



Gasterópodos terrestres de Chichén Itzá, Yucatán, México

Terrestrial gastropods from Chichén Itzá, Yucatán, Mexico

HELGA GEOVANNINI-ACUÑA¹ , EDNA NARANJO-GARCÍA^{2*} 

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida, Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, Municipio de Ucú, C.P. 97357, Yucatán, México.


²Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Apartado Postal 70-153, C.P. 04510, Ciudad de México, México.



Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

*Autor corresponsal:

 Edna Naranjo-García,
naranjo@unam.mx

Cómo citar:

Geovannini-Acuña, H., Naranjo-García, E. (2025) Gasterópodos terrestres de Chichén Itzá, Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 41, 1–19.

10.21829/azm.2025.4112755
elocation-id: e4112755

Recibido: 25 febrero 2025
Aceptado: 02 septiembre 2025
Publicado: 22 octubre 2025

RESUMEN. Este estudio analiza la distribución y diversidad de conchas de gasterópodos terrestres en tres tipos de relieve de Chichén Itzá: una planicie, una colina y una dolina, a través de la excavación de tres pozos estratigráficos. Se identificaron 1,429 especímenes pertenecientes a nueve especies, ocho géneros, seis familias y cuatro órdenes. Los resultados revelan que *Neocyclotus dysoni* es la especie más abundante, representando el 74.6 %, 38.5 % y 41.16 % en la planicie, la colina y la dolina, respectivamente. Otras especies destacadas incluyen *Halotudora gagei* y *Choanopomops largillierti*. Asimismo, se detectó un número reducido de ejemplares de *Averellia coactiliata*, *Bulimulus unicolor*, *Euglandina cylindracea*, *Euglandina* sp., *Helicina* sp. y *Streptostyla* sp. La densidad de caracoles varió significativamente entre los pozos y horizontes. El horizonte superficial de la dolina presentó la mayor densidad, seguido



por la colina y la planicie. En esta última, los horizontes profundos mostraron una baja densidad, reflejando condiciones menos favorables para la preservación de las conchas. La diversidad y equitatividad fueron más altas en la colina, donde las condiciones sombreadas y la alta materia orgánica favorecieron una distribución equilibrada de las especies. Además, se sugiere que factores edáficos y microambientales —humedad, sombra, materia orgánica y pH alcalino— influyen en la composición de las comunidades malacológicas. Los resultados proporcionan un punto de partida significativo para entender la relación entre las condiciones ambientales y la distribución de los gasterópodos en paisajes kársticos.

Palabras clave: conchas; distribución; diversidad; karst; malacofauna terrestre; sitio arqueológico

ABSTRACT. This study analyzes the distribution and diversity of terrestrial gastropods shells in three types of landforms at Chichén Itzá: a plain, a hill, and a doline, through the excavation of three stratigraphic pits. A total of 1,429 specimens were identified, belonging to nine species, eight genera, six families, and four orders. The results reveal that *Neocyclotus dysoni* is the most abundant species, accounting for 74.6%, 38.5%, and 41.16% in the plain, hill, and doline, respectively. Other notable species include *Halotudora gaigei* and *Choanopomops largillierti*. Likewise, a low number of specimens of *Averellia coactiliata*, *Bulimulus unicolor*, *Euglandina cylindracea*, *Euglandina* sp., *Helicina* sp., and *Streptostyla* sp. were recorded. Gastropod density varied significantly between the pits and horizons. The surface horizon of the doline showed the highest density, followed by the hill and the plain. In the plain, deeper horizons exhibited lower densities, reflecting less favorable conditions for shell preservation. Diversity and evenness were highest in the hill, where shaded conditions and high organic matter favored a balanced distribution of species. Moreover, it is suggested that edaphic and microenvironmental factors — humidity, shade, organic matter, and alkaline pH— influence the composition of malacological communities. The results provide a significant starting point for understanding the relationship between environmental conditions and gastropod distribution in karstic landscapes.

Key words: archaeological site; distribution; diversity; karst; shells; terrestrial malacofauna

INTRODUCCIÓN

México destaca por su notable diversidad de gasterópodos terrestres, con un total de 1,184 especies registradas. No obstante, se estima que solo se conoce aproximadamente el 35% de los moluscos terrestres y de agua dulce en México y América Central (Thompson, 2011). En la Península de Yucatán destaca la presencia de las familias Annulariidae, Neocyclotidae, Euconulidae, Ferussaciidae, Megalomastomatidae, Achatinidae, Scolodontidae, Thysanophoridae y Truncatellidae (Naranjo-García & Fahy, 2010) entre otras. Esta diversidad taxonómica refleja la riqueza biológica y ecológica de la región.

El interés en documentar la riqueza malacológica en esta zona se remonta a los trabajos pioneros de Phillips (1846), Pilsbry (1892) y de Bequaert y Clench (1931, 1933, 1936, 1938), quienes realizaron los primeros estudios sistemáticos sobre los moluscos terrestres de la Península de Yucatán. Sus estudios sentaron las bases para futuras investigaciones al compilar registros, analizar variaciones de especímenes y describir nuevas especies.

Posteriormente, Harry (1950) amplió este conocimiento al documentar la malacofauna regional con observaciones ecológicas, taxonómicas y de distribución de 29 especies recolectadas en diversas localidades de Yucatán incluyendo Chichén Itzá. De la misma manera, Richards (1937) recolectó trece especímenes de caracoles terrestres durante su visita al sitio, mientras que Bequaert y Clench (1933) realizaron esfuerzos similares, contribuyendo significativamente al registro de la fauna malacológica en esta zona arqueológica. Recientemente Naranjo-García y Castillo (1998) realizaron un estudio sobre los caracoles terrestres de zonas arqueológicas mayas.

Aunque en Yucatán se han reportado 57 especies y subespecies de gasterópodos terrestres (Thompson, 2011), la información existente se limita principalmente a su identificación taxonómica. Persisten vacíos en el conocimiento de su ecología —en particular, en las respuestas a gradientes ambientales (humedad, precipitación, cobertura vegetal, suelos) y en la caracterización de dinámicas poblacionales (abundancia, estructura)—, ámbitos escasamente abordados en la región. Esta brecha limita un entendimiento integral de la malacofauna terrestre y subraya la necesidad de estudios focalizados que exploren la interacción entre los gasterópodos y su entorno en sitios de alta relevancia biocultural como Chichén Itzá.

Si bien este estudio no se centra en el análisis tafonómico, reconoce la influencia de los procesos postdeposicionales lo cual resulta clave para interpretar adecuadamente el registro malacológico. En este sentido investigaciones realizadas en contextos con suelos ricos en carbonato han demostrado que factores como la mineralización secundaria, la bioturbación y las condiciones de humedad pueden afectar la preservación de las conchas y modificar la composición observable de los conjuntos (Yanes *et al.*, 2011). Así, este trabajo constituye un primer paso al documentar la presencia y distribución de gasterópodos terrestres en contextos arqueológicos del norte de Yucatán, y ofrece una base para futuras investigaciones que integren una perspectiva tafonómica más amplia.

Por estas razones, Chichén Itzá, localizado en el municipio de Tinum, al oriente del estado de Yucatán (Fig. 1), representa un área de alto valor cultural y natural, ideal para profundizar en el estudio de la malacofauna terrestre. Este sitio que ha sido reconocido como Patrimonio Mundial por la UNESCO y como una de las Siete Maravillas del Mundo Moderno, ha mantenido una ocupación relativamente continua desde hace nueve siglos con periodos de construcción monumental especialmente hacia 800 a 1100 d.C. (Osorio-León, 2006).

