

17

Fecha de presentación: diciembre, 2022

Fecha de aceptación: febrero, 2023

Fecha de publicación: abril, 2023

ESTUDIO GEOLÓGICO

Y GEOMORFOLÓGICO DE LA “CAVERNA DE DEUS”, SUMBE, ANGOLA

GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL STUDY OF THE “CAVERNA DE DEUS”, SUMBE, ANGOLA

Januário Cacilda-André¹

E-mail: januario1973@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8892-2576>

Gerardo Iglesias Montero²

E-mail: giglesias@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9719-2234>

Augusto José Fazenda¹

E-mail: ajfazenda@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0996-4685>

Marisol Isabel Martínez Iglesias²

E-mail: mimartinez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3391-3423>

¹ Instituto Superior de Ciências de Educação do Sumbe, República de Angola.

² Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cacilda-André, A., Iglesias Montero, G., José Fazenda, A., & Martínez Iglesias, M. I. (2023). Estudio geológico y geomorfológico de la “Caverna de Deus”, Sumbe, Angola. *Universidad y Sociedad*, 15(S1), 178-186.

RESUMEN

La “Caverna de Deus” está situada en las cercanías de la ciudad de Sumbe. Su potencial turístico unido a la estrecha relación con el río Cambongo ha motivado la realización de diferentes investigaciones geológicas y geomorfológicas. El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar su origen y evolución, el mapeo del basamento geológico de sus diferentes secciones para establecer la conexión espacial con las diferentes trayectorias que ha seguido el curso del río Cambongo. La caverna fue cartografiada en sus diferentes salones, donde se ubicaron las numerosas formaciones cársicas (espeleotemas, cavidades, bloques desprendidos), además de determinar sus dimensiones, las huellas del neotectonismo, así como la flora y la fauna que caracteriza el sistema. Como resultado principal se sostiene que las diferentes trayectorias seguidas por el río Cambongo en el tiempo guardan una estrecha relación con el proceso de formación del sistema cavernario.

Palabras clave: neotectonismo, topografía cársica, espeleotema, erosión fluvial.

ABSTRACT

The “Caverna de Deus” is located near the town of Sumbe, Republic of Angola. It's potential as a tourist attraction and strong relationship with the Cambongo River, have motivated the realization of different geological investigations. This paper aims to characterize its origin and evolution, based on the geological mapping of the main features that distinguish its compartments and the spatial link with the trajectories followed by the Cambongo River. The existence of several karstic phenomena within the cavern that were properly mapped, such as speleothems, windows, blocks, dimensions of the main rooms, in relation to neotectonism, as well as the flora and fauna that characterize this system. An analysis was also made of the different trajectories followed by the Cambongo River within the cavern in relation to its formation process.

Keywords: neotectonism, karstic landscape, speleothem, fluvial erosion.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XIX comienza la mención al paisaje kárstico, este término karst, como la mayoría de los nombres con que se denominan sus formas, tiene su origen en los Balcanes. Se refiere a un tipo de paisaje, extendido por diversas partes del planeta, modelado por la disolución de las rocas calizas por el agua. La terminología, aunque al principio resulta extraña por su origen serbocroata, ha sido aceptada internacionalmente. Así que presenta la ventaja de que “dolina”, “lapiez” o “polja” significan lo mismo en todas las lenguas del mundo. (Pellicer, 1997)

Desde ese momento se han realizado innumerables investigaciones a lo largo del planeta con el propósito de desentrañar las incógnitas que genera. Ante todo, por la singularidad que ofrecen las agrupaciones de formas desarrolladas sobre una masa de rocas solubles, muchas de las cuales se extienden bajo nuestros pies a manera de extensas galerías subterráneas. Sin dudas, todo un universo de inigualable belleza y riqueza natural y social, en su mayoría aún desconocida.

Todo ello hace del carso un fenómeno universal, debido en gran medida a que las rocas que lo originan, -básicamente calizas y dolomitas-, totalizan el 15% del total de rocas sedimentarias del planeta. De ahí que según el criterio de varios autores entre el 15 y 20 % de las tierras emergidas están, en mayor o menor grado, carsificadas (Colectivo de Autores, 2004).

