ha propuesto el uso de la palabra “extirpación” como un sinónimo que podría ayudar a los lectores a la comprensión de este evento en particular.

La extinción local, también conocida como extirpación, se refiere a la desaparición de una población en un área específica, hábitat o subárea dentro de una región. Sin embargo, se reconoce que otras poblaciones de la misma especie podrían recolonizar el área en el futuro. Por este motivo, en este trabajo se emplea el término "extirpación" como sinónimo de "extinción local" (Yan et al., 2022; Tatsumi et al., 2021; Bond et al., 2019; Smith-Patten et al., 2015; Woodruff, 2001).

3. MÉTODO

El desarrollo metodológico está soportado en el análisis e interpretación de información histórica del siglo XIX que describe la presencia de un grupo específico de aves que habitaban la cavidad subterránea Hoyo del Aire, en el municipio de La Paz, Santander. Adicionalmente se recopiló y valoró información ambiental, espeleológica y biológica usando motores de búsqueda

como *Google Academic*, *SciELO*, *Research gate*, *Science Direct*, y *Scopus*. Los archivos consultados corresponden a 52 publicaciones válidas realizadas en revistas indexadas nacionales e internacionales, de las cuales el 77% corresponden a las dos últimas décadas. Las categorías de riesgos de extinción fueron consultadas directamente en la página web de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN (2024).

4. RESULTADOS

Existe un dato histórico que pasó inadvertido por diferentes investigadores y está relacionado con la presencia y posterior desaparición de una población de aves en el sistema kárstico de La Paz, en la región andina de Colombia. Se trata de información documentada por los primeros exploradores que visitaron el Hoyo del Aire en el siglo XIX. El reporte más interesante fue publicado por Manuel Ancizar en el año de 1853 con el título de “Peregrinación de Alpha”. El señor Ancizar participó en la Primera Comisión Coreográfica, la cual recopiló información de los territorios que para esa época se denominaba “La Nueva Granada” registrando interesantes eventos relacionados con la geología, la cultura y el medio ambiente (Campuzano-Hoyos, 2018).

Aunque el interés principal del Sr. Ancizar estaba orientado al campo geológico, logró registrar un evento biológico de repercusiones históricas a nivel de la avifauna de Colombia, puesto que identificó una población de guacamayas (Familia Psittacidae, género *Ara*) que habitaban en el interior de la citada cavidad subterránea. A continuación, se replica el texto presentado por Ancizar (escritura original): “Las paredes del hoyo, verticales i formadas de estratos de calcáreo como el cerro en el que está ubicada, se hallan cubiertas de vegetación i sus grietas habitadas

por gran número de guacamayas, cuyos colores brillantes lucen en lo profundo al cortar en su vuelo espiral los oblicuos rayos del sol” (Peregrinación de Aplha, pág. 104, Ancizar, 1853).

El registro del Sr. Ancizar se complementa con los reportes del presbítero Romualdo Cuervo, quien fue el primer explorador que descendió hasta el fondo del Hoyo del Aire en 1851 y describió este ambiente subterráneo como “una gentil mención de guacamayos”. Además de las guacamayas, el presbítero Cuervo también reportó la presencia de abundantes nidos de guacharos en una cavidad del fondo del Hoyo del Aire (El Hoyo del Aire, pág. 288, Cuervo 1867). Desde los reportes de Ancizar y Cuervo no se ha vuelto a documentar la presencia de guacamayas en el Hoyo del Aire. Queda establecida aquí, la presencia y posterior extirpación de la población de guacamayas, un evento de extinción local que, hasta la fecha, se identifica como el primero de su tipo para un ambiente subterráneo de Colombia.