Asimismo, Chichén Itzá se encuentra en un ecosistema adaptado a suelos calcáreos y climas cálidos subhúmedos con una estación seca prolongada (CONABIO, 1999; Durán & García, 2010). El clima se clasifica como cálido húmedo tropical Ax'(W1) (García, 2004), con dos estaciones diferenciadas: la temporada fría (octubre a febrero) y la temporada cálida o "de secas" (marzo a septiembre). La temperatura media anual es de 25°C. Durante la temporada fría, las temperaturas mínimas pueden descender hasta 14°C en invierno, siendo enero el mes más frío. En la temporada cálida, las temperaturas máximas alcanzan los 35.3°C, siendo mayo el mes más caluroso del año (SMN, 2024).

La vegetación predominante de la selva mediana subcaducifolia incluye árboles de entre 8 y 15 metros de altura, como *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Metopium brownei* (Jacq.) Urb., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Manilkara zapota* (L.) P. Royen y *Sabal yapa* C. Wright ex Becc. También se encuentran arbustos, epífitas y trepadoras, además de algunas cactáceas.



Figura 1. Ubicación de la zona arqueológica de Chichén Itzá, Yucatán, México.

El sitio se ubica en un paisaje kárstico calizo caracterizado por relieves ondulados, planicies estructurales, lomeríos, depresiones y cavernas (Duch, 1988; Lugo-Hubp *et al.*, 1992). Estas características fueron corroboradas durante el recorrido de superficie, en el cual se observaron colinas onduladas con una disposición irregular y una altura máxima de 30 m snm, acompañadas de pequeñas planicies y depresiones kársticas. Entre estas últimas, la dolina es la forma más común, reconocible por su contorno circular, con diámetros que pueden variar desde unos pocos metros hasta un kilómetro (Aguilar *et al.*, 2016). Las formas del relieve del sitio presentan distintos tipos de suelo. En las colinas los suelos más comunes son los leptosoles o *boox luum* en lengua maya y en las planicies y depresiones los cambisoles o *kankab* en lengua maya (Bautista *et al.*, 2011).

A partir de estas características del relieve, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cómo varían la diversidad y la frecuencia de las conchas de gasterópodos terrestres entre las colinas onduladas, las planicies y las depresiones kársticas de Chichén Itzá a partir del registro estratigráfico? Para responder a esta interrogante, se identificó y analizó la diversidad y frecuencia de las especies de gasterópodos terrestres presentes en estos tres tipos de relieve, con el objetivo de evaluar la relación entre su distribución y las características de cada forma del paisaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Del 30 de marzo al 12 de abril de 2023 se excavaron tres calicatas (dos de 1 m² y una de 2 m²) al norte del Templo Norte de Chichén Itzá, fuera de la Gran Nivelación, en un área representativa de los principales tipos de relieve de la región. Se seleccionó un entorno natural sin estructuras ni vestigios arqueológicos visibles, que incluyera una planicie, colina y dolina, separados naturalmente por aproximadamente 30 m.

El Pozo A estuvo ubicado en un área plana con árboles de hasta diez metros de altura, con múltiples arbustos espinosos y fragmentos de ramas los cuales dificultan el paso. Los troncos eran notablemente delgados y la humedad ambiental era perceptiblemente menor en comparación con otros entornos del sitio. Entre las especies dominantes se observaron *B. simaruba*, *Bromelia karatas* L., *P. piscipula*, *Brosimum alicastrum* Sw., *Psidium sartorianum* (O. Berg) Nied. y *Cecropia peltata* L. Además, se identificó el boobtúum (*Anthurium schlechtendalii*, Kunth), el cornezuelo (*Vachellia collinsii* Saff.) y diversas especies de bejucos.

El Pozo B se localizó en la cima de una colina con afloramientos rocosos con condiciones más sombreadas debido al desarrollo de árboles más grandes, de alrededor de 15 m, que generan un dosel cerrado. Estas características facilitaban el tránsito en la zona y la formación de un microclima más fresco y húmedo en comparación con la planicie. Las especies dominantes incluyeron a *B. simaruba*, *P. piscipula* y *M. zapota*. Además, se observaron múltiples hierbas y arbustos como *Lantana camara* L. y también *B. karatas*.

Posteriormente el Pozo C se excavó en una dolina con condiciones de alta humedad y una mayor presencia de sombra debido a la densidad del follaje y a los árboles más desarrollados, que alcanzaban alturas de hasta 15 m. Entre las especies identificadas se encuentran *B. simaruba*, *B. alicastrum* y *M. brownei*. También se observó la palma de guano (*S. yapa*) y numerosas plantas de cordoncillo (*Piper* sp.).

Tras la inspección y registro de las condiciones del área, las calicatas se excavaron aplicando la metodología arqueológica estándar, incluyendo el registro estratigráfico detallado y la excavación por lotes, de acuerdo con los distintos horizontes del suelo (Carandini, 1997). El sustrato obtenido de cada horizonte se cribó utilizando una criba armada con tela de alambre de acero con calado de cuadro de 5 × 5 mm, removiendo con cucharillas plásticas con el mayor cuidado posible para evitar romper los especímenes. Cabe señalar que debido a la compactación del sustrato y la textura arcillosa del suelo —que tiende a formar agregados duros y nodulares—, se realizó una revisión minuciosa para recuperar manualmente los ejemplares de menor tamaño que fueron visibles durante el proceso de cribado. No obstante, las condiciones físicas del sedimento impidieron desagregar adecuadamente el material fino, lo que limitó el uso de mallas más estrechas. A ello se sumaron restricciones logísticas, de equipo y de tiempo durante el trabajo de campo, que condicionaron la posibilidad de aplicar técnicas de tamizado en húmedo u otros procedimientos más exhaustivos para la recuperación sistemática de micromoluscos y juveniles.

Como resultado de este proceso se recuperaron todas las conchas de gasterópodos y sus fragmentos, mismas que se reservaron en bolsas de papel tras lo cual se secaron a temperatura ambiente por una semana. Posteriormente se sacudieron con un pincel para eliminar el sustrato residual y finalmente se guardaron en bolsas plásticas perforadas, etiquetaron con la información del contexto y resguardaron en un lugar seco y oscuro.

Tras la excavación, las conchas de los gasterópodos fueron clasificadas, contadas y fotografiadas. El análisis de las conchas de gasterópodos recuperadas involucró su identificación, clasificación, cuantificación y frecuencia siguiendo metodologías malacológicas estandarizadas (Hammond, 2013). Cada espécimen fue cuidadosamente examinado para identificar las características taxonómicas. Para cuantificar el conjunto, se obtuvo el Número Mínimo de Individuos (NMI), calculado mediante el conteo de las partes diagnósticas por especie (Hammond, 2013).

Además de las distintas especies de caracoles presentes fue relevante conocer su densidad la cual proporciona perspectivas complementarias para interpretar el registro malacológico. La densidad por metro cuadrado revela cómo se distribuyen los caracoles horizontalmente en la superficie excavada. La densidad por metro cúbico permite evaluar la concentración de caracoles en el sedimento, tomando en cuenta la profundidad y el volumen excavado. Esta información es relevante en contextos estratificados donde los caracoles pueden estar depositados en diferentes profundidades, reflejando procesos de formación del suelo o acumulación a lo largo del tiempo. También facilita la identificación de cambios en la concentración de caracoles entre diferentes horizontes o niveles estratigráficos.