En la misma línea de Galán (1991) afirmamos que “carso” es esencialmente un sistema y la “karsificación” un proceso asociado al establecimiento de una red de drenaje subterráneo (Galán, 1991). El conjunto de áreas que constituyen la geomorfología kárstica se puede compartimentar en tres dominios: (1) el somero o exocarso, (2) el subsuelo o epicarso y (3) el ambiente subterráneo o endocarso (Ford & Williams, 1989).

Los paisajes kársticos ocurren principalmente en regiones con abundantes precipitaciones, lo que asegura un flujo de agua suficiente para disolver grandes porciones de roca. También es importante la presencia de vegetación para lograr que el agua penetre en el suelo y no escape a la atmósfera, logrando así su acumulación en la zona freática.

El proceso de karstificación se inicia por la combinación del agua de lluvia o de los ríos superficiales con el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera o del suelo. El resultado es una solución de ácido carbónico (H₂CO₃), o agua ligeramente ácida (H₂O + CO₂ → H₂CO₃). Cuando esta agua pasa por las fisuras de las rocas provoca la

disolución de la calcita y otros carbonatos, principalmente como consecuencia de la formación de hidrógeno-carbonato de calcio mediante la reacción: CaCO₃ + H₂CO₃ → Ca (HCO₃)₂. De esta forma, los pequeños conductos por los que circulan estas aguas se convierten en grandes cavernas y otras cavidades kársticas.

Las cuevas no son elementos aislados; se ubican en un contexto más amplio: la masa que los contiene. Forman parte de un sistema de drenaje subterráneo. La clave para entender su génesis y desarrollo radica en la estructura, funcionamiento y evolución que experimenta el sistema en su conjunto (Galán 1991). Esto implica que al estudiar estas formas kársticas es necesario realizar un análisis integral de su ubicación, y en especial de la estructura geológica, litología y condiciones climáticas e hidrogeológicas que prevalecen en la zona.

Palmer (1991) establece una clasificación de las cavernas, atendiendo a la serie de pasajes que se interceptan y forman patrones distintivos, destacando los tipos: ramificados, encadenados, anastomóticos, ramiformes y esponjosos.

La evolución de las cuevas es un proceso muy complejo, que lleva al desarrollo de un sistema cavernario que puede llevar miles de años, generando grandes galerías en el proceso.

Bozak (2008) retoma las ideas de White (1988) al considerar tres fases de la espeleogénesis: (1) iniciación: ensanchamiento inicial de una fractura a un tamaño crítico; (2) avance: transición bastante súbita a disolución rápida, produciendo el crecimiento de una cueva incipiente en una verdadera caverna, y (3) expansión: crecimiento de una protogalería/caverna incipiente a tamaño de galería completa.

Cuando la zona freática disminuye naturalmente, por disolución y aumento de la permeabilidad de las capas inferiores, las galerías se vacían. Al llegar a la zona freática, el agua puede fluir bajo tierra, abriendo cavidades en la roca, principalmente por erosión química, aunque también puede ocurrir erosión mecánica en áreas vadasas (por encima de la zona freática). Las sales pueden precipitarse en capas geológicas inferiores o extraerse a través de manantiales o resurgencias.

Otros procesos, como la caída de bloques de roca fracturada, contribuyen a la expansión de estos espacios subterráneos, alcanzando grandes dimensiones.

En muchos casos, los techos que fueron sostenidos por la presión del agua pueden derrumbarse, creando áreas de agotamiento que provocan el derrumbe del techo de la cueva y el derrumbe del suelo sobre ellos, formando

así sumideros, que pueden convertirse en entradas a las cuevas.

A medida que el agua entra en la roca, se vuelve más básica y la armadura se vuelve constructiva. Los minerales extraídos de la roca sobre la caverna, al precipitarse y cristalizarse, crean espeleotemas, además sus formaciones rocosas son típicas de las cavernas, siendo las más conocidas las estalactitas, estalagmitas y columnas o túnicas.

Las cavernas son definidas por la Unión Internacional de Espeleología –UIS– como cualquier abertura natural de roca formada debajo de la superficie del terreno con dimensiones que permiten el acceso al ser humano (Auler & Piló, 2013), cubriendo completamente la fauna, los recursos hídricos, minerales y cualquier ambiente

En este escenario, las cuevas pueden ser espacios empleados para diferentes usos como estacionamientos, bibliotecas, museos e incluso para albergar conjuntos de equipos hidromecánicos o para el control de inundaciones. Tienen medidas bien definidas, con ancho, largo y alto estándar (Pacheco de Assis 2003).