4.1 Presencia de guacamayas (género *Ara*) en el departamento de Santander

Para identificar las posibles especies de guacamayas que habitan en Santander, se consultaron los reportes de Hilty y Brown (1986, 2001), Rodríguez-Mahecha y Hernández-Camacho (2002), Laverde-R et al. (2005) y Arbeláez-Cortés (2020). Estos autores han reconocido la presencia de al menos tres especies en el departamento de Santander: *Ara arauna* [guacamaya azul y amarilla], *Ara militaris* [guacamaya verde o guacamaya militar] y *Ara severus* [guacamaya severo o cariseco]. De acuerdo con estos registros, al menos una de las tres especies citadas fue la que Ancizar y Cuervo reportaron en el siglo XIX; por lo tanto, para lograr determinar cuál de ellas habitó dentro del ambiente subterráneo Hoyo del Aire, se valoraron aspectos significativos tales como características de anidación y rangos de distribución altitudinal.

En cuanto a la distribución altitudinal de las tres especies de citadas, dos de estas guacamayas (*Ara arauna* y *Ara severus*) han demostrado desplazamientos altitudinales que varían desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud. Con respecto a *Ara militaris* su distribución es más amplia, cubriendo gradientes altitudinales que van desde los 0 m hasta los 2.000 m s.n.m.

En términos de selección de lugares para anidación, tanto *A. arauna* como *A. severus* han demostrado preferencias por estructuras vegetales como grandes árboles vivos o muertos. Estas especies muestran tendencia para construir sus nidos hacia las partes más elevadas de los árboles. Sin embargo, *Ara militaris* no solo puede anidar en árboles, además, es la única especie de las anteriormente citadas, que posee estudios que demuestran su habilidad para construir nidos en zonas rocosas como precipicios,

barrancos, cañones rocosos, acantilados o valles fluviales (Bonilla-Ruz et al., 2007; Botero-Delgadillo y Páez, 2011).

De las tres especies de guacamayas anteriormente citadas, *Ara militaris* es única que puede alcanzar la altitud de los 1.900 m s.n.m., elevación donde se localiza el Hoyo del Aire y, además, la guacamaya verde (también conocida como guacamaya militar) posee la capacidad de habitar y/o anidar en las paredes rocosas y verticales, como las del interior del Hoyo del Aire, tal como lo registraron Ancizar y Cuervo.

En términos general la distribución continental de la guacamaya verde (*Ara militaris*) se extiende desde México hasta Argentina. En Colombia se distribuye en la Sierra nevada de Santa Marta, en la cordillera oriental desde la Serranía de Perijá hasta Bucaramanga; los dos lados de la cordillera central; desde el valle del Magdalena hasta el Amazonas; la Serranía de la Macarena hasta el Putumayo (Hilty y Brown, 1986, 2001; Rodríguez-Mahecha y Hernández-Camacho, 2002). Las poblaciones de *Ara militaris* han disminuido fuertemente a nivel nacional en las últimas décadas y según la clasificación de riesgos de extinción de la UICN esta especie está categorizada como Vulnerable (VU).

5. DISCUSIÓN

Además del reporte histórico que documentó la presencia de la guacamaya verde (*Ara militaris*) en el Hoyo del Aire en el siglo XIX, existen, actualmente al menos otros dos registros de aves que anidan en el interior de este ambiente hipogeo. La primera especie corresponde a los “Guacharos o chilladores” (*Steatornis caripensis*) caracterizada por su coloración café – castaño y gran cantidad de puntos blancos en las alas; además, su nidación la realizan en lugares oscuros donde se orientan por su capacidad de ecolocación. La segunda especie corresponde a los “gallinazos o Chulos” (*Coragyps atratus*), registrados en las paredes internas del hoyo (Castellanos-Morales et al., 2023), se caracterizan por el predominio del color negro en todo su plumaje. Las características morfológicas de los guacharos y los gallinazos hacen improbable que Ancizar o Cuervo hayan confundido estas especies con las guacamayas. Adicionalmente, en sus escritos, el presbítero Cuervo reconoció la presencia tanto de guacharos, como de guacamayas; por lo tanto, se descarta cualquier posibilidad de confusión entre las especies anteriormente citadas.