Para el análisis de la diversidad de gasterópodos terrestres en los tres horizontes de suelo, se emplearon varios índices ecológicos que permitieron caracterizar la riqueza de especies, la equitatividad en la distribución de los individuos y la dominancia de ciertos taxones en la comunidad. Los cálculos se realizaron utilizando el software PAST, reconocido por facilitar el análisis estadístico de datos ecológicos (Hammer *et al.*, 2001). Para una descripción detallada de los cálculos, puede consultarse a Harper (1999). Se incluyó una categoría de no identificado en el análisis de diversidad, representando aquellos fragmentos que no pudieron ser determinados. También se calcularon los siguientes índices (Hammer *et al.*, 2001; Harper, 1999):

Riqueza de especies: Representa el número total de taxones presentes en cada horizonte, proporcionando una medida básica de biodiversidad alfa y permitiendo comparar la cantidad de especies entre diferentes condiciones de suelo y relieve.

Índice de Simpson (1-D): Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies diferentes. Sus valores oscilan entre 0 (baja equitatividad) y 1 (alta equitatividad).

Índice de Dominancia (1-Simpson): Evalúa la concentración de la abundancia en una o pocas especies, donde valores cercanos a 1 indican mayor dominancia.

Índice de Shannon (H'): Considera tanto el número de especies como su abundancia relativa, variando desde 0, cuando solo hay una especie presente, hasta valores altos en comunidades diversas y equitativas.

Equitatividad de Shannon: Evalúa la uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies, calculada dividiendo el índice de Shannon por el logaritmo del número total de especies.

La identificación del color del suelo se llevó a cabo con la tabla Munsell (Munsell, 2010); el carbono orgánico total (COT) se determinó mediante el método de digestión húmeda (oxidación del C), empleando un factor de corrección 1.298 (Walkley & Black, 1934). El pH del suelo se determinó en suspensión suelo-agua siguiendo el procedimiento descrito por Van Reeuwijk (2002). La identificación de los fragmentos cerámicos se realizó siguiendo el sistema tipo-variedad (Smith *et al.*, 1960).

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar y comparar las diferencias en la estructura comunitaria de los gasterópodos en función de su abundancia, diversidad y distribución en los distintos horizontes de suelo, proporcionando una visión integral de la biodiversidad en estos contextos.

RESULTADOS

Las características de los pozos excavados son fundamentales para entender la relación entre el tipo de relieve, las condiciones del suelo y la distribución de los gasterópodos terrestres. A continuación, se presentan sus condiciones de manera detallada.

La excavación del pozo A de 1 × 1 m se llevó a cabo en un área plana con terreno arcilloso clasificado como Cambisol calcárico ubicado en las coordenadas 20.685°N, 88.570°W. En este pozo se identificaron cuatro horizontes antes de alcanzar la roca madre, a una profundidad de 120 cm. El horizonte superficial, de 19 cm de grosor, presentó un color café oscuro rojizo (5YR 2.5/2), pH de 7.94 y una textura franco-limosa con materia orgánica moderadamente descompuesta y con un 3.41% de carbono orgánico total. El segundo horizonte, con un grosor promedio de 16 cm, mostró un color seco café muy oscuro (7.5YR 2.5/3), pH de 8.14 y una textura franco-limosa similar. Además se hallaron 2 tiestos del periodo Clásico Terminal (800/830-920/950 d.C.). El tercer horizonte, de 14 cm de grosor, presentó un color seco rojo oscuro (2.5YR 2.5/4), pH de 8.16 y una textura franco arcillo-limosa. En este horizonte además se identificaron 4 tiestos del periodo Clásico Terminal. Por debajo, el cuarto horizonte tuvo un grosor promedio de 67 cm.

En la cima de una colina se excavó el Pozo B de 1 × 1 m en las coordenadas 20.685°N, 88.570°W. El suelo corresponde a un Leptosol esquelético, caracterizado por estar poco desarrollado y con un alto contenido de fragmentos de roca. El grosor promedio del horizonte excavado fue de 23 cm, con un color negro (5YR 2.5/1) con pH de 7.78. La matriz presentó una textura franco-arenosa con materia orgánica moderadamente descompuesta. Además, se encontraron abundantes fragmentos de roca caliza subangulares y tuvo un 3.62% de carbono orgánico total. Asimismo se identificaron 7 tiestos de los periodos Clásico Terminal (800/830-920/950) y Postclásico (920/950-1150/1200 d.C.).

En la parte más baja de una dolina se excavó una calicata de 2 × 1 m localizada en las coordenadas 20.685°N, 88.570°W. El suelo corresponde a un Cambisol esquelético, caracterizado por un horizonte poco desarrollado y un alto contenido de fragmentos rocosos. El grosor promedio del horizonte excavado fue de 19 cm, presentando un color café gris muy oscuro (5YR 3/1) y un pH de 7.79. La matriz presentó una textura arenosa con materia orgánica moderadamente descompuesta. Se identificaron abundantes gravas gruesas angulares y tuvo un 3.34% de carbono orgánico total. Además se hallaron 18 tiestos del periodo Clásico Terminal (800/830-920/950 d.C.).

A partir de estos tres pozos se identificaron 1429 especímenes que incluyen nueve especies, ocho géneros, seis familias y cuatro órdenes que pueden apreciarse en el Cuadro 1 y Figura 2.

En el Pozo A ubicado en una planicie se encontraron 118 conchas de gasterópodos terrestres (Cuadro 2). En el Horizonte 1, se observó la mayor diversidad, con la presencia de ocho especies distintas. La especie más abundante en este horizonte fue *N. dysoni* (52 individuos), mientras que otras especies como *H. gaigei*, *C. largillierti*, *Helicina* sp., *A. coactiliata*, *B. unicolor*, *E. cylindracea* y *Euglandina* sp. fueron menores a una decena.

En el Horizonte 2, solo se encontró la especie *N. dysoni*, pero en una cantidad muy baja con solo 3 individuos. En contraste, el Horizonte 3 presentó mayor abundancia de *N. dysoni* con 33 individuos.

Cuadro 1. Ordenes, familias y especies identificadas en Chichén Itzá.

Orden	Familia	Especie
Architaenioglossa	Neocyclotidae	<i>Neocyclotus dysoni berendti</i> (Pfeiffer, 1861)
Cycloneritida	Helicinidae	<i>Helicina</i> sp.
Littorinimorpha	Annulariidae	<i>Choanopomops largillierti</i> (Pfeiffer, 1846)
		<i>Halotudora gaigei</i> (Bequaert y Clench, 1931)
	Trichodiscinidae	<i>Averellia coactiliata</i> (Deshayes, 1839)
Stylommatophora	Bulimulidae	<i>Bulimulus unicolor</i> (Sowerby, 1833)
		<i>Euglandina cylindracea</i> (Phillips, 1846)
	Spiraxidae	<i>Euglandina</i> sp. <i>Streptostyla</i> sp.