El estudio y exploración de las cavernas subterráneas naturales se denomina espeleología. Abarca varias ramas de la ciencia, especialmente la geología, la biología, la hidrología, la geografía, la arqueología y la paleontología (Ganem, 2009). Una caverna consiste en:

... cualquier espacio subterráneo accesible al hombre, con o sin abertura identificada, popularmente conocido como cueva, gruta, abismo o hoyo, incluyendo su medio ambiente, contenido de agua y minerales, vida silvestre, flora y el cuerpo rocoso donde se insertan, siempre que se han formado por procesos naturales, independientemente de su tamaño o tipo de roca de anidamiento (p. 3).

Para comprender la génesis de las cuevas y su exploración es necesario estudiar sus antecedentes, ya que en este contexto constituyen patrimonio cultural y objeto de preservación, lo que demuestra su gran importancia en el orden geomorfológico, geológico, paleontológico, hidrológico, histórico-cultural, ambiental y socioeconómico.

El ambiente de las cavernas contiene una relación humana desde la antigüedad. Son refugios naturales de protección ante las condiciones del clima para animales y humanos, así como la existencia de agua potable en su interior. De ello son evidentes los registros de pinturas rupestres descubiertas en abrigos bajo roca y en las entradas de las cuevas, además de vestigios arqueológicos como piezas de cerámica, instrumentos de caza y pesca y enterramientos.

Próximo a la ciudad de Sumbe, capital de la provincia angolana de Kuanza Sul, se encuentra la “Caverna de Deus” popularmente conocida como Grutas da Sassa, se encuentra localizada en el kilómetro 13 de la carretera que enlaza las ciudades de Sumbe y Uku-Seles, en las márgenes del Río Cambongo. El trayecto hacia la misma se establece a través de un itinerario de aproximadamente 2 km desde una altitud de 235 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) en la carretera hasta 148 metros msnm, en la entrada de la caverna, siendo la diferencia de la pendiente de aproximadamente 87 metros. La gruta durante la etapa de la ocupación colonial portuguesa recibe el nombre de Caverna de Deus a partir de la interpretación dada a la alocución original para designar el lugar. Según la tradición oral los primeros habitantes llamaban la caverna “Furna da Bangula”, que en su lengua significaba la cara de Dios, debido a que en el interior de la espelunca existía una roca que semejaba la imagen de una deidad de los antiguos. Este nombre ha llegado hasta la actualidad, aunque se escucha con menor frecuencia.

La caverna está reconocida en el registro de las 27 maravillas naturales del país. Por su ubicación y su morfología sirvió de refugio y prácticas religiosas a los pobladores en la antigüedad. Más cerca en el tiempo, durante la colonización, fue utilizado por los portugueses como lugar de estancia para los nativos que serían vendidos como esclavos en el Nuevo Mundo. En el imaginario popular existe la idea de que en ocasiones su salón principal fue utilizado como iglesia. Su similitud con la de las catedrales más famosas es impresionante.

Sin duda, el sitio tiene un importante valor histórico, -todavía poco estudiado y que merece mayor investigación-, así como desde el punto de vista del desarrollo local puede convertirse en un recurso turístico. Es por ello que esta investigación tiene como objetivo una caracterización geomorfológica que revele los procesos que dieron origen a su formación, los espeleotemas que forman parte del sistema; y la implicación del curso del río Cambongo en su formación.

En la investigación se realizó un mapeo geológico que permitió distinguir el vínculo espacial del sistema cavernario con las diferentes trayectorias seguidas por el río Cambongo. Asimismo, se revelaron diferentes aspectos que serán de interés para el aprovechamiento turístico del sistema y su inserción dentro de un programa que involucre a la región.

La información visual que ofrece la Figura 1 permite apreciar la estrecha relación del río Cambongo en el origen y evolución del sistema cavernario. Tal como lo describe Amaral (2006), antes de sumergirse, el río recorre

aproximadamente 3,5 km en dirección este-oeste a través de un estrecho valle en forma de V, con una caída espectacular; luego pasa a un tramo sur-norte con un recorrido subterráneo de unos 850 m, bordeando la cueva. Su inmersión es cercana a los 170 m bajo la superficie que tiene una altitud de 270-280 m.