Otro aspecto interesante para citar es que, ni el Sr. Ancizar ni el Sr. Cuervo, relataron la presencia de gallinazos dentro del Hoyo del Aire, por lo que, los autores de este trabajo consideran que la ocupación de la pared interna de esta cavidad para actividades de anidación por parte de los gallinazos debió ocurrir después de la extinción local de población original de *Ara militaris*.

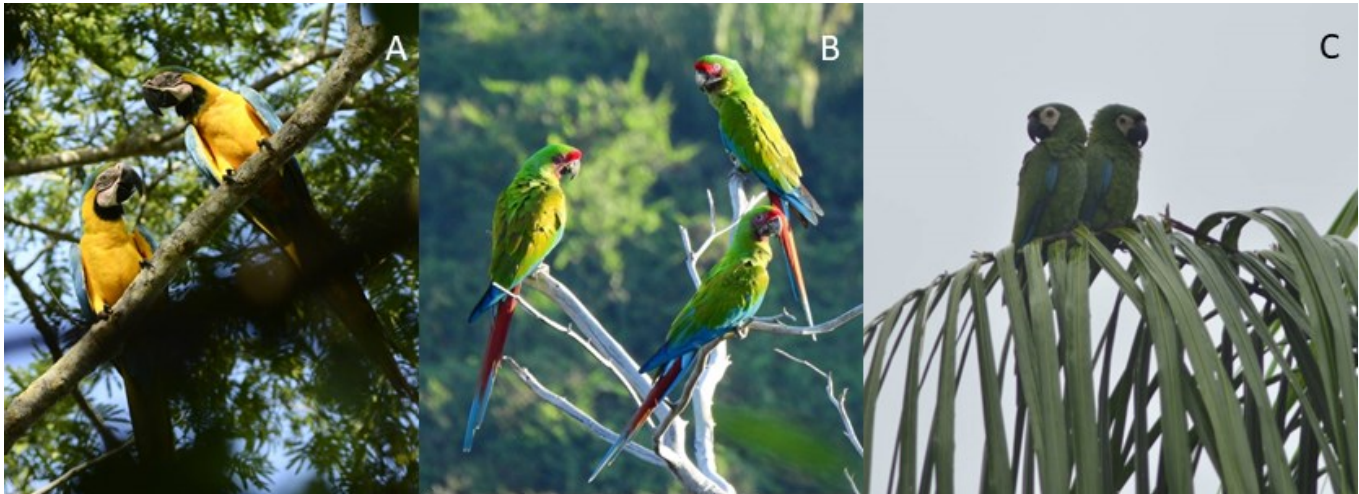


Fig. 3. Imagen de guacamayas registradas para el departamento de Santander. A. *Ara ararauna*. B. *Ara militaris*. C. *Ara severus*. Fotografías: A y C Juan Manuel Renjifo Rey, Banco de la República, Colombia. B Jose Luis Ropero.

6. CONCLUSIONES

Con la valoración de aspectos fundamentales como los hábitos de anidación y capacidad de desplazamiento altitudinal de las especies *Ara ararauna* [guacamaya azul y amarilla], *Ara militaris* [guacamaya verde o guacamaya militar] y *Ara severus* [guacamaya severo o cariseco], se logró establecer con un razonable grado de certeza, que *Ara militaris* (Fig. 4) fue la especie de guacamaya reportada por Ancizar y Cuervo en sus expediciones del siglo XIX en el Hoyo del Aire.

Los registros documentados del siglo XIX confirmaron la existencia de una población de guacamayas (*Ara militaris*) en la cavidad subterránea Hoyo del Aire. Sin embargo, durante el pasado siglo XX no se observó ningún reporte de esta especie en publicaciones como Cuervo Márquez (1938–1939), Expedición Polaca “Andes 75, (1976)”, Sket (1988) y Malečkar et al. (1990) que referenciaron diversas exploraciones al Hoyo del Aire. Adicionalmente, inspecciones visuales realizada por el primer autor

en los últimos 10 años, permitieron constatar la ausencia total de individuos *Ara militaris* habitando o visitando la cavidad subterránea Hoyo del Aire o cualquier otro ambiente epigeo o hipogea del área kárstica de La Paz en el departamento de Santander. Queda aquí establecida la ocurrencia de un evento de extinción local (= extirpación) para una población *Ara militaris* (guacamaya verde o militar) que habitaba al interior del Hoyo del Aire, considerado, además, como el primero reporte de este tipo para un ambiente subterráneo de Colombia.