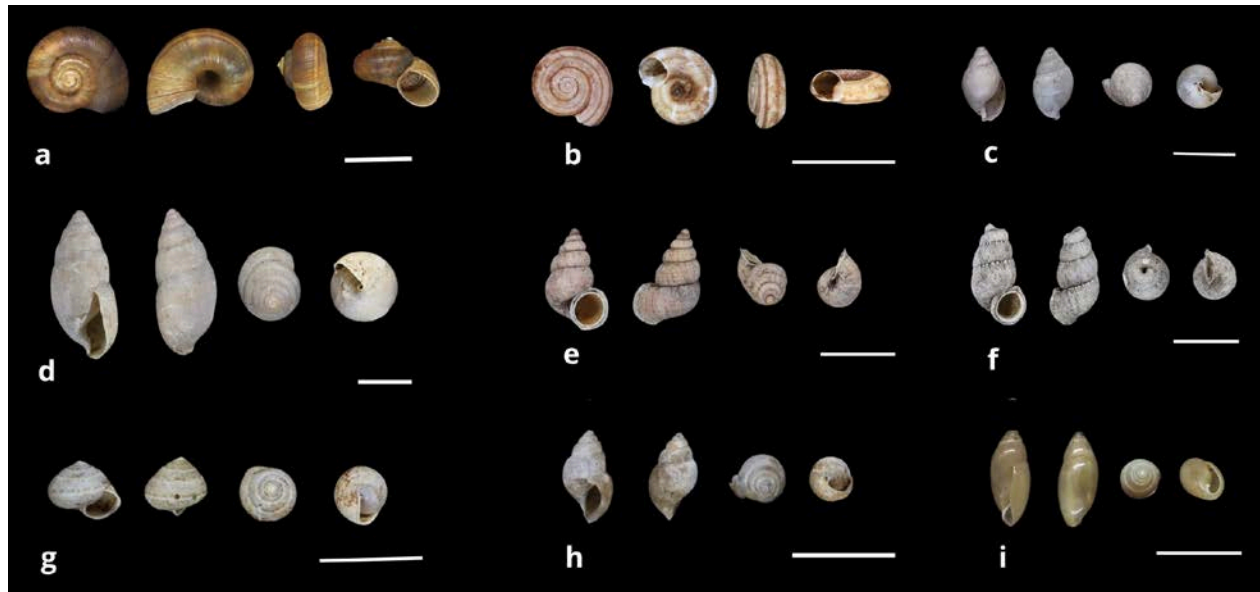


Figura 2. Caracoles terrestres identificados en Chichén Itzá. Escala 1 cm. a. *Neocyclotus dysoni*, b. *Averellia coactiliata*, c. *Euglandina* sp., d. *Euglandina cylindracea*, e. *Halotudora gaigei*, f. *Choanopomops largillierti*, g. *Helicina* sp., h. *Bulimulus unicolor* e i. *Streptostyla* sp.

En el Pozo B, con un solo horizonte y ubicado en la cima de una colina con una pendiente de 20° se encontraron 327 conchas de gasterópodos terrestres con siete especies identificadas (Cuadro 2). La especie más abundante fue *N. dysoni* con 126 individuos seguida de *H. gaigei* que presentó 106 ejemplares, de *C. largillierti* con 61 y *Helicina* sp. con 23. Otras especies, como *Streptostyla* sp., *B. unicolor* y *A. coactiliata* presentaron 5 ejemplares o menos.

En el Pozo C, con un solo horizonte y ubicado en la base ligeramente cóncava de una dolina, se encontraron 984 ejemplares distribuidos en nueve especies (Cuadro 2). En este pozo, se observaron 405 individuos de *N. dysoni* junto con 395 de *C. largillierti*, así como 150 ejemplares de *H. gaigei* y 13 de *Helicina* sp. Otras especies como *A. coactiliata*, *B. unicolor*, *E. cylindracea*, *Euglandina* sp. y *Streptostyla* sp. presentaron 5 ejemplares o menos.

Al efectuar un recuento de los gasterópodos identificados en los tres pozos se tiene que hay nueve especies de las cuales la más abundante es *N. dysoni*, con 619 individuos (Cuadro 2). En segundo lugar, en cuanto a abundancia se encuentra *C. largillierti* con 459 y en tercero *H. gaigei* con 263 individuos.

Cuadro 2. Especies y su frecuencia en tres pozos. Los pozos A y B tienen 1 m², el C, 2 m².

Especie	A1	A2	A3	B1	Subtotal	
					C1	por especie
<i>Neocyclotus dysoni berendti</i>	52	3	33	126	405	619
<i>Choanopomops largillierti</i>	2	0	1	61	395	459
<i>Halotudora gaigei</i>	7	0	0	106	150	263
<i>Helicina</i> sp.	8	0	0	23	13	44
<i>Streptostyla</i> sp.	1	0	0	5	5	11
<i>Averellia coactiliata</i>	5	0	0	1	4	10
<i>Bulimulus unicolor</i>	2	0	0	4	3	9
<i>Euglandina cylindracea</i>	2	0	0	0	3	5
<i>Euglandina</i> sp.	2	0	0	0	3	5
No identificado	0	0	0	1	3	4
Subtotal por horizonte	81	3	34	327	984	1429

El resto de las especies tuvieron una presencia mucho menor. Se observaron 44 ejemplares de *Helicina* sp. y las especies como *A. coactiliata*, *B. unicolor*, *Streptostyla* sp., *E. cylindracea* y *Euglandina* sp. presentaron entre 11 y 5 individuos lo que refleja su baja presencia en comparación con las especies dominantes.

Cabe señalar que durante la permanencia en la zona se pudieron observar varios especímenes vivos de *H. gaigei* y de *N. dysoni* en la superficie del suelo en las inmediaciones de los tres pozos, lo que indica su presencia actual en el entorno.

Cuadro 3. Densidad de caracoles por pozos y horizontes.

Horizonte	Grosor		Volumen m ³	Número de caracoles	Densidad m ²	Densidad m ³
	horizonte cm	Superficie m ²				
A1	19	1	0.19	81	81	426.3
A2	16	1	0.16	3	3	18.8
A3	14	1	0.14	33	33	235.7
B1	23	1	0.23	327	327	1421.7
C1	19	2	0.38	984	492	2589.5

Por otra parte, en el Cuadro 3 se presenta la densidad de los caracoles en los distintos horizontes de los tres pozos excavados. En el Pozo A (planicie), el horizonte superficial (A1) presentó una densidad de caracoles de 81 individuos por metro cuadrado y 426.3 individuos por metro cúbico, siendo este horizonte el que mostró mayor abundancia en esta calicata. Los

horizontes más profundos (A2 y A3) mostraron densidades considerablemente menores, con 3 individuos por metro cuadrado (18.8 individuos por metro cúbico) en A2 y 33 individuos por metro cuadrado (235.7 individuos por metro cúbico) en A3 (Cuadro 3).

En el Pozo B (colina), el horizonte superficial (B1) presentó una densidad significativamente mayor, con 327 individuos por metro cuadrado y 1421.7 individuos por metro cúbico. Finalmente, en el Pozo C, el horizonte superficial (C1) mostró la densidad más alta registrada en el estudio, con 492 individuos por metro cuadrado y 2589.5 individuos por metro cúbico (Cuadro 3).

Para analizar la variación de los gasterópodos entre los tres tipos de relieve, más allá de las diferencias entre horizontes, se calculó la frecuencia relativa de cada especie en cada pozo, dividiendo el número de individuos de la especie entre el total de individuos del pozo. Este procedimiento permitió identificar qué especies son proporcionalmente más representativas en cada caso y comparar los resultados entre los tres pozos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Frecuencia relativa de especies por pozo. Resultados reportados en porcentajes.

Especie	A	B	C
<i>Neocyclotus dysoni berendti</i>	74.6	38.5	41.16
<i>Choanopomops largillierti</i>	2.5	18.7	40.14
<i>Halotudora gagei</i>	5.9	32.4	15.24
<i>Helicina</i> sp.	6.8	7.0	1.32
<i>Streptostyla</i> sp.	0.0	1.5	0.51
<i>Averellia coactiliata</i>	4.2	0.3	0.41
<i>Bulimulus unicolor</i>	1.7	1.2	0.30
<i>Euglandina cylindracea</i>	1.7	0.0	0.30
<i>Euglandina</i> sp.	1.7	0.0	0.30
No identificado	0.8	0.3	0.30

Los resultados del Cuadro 4 nos dejan ver que claramente *N. dysoni* es la especie más frecuente en los tres pozos, con un porcentaje muy alto en cada uno: 74.6% en A, 38.5% en B y 41.1% en C. También se puede observar que *H. gagei* es la segunda más representativa en el Pozo B (32.4%), con una presencia considerable en el C (15.24%) y mucho menor en el A (5.9%). Asimismo, *C. largillierti* aparece considerablemente en el Pozo C (40.1%), menos en el B (18.7%) y tiene una presencia mínima en el Pozo A (2.5%).