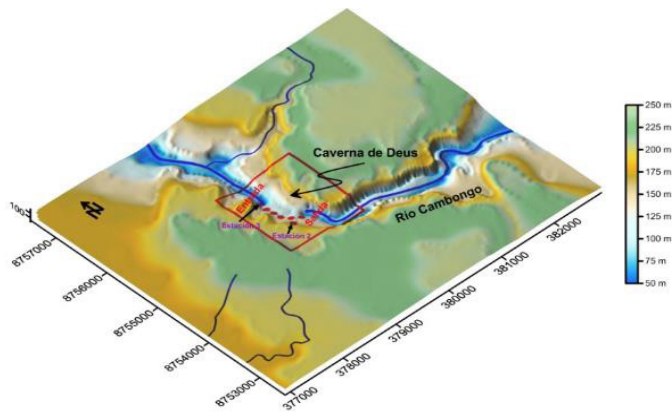


Figura 1. Localización de la “Caverna de Deus” mediante un Modelo de Elevación Digital.

(Fuente: André, 2017).

Las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) en las que se ubican la entrada y la salida de la caverna son:

	ENTRADA	SALIDA
X	379374 m	379682m
Y	8755576m	8754978m
Z	96m	148m

Según el esquema geológico (figura 2), el área donde se ubica la “Caverna de Deus”, constituye un corte carbonatado del período Cretácico, de edad Albiense medio/superior con un contacto discordante. Las formaciones más antiguas corresponden al Aptiano inferior y son discordantes sobre el Complejo Base. Están representados por arcillas laminadas con capas de yeso que coincidentemente están comprimidas por la Formación Binga de edad Aptiense, compuesta por calizas oolíticas y calizas subcristalinas, definiendo casi siempre una altura pronunciada a lo largo de la costa.

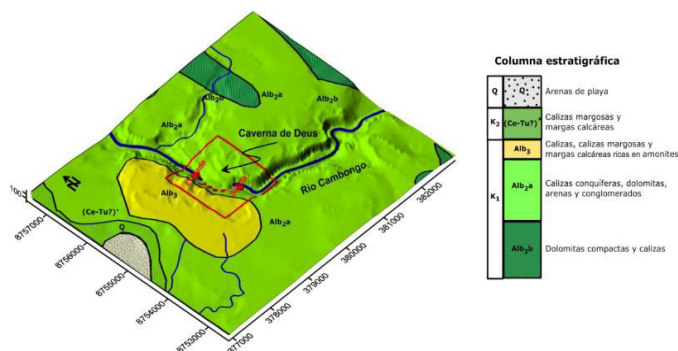


Figure 2. Geología del área de la “Caverna de Deus” (modificado de Lapão 1972).

En la secuencia estratigráfica continúan concurrentemente rocas del Albiense inferior, representadas por areniscas y conglomerados, con afloramientos de margas arcillosas e intercalaciones de yeso y anhidrita. Las secuencias Cenomaniano-Turoniano, que se distinguen por la presencia de capas fosilíferas de margas calcáreas, arenas y suelos rojizos (Amaral 2006), continúan en la sección estratigráfica.

En un informe sobre segmentación estructural, inversión y tectónica en la cuenca del Cuanza, Hudec & Jackson (2002) afirman que la cuenca del Cuanza ha sufrido tres episodios distintos de contracción debido a procesos tectónicos del sustrato desde el rifting. Sin embargo, lo que condujo a este proceso de deformación fue la reactivación de las zonas de fallas de transferencia, que se formaron durante la fractura de Gondwana y la apertura temprana del Atlántico Sur en el Cretácico Inferior.

Con base en estudios sísmicos, Hudec & Jackson (2004) opinan que la tectónica salina (diapiros) en la cuenca del Cuanza juega un papel crucial en el desarrollo de importantes campos petroleros. Estos autores concluyen que el desequilibrio en la distribución de los sedimentos salinos debe estar necesariamente relacionado con la elevación del sustrato bajo la cuenca del Cuanza.

La cuenca de Cuanza, a partir de pozos perforados en Cabo Ledo y Cacimbas, muestra que debajo de la formación Binga se encontraron varios cientos de metros de calcarenitas bioclásticas y oolíticas asociadas a calcáreas y corales rodeadas de anhidrita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos utilizados durante la investigación fueron la observación científica, la discusión en un grupo de especialistas -aprovechando su diversa formación profesional- y la lectura de mapas complejos. Al visitar el área de investigación coincidimos con Feio (1982) en la

importancia del río Cambongo en la formación de cuevas a lo largo de su recorrido. Las observaciones registradas en la presente investigación pretenden complementar estos resultados y determinar con mayor precisión algunas características morfométricas, con el fin de esclarecer la evolución de los procesos kársticos en relación a los recorridos subterráneos del mencionado río.