Establecer qué o cuáles factores fueron determinantes para la extirpación de la población de *Ara militaris* que habitaba el interior del citado hoyo no es fácil. Sin embargo, es posible que factores naturales como derrumbe de las paredes internas de esta cavidad, o factores antrópicos como la tala de bosques, la caza de fauna silvestre, el incremento de la actividad agrícola y sus agroquímicos, la disposición de residuos sólidos al interior de la cavidad, e incluso el conflicto armado que sufrió esta región, hayan impactado de forma negativa la calidad ambiental del hábitat para esta especie ocasionando un evento extinción local.



Fig. 4. Imagen de *Ara militaris* (guacamaya verde). Fotografía cortesía de Luis Antonio Arias.

De acuerdo con Mammola et al. (2022), las acciones de restauración en un ecosistema subterráneo están vinculadas, entre otras, a la reintroducción de especies nativas. Los autores de este trabajo consideran que, tanto el Hoyo del Aire como otros ambientes hipogeos del país pueden ser objeto de reintroducción de especies nativas, una actividad que debería estar regulada por una política pública de estado. Se invita aquí a que la comunidad académica, centros de investigación, líderes ambientales y espeleólogos, a liderar y proponer activamente este tipo de procesos legislativos que indudablemente redundará en un beneficio ambiental general de los ambientes subterráneos de Colombia. Esta iniciativa no solo es viable, además, se alinea con la recién creada Ley 2237 de 2022, sancionada por el Congreso de la República que tiene como propósito, proteger el patrimonio espeleológico de la nación.

FINANCIAMIENTO

El trabajo de campo fue financiado por el primer autor, con el apoyo institucional de la Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses financieros o relaciones personales que puedan haber influido en el trabajo reportado en este artículo.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a los habitantes del municipio de La Paz, Santander, los guías turísticos y las autoridades municipales que apoyaron las visitas al Hoyo del Aire. Especial agradecimiento al Banco de La República, Colombia, a Luis Antonio Arias Medellín (Verdi México), y José Luis Roperero (roperoaventuras.com) por permitir el uso de las imágenes de guacamayas. Agradecimientos a Wadi Elim Sosa González director de la Tesis de Doctorado del primer autor por su apoyo a la investigación. De igual forma WESG agradece el apoyo proporcionado por CO-NAHICYT de la estancia de investigación postdoctoral CVU 474285 CONAHICYT 2482438 “Diseño y desarrollo de tecnologías de bajo costo para la transformación de residuos acuícolas y pesqueros que contribuyan a la soberanía alimentaria del estado de Campeche” ligado al proyecto CONAHICYT PRONACES PRONAI 321295: “Desarrollo e implementación de metodologías sustentables para el aprovechamiento de biomasa de algas, residuos pesqueros y acuícolas de la Península de Yucatán, para su valorización como ingredientes alimenticios nutritivos y productos funcionales”.