Helicina sp. tiene una representación similar en A y B (6.8 y 7%), y porcentajes menores en C (1.3%). Las especies con menor frecuencia *A. coactiliata*, *B. unicolor*, *E. cylindracea*, *Euglandina* sp. y *Streptostyla* sp. tienen frecuencias bajas, con porcentajes por debajo del 4.2%.

Por otra parte, los índices de diversidad son herramientas de utilidad para entender la estructura, distribución e historia de las comunidades de caracoles en el paisaje. En este sentido, la riqueza de especies muestra diferencias entre los tres pozos. El Pozo A presenta 8 especies, mientras que el B tiene 7 especies y en el C hay 9.

El análisis de los índices de diversidad y equitatividad en los tres pozos refleja diferencias significativas en la distribución y predominancia de especies. El Pozo A presenta la dominancia

más alta (0.5677), lo que indica que una especie está sobrerrepresentada en esta comunidad. En contraste, el Pozo B registra la dominancia más baja (0.2937), sugiriendo una distribución más equilibrada entre especies, mientras que el Pozo C muestra un valor intermedio de 0.354. Estos resultados son confirmados por el índice de Simpson (1-D), que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies diferentes. El Pozo B tiene la diversidad más alta (0.7063), seguido del Pozo C (0.646), mientras que el Pozo A es el menos diverso (0.4323) debido al predominio de una sola especie.

El índice de Shannon (H'), que integra tanto la riqueza como la equitatividad, respalda estos hallazgos. El Pozo B exhibe la mayor diversidad efectiva (1.386), reflejando una distribución más uniforme de individuos entre las especies. Por su parte, el Pozo C muestra una diversidad moderada (1.196), y el Pozo A tiene la menor diversidad (1.044), evidenciando una clara concentración en una sola especie dominante.

La equitatividad, medida a través de los índices Evenness y Equitability_J, revela cómo se distribuyen los individuos entre las especies en cada pozo. El Pozo B presenta los valores más altos (0.4997 y 0.6664, respectivamente), indicando una distribución más homogénea. Por otro lado, el Pozo A tiene los valores de equitatividad más bajos (0.3156 y 0.4751), confirmando la fuerte concentración de individuos en pocas especies. El Pozo C, aunque tiene mayor riqueza y abundancia que A, presenta valores intermedios de equitatividad (0.3305 y 0.5192), reflejando una estructura comunitaria más equilibrada, pero menos uniforme que B.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que existen variaciones en la diversidad y abundancia de gasterópodos terrestres entre los tres tipos de relieve estudiados en Chichén Itzá: colinas onduladas, planicies y depresiones kársticas (dolinas). Las diferencias observadas sugieren que las características edáficas y microambientales específicas de cada relieve influyen en la riqueza, abundancia, composición y diversidad de las especies de gasterópodos terrestres.

En la planicie (Pozo A), caracterizada por una vegetación más espinosa, baja humedad y suelos desarrollados, se notó una alta riqueza de especies con una dominancia significativa de *N. dysoni*, que representa el 74.6% de los especímenes. Este entorno parece favorecer a esta especie que puede adaptarse a condiciones más secas y menos protegidas. La estructura edáfica, con horizontes arcillosos compactos y materia orgánica moderadamente descompuesta, podría restringir la distribución y abundancia de otras especies.

Por otro lado, en la colina (Pozo B), las condiciones más sombreadas, con suelos franco-arenosos y materia orgánica moderada, promovieron una mayor equitatividad y diversidad. Este pozo presentó el índice de Simpson (1-D) más alto (0.7063) y la menor dominancia (0.2937), reflejando una comunidad malacológica de siete especies más equilibrada. Las especies de la familia Annulariidae, *H. gaigei* (32.4%) y *C. largillierti* (18.7%) complementaron la dominancia de *N. dysoni* (38.5%), evidenciando que las condiciones del microclima fresco y húmedo favorecen una comunidad más diversa. Aunque los valores de carbono total son relativamente similares entre los tres pozos, este registró el valor más alto (3.62%) lo que podría indicar una mayor afinidad de las especies de la familia Annulariidae por suelos con mayor contenido de materia orgánica.

La dolina (Pozo C) mostró la mayor riqueza y abundancia de especímenes, con 9. Este entorno húmedo, sombreado y con una mayor profundidad del suelo generó condiciones ideales

para el desarrollo de especies como *C. largillierti* (40.14%) y *N. dysoni* (41.16%), las cuales dominaron esta comunidad. Sin embargo, los valores intermedios de equitatividad (Evenness 0.3305, Equitability_J 0.5192) sugieren que, aunque la riqueza es alta, estas especies dominan sobre las otras.

El análisis de los horizontes del Pozo A revela que la diversidad es mayor en el horizonte superficial en donde se identificaron ocho especies. En los horizontes más profundos (A2 y A3), la abundancia y diversidad disminuyeron drásticamente, con una clara dominancia de *N. dysoni*. En contraste, los pozos B y C no presentaron horizontes múltiples, pero mostraron una alta concentración de individuos en sus respectivos horizontes superficiales. Esto puede estar relacionado con la acumulación de materia orgánica y fragmentos vegetales, lo que favorece la presencia de gasterópodos en la capa más accesible del sedimento. Al respecto un estudio sobre la presencia de caracoles en montañas tropicales señala que su diversidad y abundancia están correlacionadas positivamente con la humedad relativa, temperatura, precipitación y pH del suelo, lo que sugiere que los horizontes superficiales, al presentar condiciones microambientales más estables, albergan comunidades más diversas (Thilakarathne *et al.*, 2024).

Estos resultados plantean una pregunta clave: ¿existe una relación entre la diversidad de especies en los distintos horizontes del suelo? Dado que solamente uno de los pozos (A) tiene más de un horizonte no es posible hacer una comparación con los demás. Sin embargo, es factible afirmar que en este pozo en los horizontes 2 y 3 se observaron principalmente ejemplares de *N. dysoni* muy intemperizados en cantidades mínimas. En general, los resultados muestran una mayor diversidad en el Horizonte 1 y una baja presencia de especímenes en los horizontes subyacentes.

Las diferencias en la diversidad y abundancia entre los horizontes también proporcionan pistas sobre los procesos de formación del suelo y los cambios en las condiciones ambientales a lo largo del tiempo. Estudios tafonómicos han mostrado que factores como la actividad biológica, la estructura del suelo y el contenido de carbonato influyen directamente en la preservación diferencial de las conchas entre horizontes. Por ejemplo, Carter (1990) documentó cómo la bioturbación en suelos calizos puede generar redistribución vertical de los moluscos y sesgos composicionales, mientras que Yanes y colegas (2008) observaron que en paleosuelos con altos contenidos de carbonato, la acumulación de materia orgánica y la mineralización secundaria favorecen la conservación de los conjuntos malacológicos y reflejan con mayor fidelidad los cambios paleoambientales a lo largo del perfil edáfico.

Así, la diferencia en la densidad de los caracoles entre los distintos horizontes puede reflejar variaciones significativas en las condiciones microambientales y los procesos de formación del suelo. Estas diferencias están influenciadas por factores como la disponibilidad de materia orgánica, la humedad, la compactación del sedimento y, en algunos casos, la acción antrópica. Si bien se registró la presencia de tiestos cerámicos en los horizontes de los pozos analizados, no se identificaron alteraciones directas en la distribución, diversidad o preservación de los caracoles asociadas a dichos materiales, lo que sugiere una escasa o nula influencia antrópica en la composición malacológica de los depósitos. No obstante, en otros contextos, se ha documentado que las actividades humanas pueden modificar la estratigrafía natural mediante perturbaciones del suelo, uso del fuego o acumulación de residuos, generando discontinuidades tafonómicas que alteran la densidad y preservación de las conchas (Hammond, 2014). Por ello, aunque en este caso no se observó tal impacto, es fundamental considerar esta posibilidad al interpretar los procesos de acumulación y preservación de moluscos en contextos arqueológicos.