Para estos efectos se utilizaron diferentes instrumentos de medición, diseñados para conocer en su totalidad la extensión de las distintas salas que componen la espeleunca. También se realizó una caracterización de los espeleotemas, dimensiones de los bloques, características de los sedimentos en el suelo de la caverna y evidencias de flora y fauna. Al mismo tiempo, se realizaron mediciones de variables meteorológicas, entre ellas: temperatura, presión atmosférica y humedad del aire.

Para realizar las mediciones durante el estudio se establecieron tres estaciones:

La primera estación coincide con el inicio del itinerario, recibiendo explicaciones de las autoridades tradicionales, relacionadas con el lugar y los valores que los habitantes de la comunidad aledaña le atribuyen a la cueva.

La segunda estación observó la diferencia entre la altitud, el tope de la elevación y la trayectoria del río, enfatizando las terrazas de vegetación.

La tercera estación coincide con el final del itinerario, en ella se evaluaron los desprendimientos de materiales del techo de la cueva, así como otros túneles de salida que excavó el río y que posteriormente fueron abandonados. El criterio para delimitar los compartimentos -5 habitaciones- fue la fisonomía cóncava del techo de la cueva y las características del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El origen y evolución de la “Caverna de Deus” está fuertemente asociado a la infiltración de las aguas del río Cambongo en las secuencias de rocas carbonatadas (calizas coníferas y dolomitas) y areniscas del Albiano medio-superior. Es importante considerar la evolución de

las trayectorias del río Cambongo a su paso por las cavidades generadas por los procesos kársticos.

Características estructurales y morfológicas de la cueva.

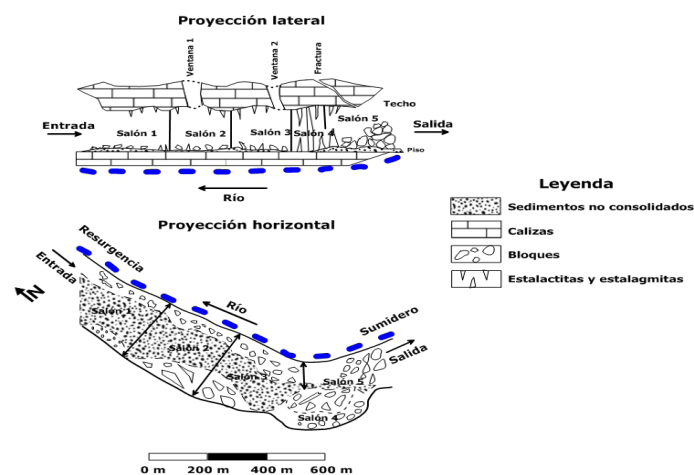


Figura 3. Vistas lateral y horizontal de la “Caverna de Deus” (Fuente: André, 2017).

Los resultados derivados del estudio de la “Caverna de Deus” permiten situarla en una categoría muy rudimentaria de tipo ramificado, debido al desarrollo de salas que presentan una disposición lineal y una forma ligeramente arqueada de su galería principal, en dirección Norte-Noreste. Esto, a su vez, nos permite considerarla como una caverna de un solo pasaje, ya que está conformada por una galería continua (Figura 3).

Esta configuración es consistente con Palmer (1991) quien afirma que las partes activas de la mayoría de las cuevas forman un patrón de recarga desde la superficie del suelo y que pocas están precondicionadas por un nivel freático independiente.