REFERENCIAS

- Angarita-Sierra T, Dulcey-Ulloa J. y Lasso C.A. (2019). Biodiversidad subterránea del Departamento de Santander. En: Lasso CA, Barriga JC, Fernández-Auderset J (Eds.). Biodiversidad subterránea y epigea de los sistemas cársticos de El Peñón (Andes), Santander, Colombia. VII. Serie Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, pp. 257–285
- Ancizar, M. (1853). Peregrinación del Alpha: por las provincias del norte de la Nueva Granada. Biblioteca de la Presidencia de la Republica.
<https://babel.banrepcultural.org/digital/collec-tion/p17054coll10/id/3175/>
- Arbeláez-Cortés E, Villamizar-Escalante D. y Rondón-González, F. (2020). On birds of Santander-Bio Expeditions, quantifying the cost of collecting voucher specimens in Colombia. *Acta biológica Colombiana*, 25(1), 37–60. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v25n1.77442ABSTRACTSe-veral>
- Bond, A.L., Carlson, C.J. y Burgio, K.R. (2019). Local extinctions of insular avifauna on the most remote inhabited island in the world. *J. Ornithol.*, (160), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s10336-018-1590-8>
- Bonilla-Ruz, C. R., G. Reyes-Macedo, y R. García. (2007). Observations of the Military Macaw (*Ara militaris*) in Northern Oaxaca, México. *Wilson. J. Ornithol.*, (119), 731–734.
- Botero-Delgadillo, E., y Páez, C. A. (2011). Estado actual del conocimiento y conservación de los loros amenazados de Colombia *Conservación Colombiana*, (14), 86–151.
- Cadena-Castañeda O.J., Quintana-Arias R.F., Rodríguez D.M.T., Sarmiento J.P.P. y Castellanos-Morales C.A. (2022). Studies on Neotropical crickets: *Aclodes paz* n. sp. a new phalangopsid cricket (Orthoptera: Phalangopsidae) from the Santander caves, Colombia. *Zootaxa*, 5141(6), 568–580.
- Campos, M.R. (2017). Two new species of freshwater, cave-dwelling crabs of the genus *Neostrengeria* Pretzmann, 1965, from Colombia (Crustacea: Decapoda: Pseudothelphusidae *Zootaxa* 4247, (2), 157–164
- Campuzano-Hoyos J. (2018). The Quest for Material Progress in Global Perspective: Colombia 1840s-1900s (Doctoral dissertation, University of Notre Dame).
- Castellanos-Morales C.A. (2018). A new species of cave catfish, genus *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae),