Más aún, en el Pozo A (planicie), el horizonte superficial (A1) presentó la mayor densidad de caracoles con 81 individuos por metro cuadrado y 426.3 individuos por metro cúbico. Esto puede atribuirse a la mayor acumulación de materia orgánica y a la interacción directa con la vegetación espinosa de este paisaje, que genera refugio y alimento para los gasterópodos. Los horizontes subyacentes (A2 y A3) mostraron densidades significativamente menores, lo cual es consistente con la disminución de materia orgánica y las condiciones más restrictivas en los niveles más profundos. Este patrón también podría indicar una disminución en la actividad biológica o acumulaciones más antiguas sujetas a procesos de intemperismo.

En el Pozo B (colina), con un horizonte único, la densidad fue significativamente mayor (327 individuos por metro cuadrado y 1421.7 individuos por metro cúbico) en comparación con el Pozo A. Esto sugiere que las condiciones microclimáticas más frescas y húmedas, así como la mayor cantidad de fragmentos vegetales en el suelo, favorecen la concentración y diversidad de los gasterópodos en este tipo de relieve.

El Pozo C (dolina) mostró la densidad más alta registrada, con 492 individuos por metro cuadrado y 2589.5 individuos por metro cúbico. Esta alta densidad puede explicarse por las condiciones de humedad persistente y el mayor contenido de materia orgánica, características que hacen de este paisaje un entorno óptimo para la proliferación de los gasterópodos. La acumulación de fragmentos vegetales y gravas gruesas también podría proporcionar refugio adicional, favoreciendo la concentración de individuos en este nivel.

Estas diferencias de densidad reflejan cómo las condiciones ambientales específicas de cada paisaje y horizonte afectan la distribución vertical de los gasterópodos terrestres. En los horizontes más profundos del Pozo A, la baja densidad indica un entorno menos favorable o procesos de acumulación más antiguos. En cambio, la densidad elevada en los horizontes superficiales de los Pozos B y C subraya la importancia de los factores actuales, como la materia orgánica y la humedad, en la estructuración de las comunidades malacológicas. De esta forma, la diferencia en la densidad de los caracoles entre los distintos horizontes refleja variaciones significativas en las condiciones microambientales y los procesos de formación del suelo. Estas diferencias están influenciadas por factores como la disponibilidad de materia orgánica, la humedad, la compactación del sedimento y el impacto antropogénico. En este contexto, los valores de pH registrados en los distintos horizontes, que oscilan entre 7.78 y 8.16, indican un ambiente ligeramente alcalino, favorable para la preservación de las conchas de caracoles terrestres, dado que el carbonato de calcio es estable y poco soluble en estos rangos de pH (Goodfriend, 1992).

Por otro lado, en el análisis de estas comunidades, *N. dysoni* se identificó como la especie más representada en los tres pozos, seguida por *H. gaigei* y *C. largillierti*. Estas especies comparten la característica de poseer conchas gruesas y resistentes, lo que incrementa su probabilidad de preservación. En contraste, las otras especies, como *A. coactiliata*, *B. unicolor*, *E. cylindracea* y *Streptostyla* sp., presentan conchas más delgadas y frágiles. Esta diferencia estructural las hace más susceptibles al deterioro físico y químico, reduciendo su probabilidad de conservación en los sedimentos. Esto podría explicar su menor representación en el registro arqueológico y malacológico, dado que las condiciones de preservación no son óptimas para conchas más delicadas. Este patrón subraya la importancia de considerar factores tafonómicos al interpretar la composición de las comunidades de gasterópodos.

Otro aspecto de interés se relaciona con la distribución de frecuencias observada entre las especies registradas, la cual podría deberse a las características del grupo al que pertenecen. Las especies más abundantes son del grupo Caenogastropoda: *N. dysoni*, *C. largillierti*, *H. gaigei* y *Helicina* sp. de los Neritimorpha, todos operculados, considerados grupos basales que presentan reproducción dioica (Bouchet *et al.*, 2017). Su alta frecuencia podría indicar poblaciones localmente bien establecidas, favorecidas por condiciones ecológicas estables que permiten encuentros efectivos entre sexos (Ponder *et al.*, 2008). Por otro lado, son especies típicas de climas tropicales; los anularidos (*C. largillierti* y *H. gaigei*) están restringidos a la Península de Yucatán y los países vecinos Belice y Guatemala, considerados por Watters (2006) de alto endemismo. Sobre los mismos operculados, Solem (1961, 1974) sugiere que posiblemente están adecuadas a suelos de roca caliza. Los neociclotidos en México están ampliamente distribuidos en el Neotrópico; el género *Neocyclotus* habita desde Veracruz hasta Sudamérica (Venezuela y Ecuador) y en las Antillas (Thompson, 2011). *N. dysoni berendti* es exclusiva de la Península de Yucatán y Belice (Dourson *et al.*, 2018; Thompson, 1969), y se ha registrado en áreas rocosas y en cerros de caliza (Dourson *et al.*, 2018). Los helicínidos son habitantes de zonas subtropicales y tropicales, desde el sudeste de los Estados Unidos al norte de Argentina, así como en Las Antillas (Richling, 2004; Thompson, 2011). A su vez, según Cain (1978), los operculados tienden a ser más abundantes en climas cálidos y húmedos, al igual que las algas, briofitas y otras epífitas, las cuales proliferan rápidamente y están disponibles como recurso alimenticio si estos moluscos mantienen el hábito, heredado de sus ancestros marinos, de consumir dicha flora.

En contraste, las especies pulmonadas (Heterobranchia) son hermafroditas. Aunque el hermafroditismo simultáneo ofrece ventajas para la colonización y el establecimiento en hábitats fragmentados o perturbados, otros factores —como hábitos alimenticios especializados, menor tolerancia a condiciones microclimáticas o competencia intraespecífica— podrían explicar su baja representación (Mordan & Wade, 2008). El tipo reproductivo, junto con aspectos, fisiológicos y ecológicos particulares de cada taxón, puede aportar elementos útiles para interpretar la estructura y dinámica de las poblaciones malacológicas registradas en los pozos.

Más aún, los resultados sugieren que, para interpretar adecuadamente los moluscos terrestres en contextos arqueológicos del norte de Yucatán, es indispensable desarrollar modelos tafonómicos específicos que consideren tanto los factores edáficos como las condiciones microambientales, tal como lo han demostrado estudios contrastantes realizados en paleosuelos en Europa y Macaronesia (Carter, 1990; Yanes *et al.*, 2008). Otro factor para considerar es la diferencia en la desintegración de las conchas anterior a su posible enterramiento. Las conchas de los operculados terrestres son más pesadas y gruesas que en los pulmonados; circunstancia observada tanto en moluscos dulceacuícolas como en terrestres (Brown & Lydeard, 2010, observación personal ENG). A su vez Cadée (1999) piensa que el potencial de fosilización de las conchas de los moluscos terrestres es menor que la de los marinos; por ello, los individuos de tamaño pequeño (ausentes en este estudio) desaparecen más rápido (Pearce, 2008), por lo cual será más difícil encontrarlos en contextos arqueológicos, como se ha visto en este estudio. Diversos factores son responsables de la desintegración de las conchas antes de su posible enterramiento: el pH del suelo, la humedad (Říhová *et al.*, 2018), el viento, el sol, la actividad biológica. Respecto a este último factor, los mismos moluscos reutilizan el carbonato de calcio de conchas vacías; por ejemplo, el depredador *Natalina cafra* (Férussac, 1821) remueve el carbonato de calcio de las conchas de sus presas, por absorción a través del pie, dejando como producto el

periostraco y un escaso residuo de carbonato de calcio, que se infiere es para cubrir sus necesidades de carbonato de calcio (Appleton & Heeg, 1999).