Según las mediciones realizadas, la “Caverna de Deus” tiene una longitud aproximada de 850 m desde el salón 1 (entrada) hasta el 5 (salida). En cada salón se realizaron las mediciones pertinentes (largo, ancho, alto), así como los parámetros meteorológicos (temperatura, presión y humedad relativa). (Tabla 1)

Tabla 1. Datos cartográficos y variables climáticas de los itinerarios del Grupo de Investigación del ISCED Sumbe

Estación	Temp. (° C)		Presión Atmosférica (hPa)	Localización UTM	Humedad Relativa (%)	Dimensiones (m)		
	Max.	Min.				Largo	Ancho	Alto
1	29	28,3	1001	X: 372645 Y: 8754485	56	-	-	-
2	29	28,7	1001	X: 379354 Y: 8754889	62	-	-	-

3	30	29,5	1002	X: 379359 Y: 8755528	64	-	-	-
Salón 1	30	29,5	1002	X: 379380 Y: 8755483	64	229	28.50	68.81
Salón 2	25	25	1002	X: 379413 Y: 8755263	64	271	66.00	59.30
Salón 3	25	25	1002	X: 379489 Y: 8755115	76	50	97.00	66.35
Salón 4	25	25	1002	X: 379561 Y: 8755006	67	182	72.30	59.71
Salón 5	26	25,6	1002	X: 379627 Y: 8755017	66	300	35.00	77.74
Salida	-	-	-	X: 379682 Y: 8754978	-	-	-	-
Total	27	26,7	1001	-	65	850	59.76	66.38

Fuente: André & Iglesias, 2017

Salón 1.

Se observa la presencia de grandes volúmenes de arena, producto de la hidroacumulación del antiguo cauce y su trabajo de erosión. En el suelo de la caverna, coincidiendo con esta, en la misma dirección, se encuentran enterrados bloques que evidencian un desprendimiento proveniente de su techo.

Hay filtración de agua, que se ve favorecida por la porosidad de la caliza, el espesor de las capas que se encuentran en la parte superior de la caverna y/o por la disolución natural de los carbonatos.

Las formaciones secundarias son insignificantes, debido principalmente a la filtración y la proximidad al exterior, lo que hace que la influencia de procesos exógenos actúe sobre ella directamente (corrientes de aire, calentamiento rápido).

En el techo se aprecia una abertura con una longitud aproximada de 180 metros. Tomando en consideración las características de la fractura (lineal, con un espejo estrecho y bien definido), es posible inferir que es el resultado de los movimientos neotectónicos que afectaron la región.

En la actualidad no ha habido deslizamientos ni caída de bloques, lo que no quiere decir que en el pasado se produjeran derrumbes motivados por la corriente del río, que en su momento provocó meteorización, desagregación y transporte. Las evidencias son los afloramientos de estos bloques que se observan en varias partes de la sala, aunque una parte de ellos estaban cubiertos por sedimentos de arena que se depositaron cuando el río salió de su cauce.

Salón 2.

El suelo presenta una morfología irregular, compuesto por arena de grano fino. Debe su origen a la cantidad de bloques que se encuentran en el trayecto que provocó la disminución de la velocidad de la corriente del río, dando como resultado la acumulación de partículas más ligeras. La caída de bloques que se acumulan en los costados, debido a la humedad que penetra por el tragaluz, se expande por el muro y debilita los estratos sedimentarios. La presencia del primer tragaluz puede ser consecuencia de la disolución kárstica de las aguas aciduladas producto del drenaje natural de las lluvias, el cual se amplió debido al debilitamiento de la capa caliza y al aumento de la erosión. Las formaciones de estalactitas secundarias en las paredes de ambas partes del salón favorecen la acumulación y la filtración más lenta.

Salón 3.

La iluminación de la sala es insuficiente, con una filtración lenta que da lugar a la existencia de formaciones secundarias en el techo de la caverna (estalactitas), de dimensiones mayores que en la sala anterior, dadas las condiciones ambientales favorables a su crecimiento.

Existen bloques calizos, que sufrieron poco transporte, por su volumen, forma y peso, que en un punto interrumpieron el cauce del río, quedando en este lugar un meandro encajonado, actualmente seco, con gran acumulación de arena y sedimentos organogénicos (troncos de árboles y restos óseos de animales) en su lecho. Tiene una salida al sur-sureste, donde los grandes bloques interrumpían la circulación del río hacia el exterior.

Salón 4.

Ubicado en dirección este-noreste, convirtiéndose en un ramal de la galería principal. Formado por un bloque monolítico que ocupa la totalidad del salón. La presencia previa del río se manifiesta en los procesos hidroacumulativos de arenas y sedimentos biogénicos que bordean el bloque por su lado derecho.

Al fondo del salón, en dirección al lado izquierdo, en una pequeña pendiente, se ubican dos pequeños agujeros, interrumpidos por grandes bloques, por lo que anteriormente estos pudieron tener una dimensión mayor. Esta pudo haber sido una de las primeras entradas del río a la caverna, la cual fue interrumpida por la caída de bloques que obstruían esta entrada.