- from the Magdalena River system, Cordillera Oriental, Colombia. *Biota Colombiana*. (19), 117–130.
- Castellanos-Morales C.A. (2010). *Trichomycterus sketi* A new species of subterranean catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from the Andean Cordillera of Colombia. *Biota Colombiana*, 11(1,2), 33–41.
- Castellanos-Morales, C.A. (2008). *Trichomycterus uisae*: a new species of hypogean catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from the northeastern Andean Cordillera of Colombia. *Neotrop. Ichthyol.*, 6(3), 307–314.
- Castellanos-Morales, C.A. (2007). *Trichomycterus santanderensis* A new species of troglomorphic catfish (Siluriformes, Trichomycteridae) from Colombia. *Zootaxa* (1541), 49–55.
- Castellanos C.A., Moreno F. (2018) Ubicación y características generales de los ambientes subterráneos de La Paz. In: Castellanos CA, Moreno F (eds) *Cuevas, hoyos y grutas del municipio de La Paz (Santander, Colombia)*. Ediciones USTA, Colombia, pp 31–81.
- Castellanos-Morales, C.A., Bautista-Ortega, J., Santillán-Fernández, A., Huicab-Pech, Z.G., Poot-Delgado, C.A. y Sosa-González, W.E. (2023). Vertebrate cave fauna troglobite and troglophile of the karst system of La Paz, in the Andean Region of Colombia, with notes on local extinction record. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas.*, 27(2), 163–179.
- Castellanos, C.A., Moreno, F., Fernández, A., Malagón, L.M. y Pardo, D. (2018). Municipio de La Paz. Aspectos generales. En: C.A. Castellanos y F. Moreno (Eds.), *Cuevas, hoyos y grutas del municipio de La Paz (Santander, Colombia)* (pp.17–22). Ediciones USTA, Colombia. ISBN: 978-958-782-113-0
- Castellanos, C.A., Moreno, F., Malagón, L.M., Arango, Á.J., Pardo, D.D., y Méndez, M.A. (2015). Aportes al conocimiento y uso de los ecosistemas subterráneos del municipio de la paz (Santander). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 19(2):173–186.
- Castellanos-Morales, C.A. y Lasso, C. (2021). *Trichomycterus santanderensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021:e.T64792693A181734444. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T64792693A181734444.en>. Accessed on 29 October 2024.
- Cowlishaw G., Pettifor, R.A. y Isaac N.J. (2009). High variability in patterns of population decline: the importance of local processes in species extinction. *Proc. Royal Soc.*, 276(1654), 63–69.
- Cuervo, R. (1867). El hoyo del aire. Descripción de una de las maravillas que hai en la provincia de Vélez. En: J.M. Vergara y J.B. Gaitán (eds). *Almanaque de Bogotá i guia de forasteros para 1867*. (pp 288–295). Imprenta de Gaitán.
- Cuervo Márquez, L. (1938–1939) El Hoyo del Aire u Hoyo del Viento. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, 2(8), 516–518.
- DoNascimento, C. y Prada-Pedrerros, S.A. (2020). new troglomorphic species of *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) from north-eastern Colombia, with proposal of a new *Trichomycterus* subclade and remarks on some nominal species from Colombia. *Journal Fish Biology*, (96), 968–985. <https://doi.org/10.1111/jfb.14286>
- Expedición Polaca “Andes 75”. (1976). Informe sobre las exploraciones espeleológicas andinistas y científicas de la Expedición Polaca “Ande 75”. *Bol. Soc. Geog. Colomb.*, , 111(31), 1–18. https://www.sogecol.edu.co/documentos/exp_pol.pdf
- García, A.F., Vargas, A.G., y Estrada, M.G. (2022). New records and a new cave-dwelling species of Agoristenidae (Arachnida, Opiliones) from Colombia. *Zoosystematics Evol.*, 98(1), 55–63.
- Guerrero, J.A. (2002). A proposal on the Classification of System Tracts: Application to the Allostratigraphy and Sequence Stratigraphy of the Cretaceous Colombian Basin. Part 2: Berriasian to Hauterivian. *Geología Colombiana*, (20), 3–25. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/geocol/article/view/31580>
- Guzmán, G. (1985). Los Griferidos Infracretácicos *Aetostreon couloni* y *Ceratostreon boussingaulti*, de la Formación Rosablanca, como Indicadores de oscilaciones marinas. *Proyecto Cretácico: Publicaciones Geológicas especiales del Ingeominas*, (16), 1–16.
- Hershler R. y Velkovrh F. (1993). A new genus of Hydrobiid snails (Mollusca: Gastropoda: Prosobranchia: Risssooidea) from northern South America. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 106(1), 182–189.
- Hilty, S. L. y Brown, W.L. (2001). *Guía de las aves de Colombia*. Princeton University Press, American BirdConservancy-ABC, Universidad del Valle, SociedadAntioqueña de Ornitología-SAO, Cali. 1030 pp.
- Hilty, S. L. y Brown, W.L. (1986). *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 996 pp.
- Hof, B. (1978). *Recherches speleologiques en Colombie 1977*. Feder. Franc. Spel.
- Isaac, N.J.B. y Cowlishaw.G. (2004). How species respond to multiple extinction threats. *Proc. R. Soc.*, (271), 1135–1141. doi:10.1098/rspb.2004.2724