Es importante destacar que *Neocyclotus* y *Helicina* fueron los gasterópodos más frecuentes en la investigación realizada en el sitio Pulltrouser Swamp, Belice (Covich, 1983). El autor señala que en sus muestras no se encontraron moluscos de tamaño pequeño y subraya la necesidad de considerar la tasa de remoción de los individuos, asociada tanto a la genética específica del taxón como a las presiones de los depredadores, particularmente sobre las conchas frágiles.

Considerando todos estos factores y aunque este estudio se basa en la excavación y análisis de solo tres pozos, los resultados proporcionan una base inicial valiosa para comprender la relación entre los tipos de relieve, las condiciones del suelo y la distribución de gasterópodos terrestres en Chichén Itzá. Sin embargo, para confirmar las tendencias observadas, como la dominancia de ciertas especies o las diferencias en densidad y diversidad entre paisajes, sería necesario ampliar el número de pozos excavados y abarcar una mayor variedad de entornos dentro del sitio.

A pesar de esta limitación, los datos obtenidos representan un punto de partida significativo para el estudio malacológico, ofreciendo líneas de investigación futuras que podrían incluir el análisis de factores tafonómicos, la interacción con contextos antropogénicos y los procesos de formación del suelo en el registro arqueológico. Este enfoque inicial sienta las bases para explorar con mayor profundidad el papel de los gasterópodos como indicadores ecológicos y culturales en la región. La posibilidad de que los conjuntos de caracoles terrestres en contextos tropicales conserven una señal ecológica significativa (es decir, una representación confiable de la estructura y composición de las comunidades originales), como ha sido documentado en islas del Pacífico por Rundell y Cowie (2004), refuerza el potencial de estos organismos para contribuir al entendimiento de la biodiversidad pasada y la dinámica de los paisajes culturales en la región maya.

En conclusión, este estudio demuestra que el relieve y las condiciones ambientales juegan un papel determinante en la distribución de los gasterópodos terrestres en Chichén Itzá. La integración de análisis malacológicos y edáficos permite profundizar en la comprensión de la interacción entre las comunidades biológicas y los paisajes antiguos, aportando información valiosa tanto para la ecología como para la arqueología.

AGRADECIMIENTOS: La arqueóloga Vianca Aranda-Mendoza, así como Edgar David Ku-Tuz y Virgilio Pat-Ceme, habitantes de Dzitas y Chankom respectivamente colaboraron en el trabajo de campo. Muchas gracias al Dr. Héctor Estrada Medina por realizar los análisis edafológicos en el laboratorio LASPA de la Universidad Autónoma de Yucatán a su cargo, así como la identificación de los suelos y al Dr. Eduardo Pérez de Heredia por la identificación de los tipos cerámicos. Agradecemos a las directoras del Proyecto de Conservación Integral de Chichén Itzá, bajo el auspicio de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, Dra. Claudia García-Solís y Lic. Claudia Ocampo-Flores del Centro INAH Yucatán por su apoyo para llevar a cabo el estudio del paisaje biocultural del sitio. Así mismo a los revisores anónimos, por sus comentarios y sugerencias que enriquecieron el trabajo.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, Y., Bautista, F., Mendoza, M. E., Frausto, O., Ihl, T. (2016) Density of karst depressions in Yucatán state, Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 78(2), 51–60.
<https://doi.org/10.4311/2015ES0124>
- Appleton, C. C., Heeg, J. (1999) Removal of calcium by *Natalina cafra* (Pulmonata: Rhytidae) from the shells of its prey. *Journal of Molluscan Studies*, 65, 271–273.
<https://doi.org/10.1093/mollus/65.2.271>
- Bautista, F., Palacio-Aponte, G., Quintana, P., Zinck, A. J. (2011) Spatial distribution and development of soils in tropical karst areas from Peninsula of Yucatan, Mexico. *Geomorphology*, 135, 308–321.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.02.014>
- Bequaert, J. C., Clench, W. J. (1931) Three new terrestrial snails from Yucatan. *Occasional Papers of the Boston Society of Natural History*, 5, 423–426.
<https://bibliothek.nhm-wien.ac.at/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=145904>
(consultado 17 noviembre 2024).
- Bequaert, J. C., Clench, W. J. (1933) The Non-marine Mollusks of Yucatan. *Carnegie Institution of Washington Publication*, 431, 525–545.
- Bequaert, J. C., Clench, W. J. (1936) A Second Contribution to the Molluscan Fauna of Yucatan. *Carnegie Institution of Washington Publication*, 457, 61–75.
- Bequaert, J. C., Clench, W. J. (1938) A Third Contribution to the Molluscan Fauna of Yucatan. *Carnegie Institution of Washington Publication*, 491, 257–260.
- Bouchet, P., Rocroi J. P., Hausdorf B., Kaim A., Kano Y., Nützel A., Parkhaev P., Schrödl M., Strong E.E. (2017) Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families. *Malacologia*, 61(1–2), 1–526.
<https://doi.org/10.4002/040.061.0201>
- Brown, K. M., Lydeard, C. (2010) Mollusca: Gastropoda. Chapter 10. Pp. 277–307. *En: J. H. Thorp, A. P. Covich (Eds.). Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*, Elsevier Inc., EE. UU.
- Cadée, G. C. (1999) Bioerosion of shells by terrestrial gastropods. *Lethaia*, 32, 253–260.
<https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1999.tb00543.x>
- Cain, A. J. (1978) The deployment of operculate land snails in relation to shape and size of shell. *Malacologia*, 17(2), 207–221.
- Carandini, A. (1997) *Historias en la tierra. Manual de excavación arqueológica*. Crítica, España, 285 pp.
- Carter, S. P. (1990) The stratification and taphonomy of shells in calcareous soils: Implications for land snail analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 17(5), 495–507.
[https://doi.org/10.1016/0305-4403\(90\)90030-9](https://doi.org/10.1016/0305-4403(90)90030-9)
- CONABIO. (1999) *Mapa de uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO*. Escala 1: 1,000,000. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Covich, A. P. (1983) 8. Mollusca: A contrast in species diversity from aquatic and terrestrial habitats. Pp. 120-139. *En: Turner B.L., Harrison P.D. Pulltrouser Swamp: Ancient Maya habitat, agriculture and settlement in Northern Belize*. University of Texas Press, EE. UU.
- Dourson, D. C., Caldwell, R. S., Dourson, J. A. (2018) *Land snails of Belize, Central America: A chronicle of remarkable diversity and function*. Goatslug Publication, EE. UU., 339 pp.