En el lado derecho de la sala hay un gran número de formaciones secundarias o espeleotemas (estalactitas, estalagmitas, columnas, túnicas o cortinas). En sus paredes se aprecia a simple vista el agua que es almacenada por los habitantes del lugar para su consumo, siguiendo la tradición de los más antiguos que afirmaban poseer funciones curativas, especialmente como analgésico dental.

Las formaciones secundarias se encuentran en diferentes etapas de desarrollo, algunas de ellas en etapas incipientes, mientras que otras están completamente formadas. En esta sala se encuentran las principales formaciones secundarias de la cueva. Son columnas de 14 metros de altura, desde la base hasta el techo, aunque pueden ser más altas, si se considera que sus raíces están por debajo de las arenas acumuladas. El diámetro de la estalactita más grande era de aproximadamente 4,70 m con una longitud de 3,18 m.

Salón 5.

Las acumulaciones de bloques de tamaños variables, que están dispuestos irregularmente, indican un gran colapso. El tamaño y el volumen de los bloques se hizo mayor en la medida que se penetraba en el salón. La disposición de estos bloques dificulta el acceso al río.

Evolución en el tiempo de la trayectoria del río Cambongo.

Los encuentros realizados por el grupo de discusión arrojaron generalizaciones sobre las diferentes trayectorias

seguidas por el río a través de la caverna y la relación con su proceso de formación. Para elaborar esta hipótesis se tuvo en cuenta los sedimentos fluviales acumulados en el interior de la caverna, los desprendimientos de bloques que en su momento obstruyeron la circulación subterránea del río y los movimientos neotectónicos. Esto resultó en 4 trayectorias que fueron transitando en el tiempo a medida que ocurrían eventos que impedían la circulación subterránea del río por el cauce anterior (Figura 4).

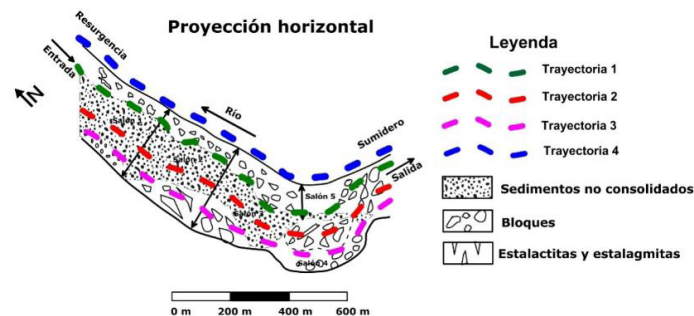


Figure 4. Posibles trayectorias subterráneas del río Cambongo.

Fuente: André, 2017

A continuación, se explica cada una de las trayectorias:

Trayectoria 1.

Constituye la primera evidencia de circulación subterránea del río Cambongo, marcada por acumulaciones de dunas de arena de grano fino, resultantes de la deposición del río. A la entrada del Salón 1 se aprecian estalactitas y pequeñas cavidades en las paredes de la caverna que indican la obra del río. No hay derrumbes ni caída de bloques, pero en el suelo es posible observar algunos fragmentos de brechas calizas y pequeños conglomerados de cuarzo.

En el sector izquierdo de la caverna se observa una sedimentación gradacional consistente en la transición de arenas gruesas a finas hacia arriba en el corte distribuidas por las salas. La disposición de estos sedimentos fluviales es la prueba más completa de la trayectoria seguida por el río a su paso por la espelunca. Si se compara con el resurgimiento, esta trayectoria más antigua tiene más volumen debido al constante derrumbe de bloques grandes y pequeños, así como a la presencia de arena.

Trayectoria 2.

Surge como consecuencia de la obstrucción del sumidero del río en el Salón 4 por la caída de bloques de diferentes dimensiones, que lo llevan a rectificar su curso, sumergiéndose nuevamente en la caverna por lo que hoy es el tramo central del Salón 5. A través de este pudo seguir su curso libremente hasta resurgir en el Salón 1.

Trayectoria 3.