- IUCN (2024). The IUCN red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org/> (accessed: 1 jun. 2024).
- Lasso, C.A., Barriga J.C. y Fernández-Auderset, J. (Eds.) (2019). Volumen VII. Biodiversidad subterránea y epigea de los sistemas cársticos de El Peñón (Andes), Santander, Colombia. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 476 pp.
- Laverde-R, O., Gary-Stiles, F. y Múnera-R, C. (2005). Nuevos registros e inventario de la avifauna de la Serranía de las Quinchas, un área importante para la conservación de las aves (AICA) en Colombia. *Caldasia*, 27(2), 247–265.
- Mammola, S., Meierhofer, M.B., Borges, P.A.V., Colado, R., Culver, D.C., Deharveng, L. et al. (2022). Towards evidence-based conservation of subterranean ecosystems, *Biol. Rev.*, (97), 1476–1510.
- Malečkar, F., Naraglav, D. y Ramsak, S. (1990). Jame pri vasi Vereda El Tigre (La Paz, Santander, Kolumbija). *Bull. Speleol. Assoc. Slovenia*, (32), 16–25.
- Mendoza-Parada, J.E., Moreno-Murillo, J.M. y Rodríguez-Orjuela, G. (2009). Sistema Cárstico de la Formación Rosablanca Cretácico inferior, en la provincia santandereana de Vélez, Colombia. *Geología Colombiana*, (34) 35–44.
- Mesa, L.M., Lasso, C.A., Ochoa, L.E. y DoNascimineto, C. (2018). *Trichomycterus rosablanca* (Siluriformes, Trichomycteridae) a new species of hipogean catfish from the Colombian Andes. *Biota Colombiana*, 19(Sup 1), 95–116. <https://doi.org/10.21068/c2018.v19s1a09>
- Morales, L.G. (1958). General geology and oil occurrences of the Middle Magdalena Valley, Colombia. In: L.G. Weeks. (Ed). *Habitat of Oil: A Symposium: Tulsa, Oklahoma*, (pp. 641–695). American Association of Petroleum Geologists.
- Muñoz-Saba, Y. y Lasso, C.A. (2020). Biodiversidad cavernícola de Colombia: conocimiento, uso y conservación. En: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G y Hernández-Manrique, O.L. (Eds.). *Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 112p.
- Muñoz-Saba, Y., Baptiste, L.G. y Andrade, G.I. (1999). Reseña histórica de la Espeleología en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, 23(Sup. Esp.), 527–530.
- Muñoz-Saba, Y., Gonzales-Sanchez, I. y Calvo-Roa, N. (eds). (2013). *Cavernas de Santander, Colombia; Guía de Campo. Series de Guías de Campo del Instituto de Ciencias Naturales No 13*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Pérez-Torres, J., Martínez-Medina, D., Peñuela-Salgado, M., Ríos-Blanco, M.C., Estrada-Villegas, S. y Martínez-Luque, L. (2015). Macaregua: the cave with the highest bat richness in Colombia. *Check list*, 11(2), 1616.
- Petkovsky, T.K. (1988). Zur Cyclopidenfauna Kolumbiens. (Crustacea, Copepoda). *Acta Mus Maced Sci Nat.*, 1–2 (155), 39–64.
- Rodríguez, G. (1985). A new cavernicolous crab (Crustacea, Decapoda, Pseudothelphusidae) from Colombia. *Bioloski vestnik*, (2), 73–80
- Rodríguez-Mahecha, J.V. y Hernández-Camacho. J.I. (2002). *Loros de Colombia. Conservación Internacional. Tropical Field Guides Series 3*. Bogotá, D.C. Colombia. 478 pp.
- Sket, B. (1988) Speleobiological investigation in the Colombian Andes 1984. *Biolosky Vestnik*, 36(2), 52–62.
- Smith-Patten, B.D., Bridge, E.S., Crawford, P.H., Hough, D.J., Kelly, J.F. y Patten, M.A. (2015). Is extinction forever? *Public. Underst Sci*, 24(4), 481–95. doi: 10.1177/0963662515571489
- Speleo Colombia (2011). *El Peñon et La Paz, Santander. Cavernes 59*, 14–37.
- Tatsumi, S., Iritani, R. y Cadotte, M.W. (2021). Temporal changes in spatial variation: partitioning the extinction and colonisation components of beta diversity. *Ecology Letters*, (24), 1063–1072. <https://doi.org/10.1111/ele.13720>
- Woodruff, D.S. (2001). Populations, Species, and Conservation Genetics. In: Levin, S.A. (Ed) (2001). *Encyclopedia of Biodiversity*. Pp. 811–829. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226865-2/00355-2>.
- Yan, C., He, F., He, J. y Zhang, Z. (2022), The relationship between local and regional extinction rates depends on species distribution patterns. *Ecography*, 2022(2), 1–12. <https://doi.org/10.1111/ecog.05828>