- Duch, G. J. (1988) *La conformación territorial del estado de Yucatán: los componentes del medio físico*. Centro Regional de la Península de Yucatán-Universidad Autónoma de Chapingo, México, 180 pp.
- Durán, R., García, G. (2010) Distribución espacial de la vegetación. Pp. 131–135. En: R. Durán, M. Méndez (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*, CICY, México.
- Férussac, A. (1821) *Tableaux systématiques des animaux mollusques, classes en familles naturelles, dans lesquels on a établi la concordance de tous les systèmes; suivis d'un prodrome général pour tous les mollusques terrestres ou fluviátiles, vivants ou fossiles*. Paris, Chez Arthus Bertrand, Libraire. 111 pp.
- García, E. (2004) *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Quinta edición. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Goodfriend, G. A. (1992) The use of land snail shells in paleoenvironmental reconstruction. *Quaternary Science Reviews*, 11(6), 665–685.
[https://doi.org/10.1016/0277-3791\(92\)90076-K](https://doi.org/10.1016/0277-3791(92)90076-K)
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1–9.
Disponible en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (consultado 10 diciembre 2024).
- Hammond, H. (2013) Propuesta metodológica para el estudio de conjuntos malacológicos de sitios concheros: su aplicación en la costa norte de Santa Cruz, Patagonia Argentina. *La Zaranda de Ideas. Revista de Jóvenes Investigadores en Arqueología*, 9(2), 77–102.
Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/76818> (consultado 23 de noviembre 2024).
- Hammond, H. (2014) Taphonomic analysis of archaeomalacological assemblages: Shell middens on the northern coast of Santa Cruz, Patagonia, Argentina. *Intersecciones en Antropología*, 15(Supl. 1), 21–34.
- Harper, D. A. T. (Ed.). (1999) *Numerical Palaeobiology*. John Wiley & Sons, EE. UU., 468 pp.
- Harry, H. W. (1950) Studies on the nonmarine Mollusca of Yucatan. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 524, 1–34.
<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/56962/OP524.pdf> (consultado 12 diciembre 2024).
- Lugo-Hubp, J., Aceves-Quesada, J. F., Espinosa-Pereña, R. (1992) Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 10(2), 143–150.
Disponible en: <https://rmcg.geociencias.unam.mx/index.php/rmcg/article/view/1236> (consultado 7 octubre 2024).
- Mordan, P., Wade, C. (2008) Heterobranchia II: the Pulmonata. Pp. 409–426. En: W. F. Ponder, D. R. Lindberg (Eds.), *Phylogeny and evolution of the Mollusca*, Volume 1. CRC Press, EE. UU.
- Munsell Color. (2010) *Munsell soil color charts*. Grand Rapids, EE. UU.
- Naranjo-García, E., Castillo, Z. (1998) *Mollusks associated with Mayan ruins on the Yucatan Peninsula, Mexico*. Abstracts of the World Congress of Malacology, p. 235.
https://www.academia.edu/22651902/Abstracts_of_the_World_Congress_of_Malacology_Washington_DC_25_30_July_1998 (consultado 15 de diciembre 2024).
- Naranjo-García, E., Fahy, N. E. (2010) The Lesser Families of Mexican Terrestrial Molluscs. *American Malacological Bulletin*, 28(2), 59–80.
<https://doi.org/10.4003/006.028.0222>

- Osorio-León, J. (2006) La presencia del Clásico Tardío en Chichen Itza (600-800/830 d.C.). Pp. 455–462. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Mejía (Eds.). *XIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, 2005. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
Disponible en: https://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/01/42_-_Osorio.05_-_Digital.pdf (consultado 10 octubre 2024).
- Pearce, T. A. (2008) When a snail dies in the forest, how long will the shell persist? Effect of dissolution and micro-bioerosion. *American Malacological Bulletin*, 26 (1/2), 111–117.
<https://doi.org/10.4003/006.026.0211>
- Phillips, J. S. (1846) Description of a new species of fresh-water shell, and observations on *Glandina obtusa* Pfeif. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 3(3), 66–67.
Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/1779950> (consultado 18 octubre 2024).
- Pilsbry, H. A. (1892) Land and freshwater mollusks collected in Yucatan and Mexico. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 43, 310–334.
Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/984730> (consultado 20 diciembre 2024).
- Ponder, W. F., Colgan, J., Healy, J. M., Nützel, A., Simone, L. R. L., Strong, E. E. (2008) Caenogastropoda. Pp. 331–384. En: W. F. Ponder, D. R. Lindberg (Eds.). *Phylogeny and evolution of the Mollusca*, Vol.1, CRC Press, California.
- Richards, H. G. (1937) Land and freshwater Mollusks from the Island of Cozumel, Mexico, and their bearing on the geological history of the region. *Proceedings of the American Microscopical Society*, 77, 249–262.
<https://doi.org/10.2307/984730>
- Richling, I. (2004) Classification of the Helicinidae: Review of morphological characteristics based on a revision of the Costa Rican species and application to the arrangement of the Central American mainland taxa (Mollusca: Gastropoda: Neritopsina). *Malacologia*, 45(2), 195–440.
Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15936113> (consultado 26 diciembre 2024).
- Říhová, D., Janovsky, Z., Horsák, M., Juříčková, L. (2018) Shell decomposition rates in relation to shell size and habitat conditions in contrasting types of Central European forests. *Journal of Molluscan Studies*, 84, 54–61.
<https://doi.org/10.1093/mollus/eyx048>
- Rundell, R. J., Cowie, R. H. (2004) Preservation of species diversity and abundances in Pacific Island land snail death assemblages. *Journal of Paleontology*, 78(4), 743–750.
[https://doi.org/10.1666/0022-3360\(2004\)078<0743:POSDAA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/0022-3360(2004)078<0743:POSDAA>2.0.CO;2)
- Smith, R. E., Willey, G. R., Gifford, J. C. (1960) The Type-Variety Concept as a Basis for the Analysis of Maya Pottery. *American Antiquity*, 25(3), 330–340.
<https://doi.org/10.2307/277515>
- SMN. (2024) Climograma Estación Pisté, Clave 31088. Servicio Meteorológico Nacional.
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/climogramas-1991-2020> (consultado 13 de diciembre 2024).
- Solem, A. (1961) A preliminary review of the Pomatiasid land snails of Central America. *Archiv für Molluskenkunde*, 90(4/6), 191–213.
- Solem, A. (1974) *The shell makers, introducing mollusks*. Wiley-Interscience Publication, EE. UU, 289 pp.

- Thilakarathne, D. D., Ranawana, K. B., Kumburegama, S. (2024) Biodiversity dynamics of terrestrial gastropods in the tropical montane rainforests of Nuwara Eliya, Sri Lanka. *Archives of Biological Sciences*, 76(1), 55–70.
<https://doi.org/10.2298/ABS231126002T>
- Thompson, F. G. (1969) Some Mexican and Central America land snails of the family Cyclophoridae. *Zoologica*, 52(2), 35–77.
- Thompson, F. G. (2011) An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of México and Central America. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 50 (1), 1–299.
<https://doi.org/10.58782/flmnh.bnej7351>
- Van Reeuwijk L. P. (Ed.). (2002) *Procedures for soil analysis* (6ª ed.). FAO/ISRIC, EE. UU., 101 pp.
Disponible en: https://www.isric.org/sites/default/files/ISRIC_TechPap09.pdf (consultado 19 octubre 2024).
- Walkley, A., Black, I. A. (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Watters, G. T. (2006) *The Caribbean land snail family Annulariidae: a revision of the higher taxa and a catalog of the species*. Backhuys Publishers, Holanda. 557 pp.
- Yanes, Y., Tomasovych, A., Kowalewski, M., Castillo, C., Aguirre, J., Alonso, M. R., Ibáñez, M. (2008) Taphonomy and compositional fidelity of Quaternary fossil assemblages of terrestrial gastropods from carbonate-rich environments of the Canary Islands. *Lethaia*, 41(3), 235–256.
<https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.2007.00047.x>
- Yanes, Y., Aguirre, J., Alonso, M. R., Ibanez, M., Delgado, A. (2011) Ecological fidelity of Pleistocene-Holocene land snail shell assemblages preserved in carbonate-rich paleosols. *Palaios*, 26(7), 406–419.
<https://doi.org/10.2110/palo.2010.p10-137r>