La caída de un bloque monolítico entre los Salones 5 y 3, - en el espacio que ocupa el Salón 4-, provocada por el debilitamiento de las rocas como consecuencia de la infiltración del agua, creó una barrera que impedía el paso del río por el interior de la caverna. En esta zona se aprecia la presencia de un meandro abandonado que evidencia la corrección del curso del río buscando un desagüe para su salida por el Salón 1, situada a la derecha de la caverna.

Trayectoria 4.

El último trayecto del río en el interior de la caverna fue interrumpido por un desprendimiento de gran cantidad de bloques en el sumidero, junto con movimientos neotectónicos ascendentes que provocaron un desnivel entre la base de la caverna y el cauce del río. Esto produjo una nueva corrección de la trayectoria del río, lo que generó un nuevo sumidero en proceso de expansión ubicado unos metros a la izquierda del anterior, siendo en este momento de pequeño diámetro. El trayecto subterráneo del río continúa erosionando las rocas contiguas a la caverna, lo que prevé la expansión del sistema cavernario.

CONCLUSIONES

La aplicación de diferentes métodos para la obtención de información donde se combinó el trabajo de campo y de gabinete, facilitó las discusiones para llegar a los resultados sobre el origen de la "Caverna de Deus" y el papel que jugó el río Cambongo en este proceso.

La "Caverna de Deus" tuvo su origen en los procesos de disolución kárstica, siendo el río Cambongo el principal agente de la formación endocársica.

Los procesos neotectónicos ocurridos durante el período Terciario de la era Cenozoica elevaron la región, provocando líneas de fracturas en el material rocoso del techo de la caverna, que la debilitó y posteriormente colapsó por acción de la gravedad y disolución por infiltración.

La acumulación desordenada de grandes bloques y variadas formas en el curso del río provocó la evolución de su trayectoria; por lo tanto, hay varios sumideros y resurgimientos en lugares muy cercanos entre sí.

Los bloques en el suelo obstruyen el flujo del río lo que hace que cambie su trayectoria hacia otra oquedad cercana a la salida. Esta puede ser la explicación del origen de la caverna y la formación de otra, tan cercana, que en un futuro puede conducir a la formación de un sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Amaral, I. 2006: O rio Cambongo-Negunza e os seus afluentes: um exemplo da complexidade de padrões de drenagem em Angola. *Finisterra- Revista Portuguesa de Geografia*, **XLI** (82): 15-48.
- Pacheco de Assis, A. (2003). Soluções subterrâneas para problemas urbanos. *Noticias da Construção* (revista). Suplemento qualidade na construção. Sinduscon SP, *Notícias da Construção*, **11**. 18-20.
- Auler, A. S. & Piló L. B. (2013). Geoespeleologia In: IV Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental, *ICMBio/CECAV*, 25-44. <http://www.icmbio.gov.br/cecav/publicacoes/24-curso-de-espeleologia-e-licenciamento-ambiental.html>
- Bozak, P. (2008). Karst processes and time. *Geólogos* **14** (1), 19-36.
- Colectivo de Autores. (2004). *El mundo subterráneo*. Editorial Academia.
- Feio M. (1982). O curso subterráneo del rio Negunza (Angola). *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia*, **XVII**(33), 153-159.
- Ford C. & Williams P. (1989). *Karst geomorphology and Hydrology*. London. Unwin Hyman.
- Galán, C. (1991). Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y rocas silíceas: un estudio comparado. *MUNIBE (Ciencias Naturales)*, **43**, 43-72.
- Ganem R. S. (2009). *As cavidades naturais subterrâneas e o decreto nº 6.640/2008*. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/as-cavidades-naturais-subterraneas-e-o-decreto-no-66402008-.pdf>
- Hudec, M. R. & Jacson, M. P. A. (2002). Structural segmentation, inversion, and salt tectonics on a passive margin: Evolution of the inner Kwanza Basin, Angola. *Geological Society of America Bulletin*, **114**, 1222-1244.
- Hudec, M.R & M.P.A. Jackson. (2004). Regional restoration across the Kwanza Basin, Angola: salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **88**, (7), 971-990.
- Lapão, L. (1972). *Notícia Explicativa da folha 184 – Novo Redondo, da Carta Geológica de Angola, escala 1:100 000*. Direção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas, Luanda.

Palmer, A. N. (1991). Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103, 1-21.

Pellicer Corellano, F. (1997). El karst: cuevas, simas y dolinas. *Naturaleza de La Rioja*, 89-104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6078688>

White, W.B. (1988). *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. Oxford University Press, New York.